

# পদার্থবিজ্ঞান

নবম-দশম শ্রেণি



জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড, বাংলাদেশ

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড কর্তৃক ২০১৩ শিক্ষাবর্ষ থেকে  
নবম-দশম শ্রেণির পাঠ্যপুস্তকরূপে নির্ধারিত

## পদাৰ্থবিজ্ঞান

নবম-দশম শ্রেণি

সহজপাঠ্য, আকৃতিগীয় ও সহজবোধ্য করার জন্য পরিমার্জিত সংস্করণে  
প্রয়োজনীয় সংযোজন, পরিবর্ধন, পুনর্লিখন ও সম্পাদনা

ড. মুহম্মদ জাফর ইকবাল

ড. মোহাম্মদ কায়কোবাদ

### পূর্ববর্তী সংস্করণ রচনা

ড. শাহজাহান তপন

ড. রানা চৌধুরী

ড. ইকরাম আলী শেখ

ড. রমা বিজয় সরকার

### পূর্ববর্তী সংস্করণ সম্পাদনা

ড. আলী আসগর

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড, বাংলাদেশ

# জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড

৬৯-৭০ মতিবিল বাণিজ্যিক এলাকা, ঢাকা  
কর্তৃক প্রকাশিত

[প্রকাশক কর্তৃক সর্বস্বত্ত্ব সংরক্ষিত]

প্রথম প্রকাশ: সেপ্টেম্বর, ২০১২  
পরিমার্জিত সংস্করণ প্রকাশ: সেপ্টেম্বর, ২০১৭  
পুনর্মুদ্রণ: , ২০১৯

প্রচ্ছদ: নাসরীন সুলতানা মিতু

চিত্রাঞ্চল: মেহেদী হক, নাসরীন সুলতানা মিতু, রোমেল বড়ুয়া

আলোকচিত্র: সাস্ট SUPA ও সংগৃহিত

ফন্ট প্রণয়ন: মো. তানবিন ইসলাম সিয়াম

বুক ডিজাইন: মেহেদী হক, নাসরীন সুলতানা মিতু

পেইজ মেকাপ: মাহবুবুর রহমান খান

পরিমার্জিত সংস্করণ সার্বিক সমন্বয় ও সহযোগিতা: মোহাম্মদ জয়নাল আবেদীন

গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার কর্তৃক বিনামূল্যে বিতরণের জন্য

মুদ্রণে:

## প্রসঙ্গ-কথা

ভাষা আন্দোলন ও মুক্তিযুদ্ধের চেতনায় দেশ গড়ার জন্য শিক্ষার্থীর অন্তর্নিহিত মেধা ও সন্তানবনার পরিপূর্ণ বিকাশে সাহায্য করার মাধ্যমে উচ্চতর শিক্ষায় যোগ্য করে তোলা মাধ্যমিক শিক্ষার অন্যতম লক্ষ্য। শিক্ষার্থীকে দেশের অর্থনৈতিক, সামাজিক, সাংস্কৃতিক ও পরিবেশগত পটভূমির প্রেক্ষিতে দক্ষ ও যোগ্য নাগরিক করে তোলাও মাধ্যমিক শিক্ষার অন্যতম বিষয়।

জাতীয় শিক্ষানীতি ২০১০ এর লক্ষ্য ও উদ্দেশ্যকে সামনে রেখে পরিমার্জিত শিক্ষাক্রমের আলোকে প্রণীত হয়েছে মাধ্যমিক স্তরের সকল পাঠ্যপুস্তক। পাঠ্যপুস্তকগুলোর বিষয় নির্বাচন ও উপস্থাপনের ক্ষেত্রে শিক্ষার্থীর নৈতিক ও মানবিক মূল্যবোধ থেকে শুরু করে ইতিহাস ও ঐতিহ্যচেতনা, মহান মুক্তিযুদ্ধের চেতনা, শিল্প-সাহিত্য-সংস্কৃতিবোধ, দেশপ্রেমবোধ, প্রকৃতি-চেতনা এবং ধর্ম-বর্ণ-গোত্র ও নারী-পুরুষ নির্বিশেষে সবার প্রতি সমর্যাদাবোধ জাহাত করার চেষ্টা করা হয়েছে।

রূপকল্প ২০২১ বর্তমান সরকারের অন্যতম অঙ্গীকার। এই অঙ্গীকারকে সামনে রেখে গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকারের মাননীয় প্রধানমন্ত্রী শেখ হাসিনা দেশকে নিরক্ষরতামুক্ত করার প্রত্যয় ঘোষণা করে ২০০৯ সালে প্রত্যেক শিক্ষার্থীর হাতে বিনামূল্যে পাঠ্যপুস্তক তুলে দেওয়ার নির্দেশনা প্রদান করেন। তাঁরই নির্দেশনা মোতাবেক ২০১০ সাল থেকে জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড বিনামূল্যে পাঠ্যপুস্তক বিতরণ শুরু করেছে।

সত্যতার শুরু থেকেই প্রযুক্তি বিকাশের যে অধ্যায় শুরু হয়েছে তার সাথে পদার্থবিজ্ঞান ও তপোত্থাবে জড়িত। প্রকৌশলশাস্ত্র, চিকিৎসা-বিজ্ঞান, জ্যোতির্বিজ্ঞান, সমুদ্রবিজ্ঞান, জীববিজ্ঞান, মনেবিজ্ঞান সর্বত্র পদার্থবিজ্ঞানের পদ্ধতি ও যন্ত্রপাতির প্রভৃত ব্যবহার রয়েছে। মূলত এ বিষয়গুলোকে সামনে রেখেই পদার্থবিজ্ঞান পাঠ্যপুস্তকটি প্রণয়ন করা হয়েছে। বিষয়বস্তু বিন্যাস ও গ্রন্থনার ক্ষেত্রে আমাদের চারপাশে সংঘটিত বিভিন্ন ঘটনার আলোকে পদার্থবিজ্ঞানের তাত্ত্বিক ধারণাকে ব্যাখ্যা করা হয়েছে। অনুসন্ধানমূলক কার্যক্রমের মাধ্যমে বিষয়টির ব্যবহারিক গুরুত্ব তুলে ধরা হয়েছে। বিষয়টি শিক্ষার্থীদের কাছে সহজপাঠ্য, আকর্ষণীয় ও সহজবোধ্য করার জন্য ২০১৭ সালে পাঠ্যপুস্তকটিতে পরিমার্জন, সংযোজন ও পরিবর্ধন করা হয়েছে।

বানানের ক্ষেত্রে অনুসৃত হয়েছে বাংলা একাডেমি কর্তৃক প্রণীত বানানরীতি। পাঠ্যপুস্তকটি রচনা, সম্পাদনা, চিত্রাঙ্কন, নমুনা প্রশান্তি প্রণয়ন ও প্রকাশনার কাজে যারা আন্তরিকভাবে মেধা ও শ্রম দিয়েছেন তাঁদের ধন্যবাদ জ্ঞাপন করছি।

প্রফেসর নারায়ণ চন্দ্র সাহা

চেয়ারম্যান

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড, বাংলাদেশ

## সূচিপত্র

অধ্যায়	শিরোনাম	পৃষ্ঠা
প্রথম	ভৌত রাশি এবং পরিমাপ	১
দ্বিতীয়	গতি	৩১
তৃতীয়	বল	৬১
চতুর্থ	কাজ, ক্ষমতা ও শক্তি	৯৭
পঞ্চম	পদার্থের অবস্থা ও চাপ	১২৭
ষষ্ঠ	বস্তুর ওপর তাপের প্রভাব	১৬০
সপ্তম	তরঙ্গ ও শব্দ	১৮৭
অষ্টম	আলোর প্রতিফলন	২১১
নবম	আলোর প্রতিসরণ	২৪২
দশম	স্থির বিদ্যুৎ	২৭৮
একাদশ	চল বিদ্যুৎ	৩০৭
দ্বাদশ	বিদ্যুতের চৌম্বক ক্রিয়া	৩৩৮
ত্রয়োদশ	আধুনিক পদার্থবিজ্ঞান ও ইলেকট্রনিকস	৩৫৫
চতুর্দশ	জীবন বাঁচাতে পদার্থবিজ্ঞান	৩৮৯

# প্রথম অধ্যায়

## তোত রাশি এবং পরিমাপ

### (Physical Quantities and Their Measurements)



অত্যন্ত নির্ধুতভাবে সময় মাপার জন্য তৈরি এটামিক ক্লক

বিজ্ঞান বলতেই হয়তো তোমাদের চোখে বিজ্ঞানের নানা যত্নগতি, আবিষ্কার, গবেষণা, স্যাবরেটরি—এসবের দৃশ্য ফুটে ওঠে, বিজ্ঞানের আসল বিষয় কিন্তু যত্নগতি, গবেষণা বা স্যাবরেটরি নয়, বিজ্ঞানের আসল বিষয় হচ্ছে তার দৃষ্টিভঙ্গি। এই সভ্যতার সবচেয়ে বড় অবদান রেখেছে বিজ্ঞান আর সেটি এসেছে পৃথিবীর মানুষের বৈজ্ঞানিক দৃষ্টিভঙ্গি থেকে। বিজ্ঞানের রহস্য অনুসন্ধানের জন্য কখনো সেটি যুক্তিভর্ত দিয়ে বিশ্লেষণ করা হয়, কখনো স্যাবরেটরিতে পরীক্ষা-নিরীক্ষা করা হয়, আবার কখনো প্রকৃতিতে এই প্রক্রিয়াটিকে খুঁটিয়ে খুঁটিয়ে পর্যবেক্ষণ করা হয়। সেই প্রাচীনকাল থেকে শুরু করে এখন পর্যন্ত অসংখ্য বিজ্ঞানী মিলে বিজ্ঞানকে এগিয়ে নিয়ে যাচ্ছেন। এই অধ্যায়ে পদার্থবিজ্ঞানের এই ক্রমবিকাশের একটি ধারাবাহিক বর্ণনা দেওয়া হচ্ছে।

পদাৰ্থবিজ্ঞানের ইতিহাস পড়সেই আমৰা দেখব এটি ভাস্তুক এবং ব্যবহারিক বিজ্ঞানীদের সম্পৰ্কিত প্রচেষ্টাৰ গড়ে উঠেছে। স্যাবোটেরিতে গবেষণা কৰতে হলেই নানা রাশিকে সূক্ষ্মভাবে পরিমাপ কৰতে হয়। পরিমাপ কৰাৰ জন্য কীভাবে এককগুলো গড়ে উঠেছে, সেগুলো কীভাবে পরিমাপ কৰতে হয় এবং পরিমাপেৰ জন্য কী ধৰনেৰ ঘৰণাতি ব্যবহাৰ কৰতে হয় সেগুলোও এই অধ্যায়ে আলোচনা কৰা হবে।



## এ অধ্যায় পাঠ শেষে আমৰা

- পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ পৰিসৰ ও ক্রমবিকাশ ব্যাখ্যা কৰতে পাৰব।
- পদাৰ্থবিজ্ঞান পাঠেৰ উক্ষেত্ৰ বৰ্ণনা কৰতে পাৰব।
- ভৌত রাশি [মান এবং এককসহ] ও পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ মূল ভিত্তি ব্যাখ্যা কৰতে পাৰব।
- পরিমাপ ও এককেৰ প্ৰয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা কৰতে পাৰব।
- মৌলিক রাশি ও সম্পৰ্ক রাশিৰ পাৰ্থক্য ব্যাখ্যা কৰতে পাৰব।
- পরিমাপেৰ আন্তৰ্জাতিক একক ব্যাখ্যা কৰতে পাৰব।
- রাশিৰ মাত্ৰা হিসাব কৰতে পাৰব।
- এককেৰ উপসৰ্গেৰ গুণিতক ও উপগুণিতকেৰ বৃলান্তৰেৰ হিসাব কৰতে পাৰব। বৈজ্ঞানিক পরিভা৷া, প্ৰতীক ও চিহ্ন ব্যবহাৰ কৰে পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ ধাৰণা এবং ভাৰকে প্ৰকাশ কৰতে পাৰব।
- ঘৰণাতি ব্যবহাৰ কৰে ভৌত রাশি পরিমাপ কৰতে পাৰব।
- পরিমাপে যথোৰ্ধ্বতা, নিৰ্ভুলতা বজায় রাখাৰ কৌশল ব্যাখ্যা কৰতে পাৰব।
- সৱল ঘৰণাতি ব্যবহাৰ কৰে সুষম আকৃতিৰ বস্তুৰ ক্ষেত্ৰফল ও আয়তন নিৰ্ণয় কৰতে পাৰব।
- দৈনন্দিন জীবনে ব্যবহৃত সুষম আকৃতিৰ বস্তুসামগ্ৰীৰ দৈৰ্ঘ্য, সৰত, ক্ষেত্ৰফল ও আয়তন নিৰ্ণয় কৰতে পাৰব।

## 1.1 ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ (Physics)

ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ବିଜ୍ଞାନେର ଏକଟା ଶାଖା ଏବଂ ବଲା ଯେତେ ପାରେ ଏଟା ହଚ୍ଛେ ପ୍ରାଚୀନତମ ଶାଖା । ତାର କାରଣ ଅନ୍ୟ ବିଜ୍ଞାନଗୁଲୋ ଦାନା ବାଁଧାର ଅନେକ ଆଗେଇ ବିଜ୍ଞାନୀରା ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନେର ଗୁରୁତ୍ବପୂର୍ଣ୍ଣ ଶାଖା ଜ୍ୟୋତିର୍ବିଦ୍ୟା ଚର୍ଚା କରତେ ଶୁରୁ କରେଛିଲେ । ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନକେ ଏକଦିକେ ଯେମନ ପ୍ରାଚୀନତମ ଶାଖା, ଠିକ ସେଭାବେ ବଲା ଯେତେ ପାରେ ଏଟା ସବଚେଯେ ମୌଳିକ (fundamental) ଶାଖା । ଏଇ ଓପର ଭିତ୍ତି କରେ ରସାୟନ ଦାଁଡ଼ିଯେଛେ, ରସାୟନେର ଓପର ଭିତ୍ତି କରେ ଜୀବବିଜ୍ଞାନ ଦାଁଡ଼ିଯେଛେ, ଆବାର ଜୀବବିଜ୍ଞାନେର ଓପର ଭିତ୍ତି କରେ ଅନ୍ୟ ଅନେକ ବିଷୟ ଦାଁଡ଼ିଯେ ଆଛେ ।

ସାଧାରଣଭାବେ ଆମରା ବଲତେ ପାରି ବିଜ୍ଞାନେର ସେ ଶାଖା ପଦାର୍ଥ ଆର ଶକ୍ତି ଏବଂ ଏ ଦୁଇଯେର ମାଝେ ସେ ଅନ୍ତଃକ୍ରିୟା (interaction) ତାକେ ବୋବାର ଚେଟୀ କରେ ସେଟୀ ହଚ୍ଛେ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ । ତୋମରା ନିଶ୍ଚଯାଇ ଅନୁମାନ କରତେ ପେରେଛେ ଏଥାନେ ପଦାର୍ଥ ବଲତେ ଶୁଦ୍ଧ ଆମାଦେର ଚାରପାଶେର ଦଶ୍ୟମାନ ପଦାର୍ଥ ନୟ, ପଦାର୍ଥ ଯା ଦିଯେ ଗଠିତ ହେଯେ, ଅର୍ଥାତ୍ ଅଣୁ-ପରମାଣୁ ଥେକେ ଶୁରୁ କରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ, ପ୍ରୋଟନ, ନିଉଟ୍ରନ, କୋୟାର୍ ବା ସ୍ଟ୍ରିଂ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ହତେ ପାରେ । ଆବାର ଶକ୍ତି ବଲତେ ଆମାଦେର ପରିଚିତ ସ୍ଥିତିଶକ୍ତି, ଗତିଶକ୍ତି, ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୌମ୍ବକୀୟ ଶକ୍ତି ଛାଡ଼ାଓ ସବଳ କିଂବା ଦୁର୍ବଲ ନିଉକ୍ଲିଯାର ଶକ୍ତିଓ ହତେ ପାରେ!

## 1.2 ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନେର ପରିସର (Scope of Physics)

ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ଯେହେତୁ ବିଜ୍ଞାନେର ପ୍ରାଚୀନତମ ଶାଖା ଏବଂ ସବଚେଯେ ମୌଳିକ ଶାଖା, ଶୁଦ୍ଧ ତାଇ ନୟ ବିଜ୍ଞାନେର ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଶାଖା କୋନୋ ନା କୋନୋଭାବେ ଏହି ଶାଖାକେ ଭିତ୍ତି କରେ ଗଡ଼େ ଉଠେଛେ ତାଇ ଖୁବ ସାଭାବିକଭାବେଇ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନେର ପରିସର ଅନେକ ବଡ଼ । ଶୁଦ୍ଧ ତାଇ ନୟ, ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନେର ନାନା ସ୍ତରକେ ବ୍ୟବହାର କରେ ନାନା ଧରନେର ପ୍ରୟୁକ୍ଷତି ଗଡ଼େ ଉଠେଛେ, ସେଗୁଲୋ ଆମାଦେର ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନେ ବ୍ୟବହାର କରି (ଶେଷ ଅଧ୍ୟାଯେ ଚିକିତ୍ସାବିଜ୍ଞାନେ ବ୍ୟବହାର କରା ହୁଏ ସେଇକମ ବେଶ କରେକଟି ଯନ୍ତ୍ରେ ଉଦାହରଣ ଦେଓଯା ହେଯେ) । ବର୍ତ୍ତମାନ ସଭ୍ୟତାର ପେଛନେ ସବଚେଯେ ବଡ଼ ଅବଦାନ ହଚ୍ଛେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନିକସେର ଏବଂ ଏହି ପ୍ରୟୁକ୍ଷତି ଗଡ଼େ ଓଠାର ପେଛନେଓ ସବଚେଯେ ବଡ଼ ଅବଦାନ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନେର । ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନ୍ୟାତ୍ମା ଛାଡ଼ାଓ ଯୁଦ୍ଧେର ତାଙ୍ଗବଲିଲା ଥେକେ ଶୁରୁ କରେ ମହାକାଶ ଅଭିଯାନ—ଏରକମ ପ୍ରତିଟି କ୍ଷେତ୍ରେଇ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନେର ବ୍ୟବହାର ରହେ । ଶୁଦ୍ଧ ତାଇ ନୟ, ଜ୍ଞାନ-ବିଜ୍ଞାନେର ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଶାଖା ଏବଂ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନକେ ଏକତ୍ର କରେ ନିୟମିତଭାବେ ନତୁନ ନତୁନ ଶାଖା ଗଡ଼େ ଉଠେଛେ ଯେମନ: Astronomy ଓ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ମିଳେ Astrophysics ତୈରି ହେଯେ, ଜୈବ ପ୍ରକ୍ରିୟା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାର ଜନ୍ୟ ଜୀବବିଜ୍ଞାନ ଏବଂ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ବ୍ୟବହାର କରେ ଗଡ଼େ ଉଠେଛେ Biophysics, ରସାୟନ ଶାଖାର ସାଥେ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ଶାଖାର ସମ୍ବଲନେ ଜନ୍ୟ ନିୟେଛେ Chemical Physics, ଭୂ-ତତ୍ତ୍ଵ ବ୍ୟବହାର କରାର ଜନ୍ୟ

পদার্থবিজ্ঞান ব্যবহার করে তৈরি হয়েছে Geophysics এবং চিকিৎসাবিজ্ঞানে পদার্থবিজ্ঞান ব্যবহার করে গড়ে উঠেছে Medical Physics ইত্যাদি। কাজেই পদার্থবিজ্ঞানের পরিসর সুবিশাল এবং অনেক গভীর। পঠন-পাঠনের সুবিধার জন্য আমরা পদার্থবিজ্ঞানকে দুটি মূল অংশে ভাগ করতে পারি। সেগুলো হচ্ছে:

**ক্লাসিক্যাল পদার্থবিজ্ঞান:** এর মাঝে রয়েছে বলবিজ্ঞান, শব্দবিজ্ঞান, তাপ এবং তাপগতি বিজ্ঞান, বিদ্যুৎ ও চৌম্বক বিজ্ঞান এবং আলোক বিজ্ঞান।

**আধুনিক পদার্থবিজ্ঞান:** কোম্পান্টায় বলবিজ্ঞান এবং আপেক্ষিক তত্ত্ব ব্যবহার করে যে আধুনিক পদার্থবিজ্ঞান পড়ে উঠেছে, সেগুলো হচ্ছে আণবিক ও পারমাণবিক পদার্থবিজ্ঞান, নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান, কঠিন অবস্থার পদার্থবিজ্ঞান এবং পার্টিকেল ফিজিক্স।

আমরা আগেই বলেছি, পদার্থবিজ্ঞান কিংবা বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখাকে ব্যবহার করে পৃথিবীতে নানা ধরনের প্রযুক্তি পড়ে উঠেছে। এই প্রযুক্তি ব্যবহার করে আমরা আমাদের জীবনকে সহজ এবং অর্থপূর্ণ করে তুলেছি, আবার কখনো কখনো ভবানক কিছু প্রযুক্তি বের করে শুধু নিজের জীবন নয়, পৃথিবীর অস্তিত্বও বিপন্ন করে তুলেছি। অনেক সময় অকারণে অপরোক্তনীয় প্রযুক্তি পড়ে তুলে পৃথিবীর সম্পদ নষ্ট করার সাথে সাথে আমাদের পরিবেশকে দূষিত করে ক্ষেত্রে। কাজেই মনে রেখো প্রযুক্তি মানেই কিছু ভালো নয়, পৃথিবীতে ভালো প্রযুক্তি যেরকম আছে ঠিক সেরকম খারাপ প্রযুক্তিও আছে। কোনটি ভালো এবং কোনটি খারাপ প্রযুক্তি সেটা কিছু তোমাদের নিজেদের বিচারবৃত্তি ব্যবহার করে বুঝতে হবে।

পদার্থবিজ্ঞান এক দিনে পড়ে শেষেনি, শত শত বছরে পড়ে উঠেছে। পদার্থবিজ্ঞানীরা তাঁদের চারপাশের অহসামুক জগতকে দেখে প্রথমে কোনো একটা সূত্র দিয়ে সেটা ব্যাখ্যা করার চেষ্টা করেছেন। পরীক্ষা-নিরীক্ষা করে সেই সূত্রকে কখনো গ্রহণ করা হয়েছে, কখনো পরিবর্তন করা হয়েছে, আবার কখনো পরিন্যায় করা হয়েছে। এভাবে আমরা পদার্থের ক্ষমতামূলক কথা থেকে শুরু করে মহাবিশ্বের বৃহত্তম আকার পর্যবেক্ষ ব্যাখ্যা করতে শিখেছি। এই শেখাটা হয়তো এখনো পূর্ণীভূত নয়—বিজ্ঞানীরা সেটাকে পূর্ণীভূত করার চেষ্টা করে যাচ্ছেন, যেন কোনো একদিন অঙ্গস্ত অল্প কিছু সূত্র দিয়ে আপাতদৃষ্টিতে ডিম ডিম বিদ্যুরের সরকিছু ব্যাখ্যা করা সম্ভব হয়ে যাবে।



নিজে করো

প্রযুক্তি ভালো কিংবা খারাপ হতে পারে কিছু জ্ঞান কখনো খারাপ হতে পারে না, পদার্থবিজ্ঞানের আবিষ্কারের আলোকে এর স্বরূপে সুন্দর দৃশ্য।



## ଦଶୀୟ କାଜ

ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନେର ସୁଖ ବ୍ୟବହାର କରେ ଭାଲୋ ଶ୍ରୀଷ୍ଟ ଏବଂ ଖୋରାପ ଶ୍ରୀଷ୍ଟ ପଢ଼େ ଉଠେଛେ ସେଟି ନିଯୋ ଏକଟି ବିତର୍କେର ଆୟୋଜନ କରୋ ।

### 1.3 ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନେର କ୍ରମବିକାଶ (Development of Physics)

ଆଧୁନିକ ସମ୍ଭାବ୍ୟା ହାଜେ ବିଜ୍ଞାନେର ଅବଦାନ । ବିଜ୍ଞାନେର ଏହି ଅଣ୍ଟଗତି ଏକ ଦିନେ ହସନି, ଶତ ଶତ ବହର ଥେବେ ଅସଂଖ୍ୟ ବିଜ୍ଞାନୀ ଏବଂ ଗବେଷକେର ଅଳ୍ପାଳ୍ପ ପରିବର୍ତ୍ତନେ ଏକଟୁ ଏକଟୁ କରେ ଆଧୁନିକ ବିଜ୍ଞାନ ବର୍ତ୍ତମାନ ଅବସ୍ଥାଯ ପୋଛେହେ । ମନେ ରାଖିବେ ହବେ ପ୍ରାଚୀନକାଳେ ତଥେବେ ଆଦାନ-ଅଦାନ ଏତ ସହଜ ହିଲ ନା, ବିଜ୍ଞାନେର ପବେଷନାର କଳ୍ପନା ଏବେ ଅନ୍ୟକେ ଜମନାତେ ଯଥେଷ୍ଟ ବେଳେ ପେତେ ହତୋ, ହାତେ ଲିଖେ ବେଇ ଅନ୍ତର୍ଗୁଡ଼ିକ କରନ୍ତେ ହତୋ ଏବେ ସେଇ ବିନ୍ଦିରେ ସଂଖ୍ୟାଓ ହିଲ ଖୁବ କମ । ପ୍ରାଚିଲିତ ବିଶ୍ୱାସେର ବିରୁଦ୍ଧେ କର୍ତ୍ତା ବଳାତେ ସାହସରେ ଆୟୋଜନ ହିଲ । ବିଜ୍ଞାନୀଦେର ବଳୀ କରେ ରାଖା ବା ପୃଷ୍ଠିଯେ ମାରାର ଡ୍ରାଇବଙ୍ଗ ରଙ୍ଗେହେ । ତାରପାରେଓ ଜାନେର ଅବସ୍ଥା ଥେବେ ଥାକେନି ଏବେ ବିଜ୍ଞାନୀରା ପ୍ରକୃତିର ରହସ୍ୟ ଉତ୍ପାଦନ କରେ ଆମାଦେର ଏହି ଆଧୁନିକ ବିଜ୍ଞାନ ଉପହାର ଦିର୍ଘେହେ ।

ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନେର ଇତିହାସକେ ଆମରା କହେବାକୁ ପର୍ବତେ ଭାଗ କରେ ବର୍ଣନା କରନ୍ତେ ପାରି ।

#### 1.3.1 ଆଦିପର୍ବ (ଶିକ, ଭାରତବର୍ଷ, ଚୀନ ଏବଂ ମୁସଲିମ ସମ୍ଭାବ୍ୟା ଅବଦାନ)

ବର୍ତ୍ତମାନେ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ବଳାତେ ଆମରା ଯେ ବିଦ୍ୟାଟିକେ ବୋବାଇ ପ୍ରାଚୀନକାଳେ ସେଟି ଶୁଭୁ ହେଲିଲ ଜ୍ୟୋତିଷିଦ୍ୟ, ଆଲୋକବିଜ୍ଞାନ, ଗତିବିଦ୍ୟା ଏବଂ ଗଣିତର ଶୁଭୁତ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଶାଖା ଜ୍ୟାମିତିର ସମବ୍ୟେ । ଶିକ ବିଜ୍ଞାନୀ ଥେଲିସେର (BC 586-624) ନାମ ଆଲାଦାଜାବେ ଉତ୍ତରେ କରା ଦେବେ ପାରେ, କାରାପ ତିନିଇ ଶ୍ରଦ୍ଧା କାର୍ଯ୍ୟକାର୍ଯ୍ୟ ଏବଂ ଶୁଣି ଛାଡ଼ା ଶୁଦ୍ଧ ଧର୍ମ, ଅଭୀଜ୍ଞିତ ଏବଂ ପୌରାଣିକ କାହିଁନିଭିତ୍ତିକ ବ୍ୟାଖ୍ୟା ଶ୍ରଦ୍ଧା କରନ୍ତେ ଅନ୍ଵୀକାର କରେଛିଲେମ । ଥେଲିସ ସୂର୍ଯ୍ୟହରଣେ ଭବିଷ୍ୟାବାଣୀ କରେଛିଲେନ ଏବଂ ଲୋଡ଼ଟୋନେର ଟୋଷକ ଧର୍ମ ସକଳକେ ଜାନନ୍ତେନ । ସେଇ ସମ୍ବନ୍ଧେ ପଦିତବିଦ ଓ ବିଜ୍ଞାନୀଦେର ମାଝେ ପିଥାଗୋରାସ (527 BC) ଏକଟି ଅଭିନୀତ ନାମ । ଜ୍ୟାମିତି ଛାଡ଼ାଓ କଳମାନ ତାରେର ଉପର ତାର ମୌଳିକ କାଜ ହିଲ । ଶିକ ଦାର୍ଶନିକ ଡେମୋକ୍ରିଟିସ (460 BC) ଅନ୍ତର୍ମ ଧାରଣା ଦେବେ ଯେ ପଦାର୍ଥର ଅବିଭାଜ୍ୟ ଏକକ ଆହେ, ଯାର ନାମ ଦେଖାରୀ ହେଲେଲି ଏଟମ (ଏହି ନାମଟି ଆଧୁନିକ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ବ୍ୟବହାର କରେ ଥାକେ) । ତବେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଅକ୍ରିଯାତ ତାର ଧାରଣାଟି ଅମାଶେର କୋଣୋ ସୁବୋଗ ହିଲ ନା ବେଳେ ସେଟି ସବାର କାହେ ଅନ୍ତର୍ଧର୍ମୋଗ୍ୟ ହିଲ ନା । ସେଇ ସମ୍ବନ୍ଧକାର ସବଚେଯେ ବଢ଼ ଦାର୍ଶନିକ ଏବଂ ବିଜ୍ଞାନୀ ଏରିସଟିଲେର ମାଟି, ପାନି, ବାତାମ ଓ ଆଶ୍ରମ ଦିର୍ଘେ ସବକିଛୁ ତୈରି ହୁଏଇର ମତବାଦଟିଇ ଅନେକ ବେଶି ଅନ୍ତର୍ଧର୍ମୋଗ୍ୟ ହିଲ । ଆରିନ୍ତାରାକସ (310 BC) ଅନ୍ୟମେ ସୂର୍ଯ୍ୟକେନ୍ଦ୍ରିକ ପୌରଜ୍ଞଗତେର ଧାରଣା ଦିର୍ଘେହେଲେ ଏବଂ

তার অনুসারী সেলেউকাস বৃক্ষিতর্ক দিয়ে সেটি প্রমাণ করেছিলেন, যদিও সেই বৃক্ষগুলো এখন কালের পর্যন্ত হারিয়ে গেছে। তিক বিজ্ঞান এবং গণিত তার সর্বোচ্চ শিখরে উঠেছিল সর্বকালের একজন প্রের্ণ বিজ্ঞানী আকিমিডিসের (287 BC) সময় (চিত্র 1.01)। তরুণ পদার্থে উর্ধ্বমুখী বলের বিষয়টি এখনো বিজ্ঞান বইয়ের পঠনসূচিতে থাকে। গোলীয় আৱনায় সূর্যোগ্রামকে কেজীভূত করে দূর থেকে শব্দুর মুদ্রণাবহাজে আগুন ধরিয়ে তিনি মুক্ত সহানুভাৱে করেছিলেন। তিক আমলের আন্দোকজন বিজ্ঞানী হিলেন ইৱানোন্দিনিস (276 BC), যিনি সেই সময়ে সঠিকভাবে পৃথিবীৰ ব্যাসার্ধ বের করেছিলেন।



চিত্র 1.01: আকিমিডিস এবং আল খোয়ারিজমি

এরপর আর দেড় হাজার বছর জ্ঞান-বিজ্ঞানের চর্চা আৱ বন্ধ হয়েছিল। শুধু ভাৱীয়, মুসলিম এবং চীনা ধাৰার সজ্ঞা আৰু ধাৰাৰ এই জ্ঞানচৰ্চাকে বাঁচিয়ে রেখেছিল। ভাৱতবৰ্ষে আৰ্থভট (476), ব্ৰহ্মগুপ্ত এবং ভাস্কুল গণিত ও জ্যোতিৰ্বিজ্ঞান অন্বেক মূল্যবান কাজ কৰেছেন। শূন্যকে সত্ত্বিকাৰ আৰ্থে ব্যবহাৰ কৰাৰ বিষয়টিও ভাৱতবৰ্ষে (আৰ্থভট) কৰা হয়েছিল। মুসলিম গণিতবিদ এবং বিজ্ঞানীদেৱ তেতুৰ আল খোয়ারিজমিৰ (783) নাম আলাদাভাৱে উল্লেখ কৰতে হয় (চিত্র 1.01)। তার লেখা আল জাবিৰ বই থেকে বৰ্তমান এলজেব্ৰা নামটি এসেছে। ইবনে আল হাইয়াম (965) কে আলোকবিজ্ঞানেৰ স্বৰূপতি হিসেবে বিবেচনা কৰা হয়। আল মাসুদি (896) ফৃক্তিৰ ইতিহাস নিয়ে 30 খণ্ডে একটি এনসাইক্লোপেডিয়া লিখেছিলেন। শুধু ধৈয়াদেৱ নাম সবাই কৰি হিসেবে জানে, কিন্তু তিনি হিলেন উচুমাপেৰ গণিতবিদ, জ্যোতিৰ্বিদ এবং দার্শনিক। চীনা গণিতবিদ ও বিজ্ঞানীৰাও পদার্থবিজ্ঞান নিয়ে অনেক কাজ কৰেছেন। তাদেৱ মাঝে শেল কুয়োৱ নামটি উল্লেখ কৰা যাব (1031), যিনি চূৰক নিয়ে কাজ কৰেছেন এবং অমৰ্মেৱ সময় কলাস ব্যবহাৰ কৰে দিক নিৰ্ধাৰণ কৰাৰ বিষয়টি উল্লেখ কৰেছিলেন।

### ୧.୩.୨ ବିଜ୍ଞାନେର ଉତ୍ସାନଶର୍ମ

ଯୋଡ଼ିଶ ଏବଂ ସନ୍ତଦଶ ଶତାବ୍ଦୀତେ ଇଉରୋପେ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନେର ଜ୍ଞାନରେ ଏକଟି ବିନ୍ଦମରକର ବିପ୍ଳବେର ଶୁଭ୍ର ହୟ, ଯଥରୀଟା ହିଁ ଇଉରୋପୀର ରୈନେଶାର ଯୁଗ । 1543 ମାର୍ଚ୍ଚ କୋପାର୍ନିକାସ (ଚିତ୍ର 1.02) ତାର ଏକଟି ବହିରେ ସୂର୍ଯ୍ୟକେନ୍ଦ୍ରିକ ଏକଟି ସୌରଜଗତେର ବ୍ୟାଖ୍ୟା ଦେଲ (ବୈଦ୍ୟର ପ୍ରକାଶକ ଧର୍ମବାଜକଦେର ଅରେ ଲିଖେଛିଲେନ ଯେ ଏହି ସତ୍ୟକାରେର ବ୍ୟାଖ୍ୟା ନାହିଁ, ଶୁଦ୍ଧ ଏକଟି ଗାଣିତିକ ସମାଧାନ ଯାତା) । କୋପାର୍ନିକାସେର ତତ୍ତ୍ଵଟି ଲୈଖିଲିଲି ଲୋକଚକ୍ରର ଆଡାଲେ ପଡ଼େ ହିଁ, ଗ୍ୟାଲିଲିଓ (1564-1642) ଲେଖିକେ ସବାର ସାମନେ ନିଯିରେ ଆଇଲେ । ତିନି ଗାଣିତିକ ସ୍ତର ଦେଉରାର ପର ପରୀକ୍ଷା କରେ ଦେଇ ସୁଅଟି ଧ୍ୟାନ କରାର ବୈଜ୍ଞାନିକ ଧାରାର ସ୍ଵଚନା କରେନ । ଗ୍ୟାଲିଲିଓକେ (ଚିତ୍ର 1.02) ଅନେକ ସମୟ ଆଧୁନିକ ବିଜ୍ଞାନେର ଜଳକ ବଢା ହୟ । ତବେ ସୂର୍ଯ୍ୟକେନ୍ଦ୍ରିକ ସୌରଜଗତେର ଅନ୍ତର୍ଗତ ହତ୍ୟାର କାରଣେ ତିନି ଚାର୍ଜର କୋପାଲାଲେ ପଡ଼େଇଲେନ ଏବଂ ଶେଷ ଜୀବନେ ତାଙ୍କେ ଶୃହବନ୍ଦୀ ହେଯେ କାଟାଗେ ହୟ । 1687 ଖ୍ରୀଟାବ୍ଦେ ବିଜ୍ଞାନୀ ନିଟୋଟନ (ଚିତ୍ର 1.02) ବଳବିଦ୍ୟାର ଡିସଟି ଏବଂ ମହାକର୍ଷ ବଲେର ସ୍ତର ପ୍ରକାଶ କରେନ, ଯେତି ବଲ ଏବଂ ପତ୍ରବିଦ୍ୟାର ଭିତ୍ତି ତୈରି କରେ ଦେଇ । ଆଲୋକବିଜ୍ଞାନ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ଆରୋ କାର୍ଜର ସାଥେ ସାଥେ ବିଜ୍ଞାନୀ ନିଟୋଟନ ଲିବନିଜେର ସାଥେ ପଣ୍ଡିତର ନନ୍ଦନ ଏକଟି ଶାଖା କ୍ୟାଲକ୍ରୂଲାସ ଆବିଷ୍କାର କରେଇଲେନ ।



ଚିତ୍ର 1.02: କୋପାର୍ନିକାସ, ଗ୍ୟାଲିଲିଓ ଏବଂ ନିଟୋଟନ

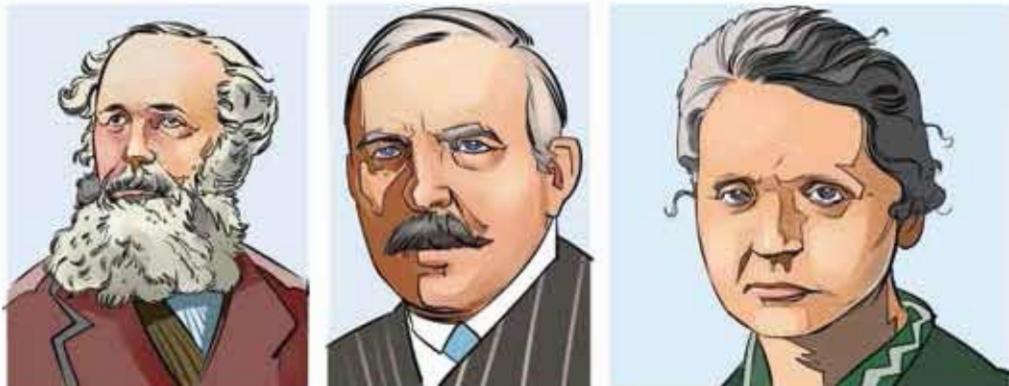
ଆଟାଦଶ ଶତାବ୍ଦୀର ଆଗେ ତାଙ୍କେ ଭରହିନ ଏକ ଧରନେର ତରଳ ହିଁଲେ ବିବେଚନା କରା ହଜ୍ତେ । 1798 ମାର୍ଚ୍ଚ କାର୍ଟ୍‌ର ଗ୍ରାମଫୋର୍ଡ ଦେଖାନ, ତାପ ଏକ ଧରନେର ଶକ୍ତି ଏବଂ ଯାହିକ ଶକ୍ତିକେ ତାପଶକ୍ତିତେ ବୁଦ୍ଧାନ୍ତର କରା ଯାଏ । ଆଗର ଅନେକ ବିଜ୍ଞାନୀର ପବେଷନାର ଉପର ଭିତ୍ତି କରେ ଲର୍ଡ କେଲାଇନ 1850 ମାର୍ଚ୍ଚ ତାପ ପତ୍ରବିଜ୍ଞାନେର (ଧାର୍ମିକିନାଯିଙ୍ଗେର) ଦୂଟି ଶୁରୁହପୂର୍ବ ସ୍ତର ଦିଯେଇଲେନ ।

ବିନ୍ଦୁୟ ଓ ଚନ୍ଦ୍ରକେର ଉପରେ ଏହି ସମୟ ବ୍ୟାପକ ପବେଷନା ଶୁଭ୍ର ହୟ । 1778 ମାର୍ଚ୍ଚ କୁଳମ ବୈଦ୍ୟତିକ ଚାର୍ଜର ଜ୍ଞାନର ବଲେର ଜନ୍ମ ସ୍ତର ଆବିଷ୍କାର କରେନ । 1800 ମାର୍ଚ୍ଚ ତୋଟା ବୈଦ୍ୟତିକ ବ୍ୟାଟାରି ଆବିଷ୍କାର କରାର ପର ବିନ୍ଦୁୟ ନିଯିରେ ନାନା ଧରନେର ପବେଷନା ଶୁଭ୍ର ହୟ । 1820 ମାର୍ଚ୍ଚ ଅରନ୍‌ଟେଟ ଦେଖାନ ବିନ୍ଦୁୟ ଅବାହ ଦିଯେ ଚନ୍ଦ୍ରକ ତୈରି କରା ଯାଏ । 1831 ମାର୍ଚ୍ଚ ଫାରାରାଡେ ଏବଂ ହେଲାରି ଠିକ ତାର ବିପରୀତ ପ୍ରକିଳାଟି ଆବିଷ୍କାର କରେନ ।

তারা দেখান চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিবর্তন করে বিদ্যুৎ তৈরি করা যাব। 1864 সালে ম্যাঙ্গারেল (চিত্র 1.03) তার বিখ্যাত ম্যাঙ্গারেল সমীকরণ দিয়ে পরিবর্তনশীল বিদ্যুৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্রকে একই সূত্রের মাধ্যে নিয়ে এসে দেখান যে আলো আসলে একটি বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ। বিদ্যুৎ ও চূম্বক আলাদা কিছু নয়, আসলে এ দুটি একই শক্তির দুটি ভিন্ন রূপ। এটি সময়োপযোগী একটি আবিষ্কার হিল, কারণ 1801 সালে ইয়ং পরীক্ষার মাধ্যমে আলোর তরঙ্গ ধর্মের প্রমাণ করে রেখেছিলেন।

### ১.৩.৩ আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের সূচনা

উনিবিল শতাব্দীর শুরু থেকেই বিজ্ঞানীরা দেখতে আগলেন প্রচলিত পদার্থবিজ্ঞান দিয়ে অনেক কিছু ব্যাখ্যা করা যাচ্ছে না। 1803 সালে ডাল্টন পরমাণবিক তত্ত্ব দিয়েছেন, 1897 সালে ধমসন দেই পরমাণুর তত্ত্ব ইলেক্ট্রন আবিষ্কার করেছেন, 1911 সালে রাদারকোর্ট (চিত্র 1.03) দেখিয়েছেন, পরমাণুর কেন্দ্রে

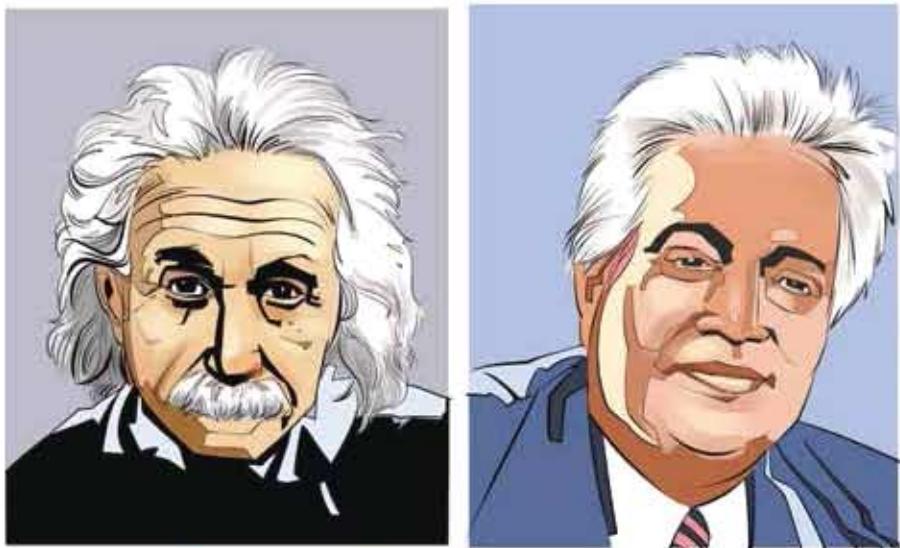


চিত্র 1.03: ম্যাঙ্গারেল, রাদারকোর্ট এবং মেরি কুরি

থুবই কুম নিউক্লিয়াসে পজিটিভ চার্জগুলো থাকে। কিন্তু দেখা গেল নিউক্লিয়াসকে দ্বিরে সুরক্ষ ইলেক্ট্রনের মডেলটি কোনোভাবে ব্যাখ্যা করা যায় না, কারণ বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় সূত্র অনুযায়ী এই অবস্থার ইলেক্ট্রন তার শক্তি বিকীরণ করে নিউক্লিয়াসের তত্ত্ব পড়ে যাবে কিন্তু বাস্তবে তা কখনো ঘটে না। 1900 সালে ম্যাঙ্গ প্লাইক কোয়ান্টাম তত্ত্ব আবিষ্কার করেন, এই তত্ত্ব ব্যবহার করে পরবর্তীতে পরমাণুর স্থিতিশীলতা ব্যাখ্যা করা সম্ভব হয়েছিল। বিকিরণ সক্রান্ত কোয়ান্টাম সংখ্যায়ন অঙ্কুর সঠিক পারিস্থিক ব্যাখ্যা দিয়ে প্রক্ষেপের সংজ্ঞানাথ কসু (চিত্র 1.04) পদার্থবিজ্ঞানের জগতে বে অবদান রেখেছিলেন, তার স্বীকৃতিস্বরূপ একপ্রেশির মৌলিক কণাকে বোজন নাম দেওয়া হয়। 1900 থেকে 1930 সালের এই সময়টিতে অনেক বড় বড় বিজ্ঞানী খিলে কোয়ান্টাম তত্ত্বটিকে প্রতিষ্ঠিত করেন।

বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গের বাহক হিসেবে ইথার নামে একটি বিষয় কল্পনা করে নেওয়া হয়েছিল এবং 1887 সালে মাইকেলসন ও মোরগ্রি তার অস্তিত্ব আবিষ্কার করার চেষ্টা করে দেখান যে প্রকৃতপক্ষে ইথার বলে কিছু নেই এবং আলোর বেগ স্থির কিংবা গতিশীল সব মাধ্যমে সমান। 1905 সালে

আইনস্টাইনের (চিত্র 1.04) থিওরি অব রিলেটিভিটি থেকে এই বিষয়টির ব্যাখ্যা পাওয়া যায়। থিওরি অব রিলেটিভিটি থেকেই সর্বকালের সবচেয়ে চমকপ্রদ সূত্র  $E=mc^2$  বের হয়ে আসে, বেধানে দেখালো হয় বস্তুর ভরকে প্রতিতে বৃপ্তান্ত করা সম্ভব।



চিত্র 1.04: আলবার্ট আইনস্টাইন এবং সত্যজিৎ বোস

কোজান্টাম তত্ত্বের সাথে থিওরি অব রিলেটিভিটি ব্যবহার করে ডিগ্রাক 1931 সালে প্রতি পদার্থের (Anti Particle) অন্তিম ঘোষণা করেন, যেটি পরের বছরেই আবিষ্কৃত হয়ে যায়।

1895 সালে রন্টজেন এক্স-রে আবিষ্কার করেন। 1896 সালে বেকেরেল দেখান যে পরমাণুর কেন্দ্র থেকে তেজক্ষির বিকিরণ হচ্ছে। 1899 সালে পিয়ারে ও মেরি কুরি (চিত্র 1.03) গ্রেডিয়াম আবিষ্কার করেন এবং বিজ্ঞানীরা বুঝতে পারেন পরমাণুগুলো আসলে অবিলম্বে নয়, সেগুলো তেজে তেজক্ষির বিকিরণ হতে পারে।

### 1.3.4 সামুদ্রিক পদার্থবিজ্ঞান

ইলেক্ট্রনিকস এবং আধুনিক প্রযুক্তির আবিষ্কারের কারণে প্রক্টিশালী এক্সেলেন্টের তৈরি করা সম্ভব হয় এবং অনেক বেশি শক্তিতে এক্সেলেন্ট করে নতুন নতুন কণা আবিষ্কৃত হতে থাকে। তাঙ্কিক Standard Model ব্যবহার করে এই কণাগুলোকে চমৎকারভাবে সুবিনাশ্চ করা সম্ভব হয়। আপাতদৃষ্টিতে অসংখ্য নতুন নতুন কণা মনে হলেও অল্প করেকটি মৌলিক কণা (এবং তাদের প্রতি পদার্থ) দিয়ে সকল কণার

গঠন ব্যাখ্যা করা সম্ভব হয়। Standard Model ব্যবহার করে এই কণাগুলোর ভর ব্যাখ্যা করা সম্ভব নয় বলে ভরের জন্য হিগস বোজন নামে একটি নতুন কণার অস্তিত্ব ভবিষ্যদ্বাণী করা হয়। 2013 সালে পরীক্ষাগারে হিগজ বোজনকে শনাক্ত করাটি তাত্ত্বিক পদার্থবিজ্ঞানের বিরাট সাফল্য হিসেবে ধরা হয়।

1924 সালে হাবল দেখিয়েছিলেন বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের সবগুলো গ্যালাক্সি একে অন্য থেকে দূরে সরে যাচ্ছে, যেটি প্রদর্শন করে যে বিশ্বব্রহ্মাণ্ড ধীরে ধীরে প্রসারিত হচ্ছে। যার অর্থ অতীতে একসময় পুরো বিশ্বব্রহ্মাণ্ড এক জায়গায় ছিল। বিজ্ঞানীরা দেখান প্রায় চৌদ্দ বিলিয়ন বছর আগে ‘বিগ ব্যাং’ নামে একটি প্রচণ্ড বিস্ফোরণে বিশ্বব্রহ্মাণ্ড তৈরি হওয়ার পর সেটি প্রসারিত হতে থাকে। অতি সম্প্রতি বিজ্ঞানীরা দেখিয়েছেন, এই প্রসারণ কখনোই থেমে যাবে না এবং বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের সবকিছুই একটি অন্যটি থেকে দূরে সরে যাবে। পদার্থবিজ্ঞানীরা আরো দেখিয়েছেন, তারা বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের দৃশ্যমান গ্রহ নক্ষত্র গ্যালাক্সির মাত্র ৪ শতাংশ ব্যাখ্যা করতে পারেন, বাকি ব্যাখ্যা করতে হলে রহস্যময় ডার্ক ম্যাটার ও ডার্ক এনার্জির ধারণা মেনে নিতে হয়। যার গঠন নিয়ে বিজ্ঞানীরা গবেষণা করে যাচ্ছেন।

কঠিন পদার্থের বিজ্ঞান (Solid State) নিয়ে গবেষণা অর্ধপরিবাহী পদার্থের জন্ম দেয়, যেগুলো ব্যবহার করে বর্তমান ইলেক্ট্রনিকস গড়ে উঠেছে, যেটি বর্তমান সভ্যতার ভিত্তিমূল।

## ১.৪ পদার্থবিজ্ঞানের উদ্দেশ্য (Objectives of Physics)

তোমরা এর মাঝে জেনে গেছ যে পদার্থবিজ্ঞান হচ্ছে বিজ্ঞানের সেই শাখা যেটি শক্তি এবং বলের উপস্থিতিতে সময়ের সাথে বস্তুর অবস্থান পরিবর্তন ব্যাখ্যা করে। যে কোনো জ্ঞানের মতোই পদার্থবিজ্ঞানের মূল উদ্দেশ্য হচ্ছে জানা, পদার্থবিজ্ঞানের জানার পরিসরটি অনেক বড়, ক্ষুদ্র পরমাণু থেকে বিশাল বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের রহস্য উদ্ঘাটন করাই হচ্ছে পদার্থবিজ্ঞানের উদ্দেশ্য। বোঝার সুবিধার জন্য আমরা পদার্থবিজ্ঞানের উদ্দেশ্যকে তিনটি মূল ভাগে ভাগ করতে পারি:

### ১.৪.১ প্রকৃতির রহস্য উদঘাটন

প্রাচীনকালে চীন দেশে এক টুকরো লোড স্টেনকে অন্য এক টুকরোকে অদৃশ্য একটা শক্তি দিয়ে আকর্ষণ করতে দেখা গিয়েছিল। বিশেষ ধরনের এই পদার্থের বিশেষ এই ধর্মটির নাম দেওয়া হয়েছিল চৌম্বকত্ত্ব (Magnetism)। একইভাবে প্রাচীন গ্রিসে আম্বর নামের পদার্থকে পশম দিয়ে ঘৰা হলে সেটি এই দুটি পদার্থকে একটি অদৃশ্য শক্তি দিয়ে আকর্ষণ করত। এই বিশেষ ধর্মের নাম দেওয়া হলো ইলেক্ট্রিসিটি বা বৈদ্যুতিক শক্তি (Electricity)। অষ্টাদশ শতাব্দীতে এটি নিয়ে ব্যাপক গবেষণা হয় এবং বিজ্ঞানীরা আবিষ্কার করেন এটি একই বলের দুটি ভিন্ন রূপ এবং এই বলটির নাম দেওয়া হয়

বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় বল (Electromagnetism)। পরবর্তীতে তেজস্ক্রিয়তা আবিষ্কৃত হওয়ার পর বিটা রশি নামে একটা বিশেষ বিকিরণ ব্যাখ্যা করার সময় দুর্বল নিউক্লিয় বল নামে নতুন এক ধরনের বল আবিষ্কৃত হয়। পদার্থবিজ্ঞানীরা পরে দেখালেন বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় বল এবং দুর্বল নিউক্লিয় বল একই বলের ভিন্ন রূপ। তাদেরকে একত্র করে সেই বলের নাম দেওয়া হলো ইলেকট্রো উইক ফোর্স। পদার্থবিজ্ঞানীরা ধারণা করেন, প্রকৃতিতে মহাকর্ষ বল এবং নিউক্লিয়ার বল নামে আরো যে দুটি বল রয়েছে ভবিষ্যতে সেগুলোও একই সূত্রের আওতায় আনা যাবে।

পদার্থবিজ্ঞান এভাবেই একের পর এক প্রকৃতির রহস্য উন্মোচন করে যাচ্ছে। একইভাবে বলা যায় একটি বস্তু তৈরি হয়েছে অণু দিয়ে, পরবর্তীতে দেখা গেছে অণুগুলো মৌলগুলোর পরমাণু দিয়ে তৈরি। পরমাণুগুলো চার্জ নিরপেক্ষ হলেও তার কেন্দ্রে রয়েছে পজিটিভ চার্জের নিউক্লিয়াস এবং তাকে কেন্দ্র করে ইলেকট্রনগুলো ঘুরছে। ইলেকট্রন একটি মৌলিক কণা হলেও দেখা গেল নিউক্লিয়াস প্রোটন এবং নিউট্রন দিয়ে তৈরি। পরবর্তীতে দেখা যায় নিউট্রন এবং প্রোটনও কোয়ার্ক নামে অন্য এক ধরনের মৌলিক কণা দিয়ে তৈরি। ইলেকট্রন এবং কোয়ার্ক স্ট্রিং দিয়ে তৈরি কিনা সেটি বর্তমান সময়ের গবেষণার বিষয়।

#### ১.৪.২ প্রকৃতির নিয়মগুলো জানা

সৃষ্টির আদিকাল থেকে আমরা জানি যে উপর থেকে কিছু ছেড়ে দিলে সেটি নিচে পড়বে এবং সেটি দেখে আমরা অনুমান করতে পারি যে পৃথিবীর সবকিছুই তার নিজের দিকে আকর্ষণ করছে। পদার্থবিজ্ঞান যদি শুধু মাধ্যাকর্ষণ বলের অস্তিত্বের কথা ঘোষণা করে দেখে যায় তাহলে সেটি ঘোটেও যথেষ্ট নয়। একটি নির্দিষ্ট ভরের বস্তুকে অন্য নির্দিষ্ট ভর কতটুকু বল দিয়ে আকর্ষণ করে এবং দূরত্বের সাথে সেটি কীভাবে পরিবর্তিত হয় সেটি নিখুঁতভাবে না জানা পর্যন্ত এই জ্ঞানটুকু পূর্ণ হয় না। নিউটন মহাকর্ষ বলের সূত্র দিয়ে অত্যন্ত সঠিকভাবে প্রকৃতির এই নিয়মটি ব্যাখ্যা করেছেন। প্রকৃতির নিয়মটি সঠিকভাবে জানা হলে সেটি অন্য অনেক জায়গায় প্রয়োগ করে ব্যবহার করা যায়। কাজেই মহাকর্ষ বলের সূত্র দিয়ে যেরকম একটি পড়ন্ত বস্তুর গতি ব্যাখ্যা করা যায়, ঠিক সেরকম সূর্যকে ঘিরে পৃথিবীর প্রদক্ষিণকেও ব্যাখ্যা করা যায়। প্রকৃতির এই নিয়মগুলো সঠিকভাবে জানার জন্য বিজ্ঞানীরা সেটি যেরকম যুক্তিতর্ক দিয়ে বিশ্লেষণ করেছেন, ঠিক সেরকম ল্যাবরেটরিতে নানা ধরনের পরীক্ষা-নিরীক্ষাও করে যাচ্ছেন। পদার্থবিজ্ঞানের বিস্ময়কর সাফল্যের পেছনে যেরকম তাত্ত্বিক গবেষণা হয়েছে ঠিক সেরকম রয়েছে পরীক্ষা-নিরীক্ষা। এই দুটি ভিন্ন ধারায় গবেষণা করে প্রকৃতির নিয়মগুলো খুঁজে বের করা পদার্থবিজ্ঞানের মূল উদ্দেশ্য।

### ১.৪.৩ প্রাকৃতিক নিয়ম ব্যবহার কৰে প্রযুক্তিৰ বিকাশ

আইনস্টাইন ভাৱ পিণ্ডৰ অৰ গ্লেচিয়েল থেকে  $E = mc^2$  সূত্ৰটি বেৱ কৰে দেখিয়েছিলেন, ভৱকে শক্তিতে মূল্যাঙ্কৰ কৰা যায়। ১৯৩৮ সালে অটোহান এবং ফ্রেসম্যান একটি নিউক্লিয়াসকে ভেঙ্গে দেখাল যে নিউক্লিয়াসেৰ ভয় যেটুকু কমে গিয়েছে সেটা শক্তি হিসেবে বেৱ হয়েছে। এই সূত্ৰটি ব্যবহার কৰে নিউক্লিয়াস বোঝা তৈরি কৰে সেটি বিকীয় সহায়ৰ হিৱেশিমা এবং নাগাসাকিতে কেজে মুকুর্তৰ মাঝে লক লক মানুষ মেৰে কেজা সহব হৱেছিল। শুধু বেৱ মারণাজ তৈরি কৰা সহব তা নয়, এই শক্তি মানুষৰ কাজেও লাগালো সহব। এই সূত্ৰ ব্যবহার কৰে নিউক্লিয়াস বৈদ্যুতিক কেজ (Nuclear Power Plant) তৈরি কৰা হয় এবং আমাদেৱ মুগপুৱেও সেৱকম একটি নিউক্লিয়াস বৈদ্যুৎ কেজ তৈরি হতে যাচ্ছে।

পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ একটি শাখা হচ্ছে কঠিন অৰস্থার পদাৰ্থবিজ্ঞান এবং দেখানে অৰ্থপৰিবাহী নিয়ে কাজ কৰা হয়। এই অৰ্থপৰিবাহীৰ সাথে বিশেষ মৌল মিশ়ে আদেৱ সূত্ৰ কৰে ট্ৰানজিস্টাৰ তৈরি কৰা হয়। এই প্ৰযুক্তি দিয়ে ইলেক্ট্ৰনিকসেৰ একটি অভাৱনীৰ উন্নতি হয়েছে এবং বৰ্তমান সম্ভাব্য এই ইলেক্ট্ৰনিকসেৰ একটি অনেক বড় অবদান রয়েছে।

আমৰা এভাৱে দেখাতে পাৰব প্ৰযুক্তিৰ প্ৰায় প্ৰতিটি কেজেই পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ ছোট কিংবা বড় অবদান রয়েছে। শুধু চিকিৎসাৰ ক্ষেত্ৰে পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ কী কী অবদান রয়েছে সেটি এই বইৰেৰ শেষ অংশত দেখালো হয়েছে।



#### দলীয় কাজ

পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ ক্রমবিকাশ কীভাৱে হয়েছে সেটি নিয়ে একটি পোস্টাৰ তৈরি কৰো।



#### নিজে কৰো

একটি সৱল রেখায় নিৰ্দিষ্ট দূৰত্বকে নিৰ্দিষ্ট সময় ধৰে প্ৰাচীনকাল থেকে এখন পৰ্যন্ত বিভিন্ন বিজ্ঞানী বেৱ গুৰুত্বপূৰ্ণ কাজগুলো কৰেছেন সেগুলো বিশেষ দেখাও মানবসম্ভৱতাৰ ইতিহাসে একটি অন্ধকাৰ কাল রয়েছে। কেন এই অন্ধকাৰ কাল হিস ভাব কোনো একটি কাৰণ খুঁজে বেৱ কৰো।

## ১.৫ ভৌত রাশি এবং তার পরিমাপ (Physical Quantities and Their Measurements)

পানি ঠাণ্ডা হলে সেটা বরফ হয়ে যায়, গরম করলে সেটা বাষ্প হয়ে যায়—এটা আমরা সবাই জানি। মানুষ প্রাচীনকাল থেকেই এটা দেখে আসছে। এই জ্ঞানটুকু কিন্তু পুরোপুরি বিজ্ঞান হতে পারবে না, যতক্ষণ পর্যন্ত না আমরা বলতে পারব কোন অবস্থায় ঠিক কত তাপমাত্রায় পানি জমে বরফ হয় কিংবা সেটা বাড়িয়ে কোন অবস্থায় কত তাপমাত্রায় নিয়ে গেলে সেটা ফুটতে থাকে, বাস্পে পরিণত হতে শুরু করে। তার অর্থ প্রকৃত বিজ্ঞান করতে হলে সবকিছুর পরিমাপ করতে হয়। বিজ্ঞানের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হচ্ছে এই পরিমাপ করে সব কিছুকে নিখুঁতভাবে ব্যাখ্যা করা।

**টেবিল ১.০১:** SI ইউনিটে সাতটি ভিন্ন ভিন্ন ভৌত রাশি

রাশি	Unit	একক	Symbol
দৈর্ঘ্য	meter	মিটার	m
ভর	kilogram	কিলোগ্রাম	kg
সময়	second	সেকেন্ড	s
বৈদ্যুতিক প্রবাহ	ampere	অ্যাম্পিয়ার	A
তাপমাত্রা	kelvin	কেলভিন	K
পদার্থের পরিমাণ	mole	মোল	mol
দীপন তীব্রতা	candela	ক্যান্ডেলা	cd

এই জগতে যা কিছু আমরা পরিমাপ করতে পারি তাকে আমরা রাশি বলি। এই ভৌতজগতে অসংখ্য বিষয় রয়েছে, যা পরিমাপ করা সম্ভব। উদাহরণ দেওয়ার জন্য বলা যেতে পারে, কোনো কিছুর দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, উচ্চতা, আয়তন, ওজন, তাপমাত্রা, রং, কাঠিন্য, তার অবস্থান, বেগ, তার ভেতরকার উপাদান, বিদ্যুৎ পরিবাহিতা, অপরিবাহিতা, স্থিতিস্থাপকতা, তাপ পরিবাহিতা, অপরিবাহিতা, ঘনত্ব, আপেক্ষিক তাপ, চাপ গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক ইত্যাদি— অর্থাৎ আমরা বলে শেষ করতে পারব না। এক কথায় ভৌতজগতে রাশিমালার কোনো শেষ নেই। তোমাদের তাই মনে হতে পারে এই অসংখ্য রাশিমালা পরিমাপ করার জন্য আমাদের বুঝি অসংখ্য রাশির সংজ্ঞা আর অসংখ্য একক তৈরি করে রাখতে হবে! আসলে সেটি সত্যি নয়, তোমরা শুনে খুবই অবাক হবে (এবং নিশ্চয়ই খুশি হবে) যে মাত্র সাতটি রাশির সাতটি একক ঠিক করে নিলে সেই সাতটি একক ব্যবহার করে আমরা সবকিছু বের করে ফেলতে পারব। এই সাতটি রাশিকে বলে মৌলিক রাশি এবং এই মৌলিক রাশি ব্যবহার করে যখন অন্য কোনো

রাশি প্রকাশ করি সেটি হচ্ছে লব্ধ রাশি। মৌলিক রাশিগুলো হচ্ছে দৈর্ঘ্য, ভর, সময়, বৈদ্যুতিক প্রবাহ, তাপমাত্রা, পদার্থের পরিমাণ এবং দীপন তীব্রতা। এই সাতটি মৌলিক রাশির আন্তর্জাতিকভাবে স্বীকৃত সাতটি একককে বলে SI একক, (SI এসেছে ফরাসি ভাষার Systeme International d'Unites কথাটি থেকে) এবং সেগুলো  $1.01$  টেবিলে দেখানো হয়েছে।

টেবিল 1.02: অনেক বড় থেকে অনেক ছোট দূরত্ব

দূরত্ব	m
নিকটতম গ্যালাক্সি	$6 \times 10^{19}$
নিকটতম নক্ষত্র	$4 \times 10^{16}$
সৌরজগতের ব্যাসার্ধ	$6 \times 10^{12}$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ	$6 \times 10^6$
এভারেস্টের উচ্চতা	$9 \times 10^3$
ভাইরাসের দৈর্ঘ্য	$1 \times 10^{-8}$
হাইড্রোজেন পরমাণুর ব্যাসার্ধ	$5 \times 10^{-11}$
প্রোটনের ব্যাসার্ধ	$1 \times 10^{-15}$

টেবিল 1.03: অনেক বড় থেকে অনেক ছোট ভর

ভর	kg
আমাদের গ্যালাক্সি	$2 \times 10^{41}$
সূর্য	$2 \times 10^{30}$
পৃথিবী	$6 \times 10^{24}$
জাহাজ	$7 \times 10^7$
হাতি	$5 \times 10^3$
মানুষ	$6 \times 10^1$
ধূলিকণা	$7 \times 10^{-7}$
ইলেকট্রন	$9 \times 10^{-31}$

### ১.৫.১ পরিমাপের একক (Units of Measurements)

এই এককগুলোর পরিমাপ কর সেটি সুনির্দিষ্টভাবে ঘোষণা করা আছে। যেমন: শূন্য মাধ্যমে এক সেকেন্ডের  $299,792,458$  ভাগের এক ভাগ সময়ে আলো যে দূরত্ব অতিক্রম করে সেটা হচ্ছে এক মিটার। এক কিলোগ্রামের এককটি এখনো ধরা হয় ফ্রান্সের একটা নির্দিষ্ট ভবনে রাখা প্লাটিনিয়াম ইরিডিয়াম দিয়ে তৈরি  $3.9\text{ cm}$  উচ্চতা আর ব্যাসের নির্দিষ্ট একটা ভর। (বিজ্ঞানীরা এই ভরটিকে কিছুদিনের মধ্যেই অন্যভাবে ব্যাখ্যা করবেন যেন নির্দিষ্ট দেশে রাখা একটি নির্দিষ্ট ভরের ওপর আর কারো নির্ভর করতে না হয়।) সিজিয়াম  $133$  ( $\text{Cs}^{133}$ ) পরমাণুর  $9,192,631,770$ টি স্পন্দন সম্পন্ন করতে যে পরিমাণ সময় নেয় সেটা হচ্ছে এক সেকেন্ড। পানির ত্বেধ বিন্দু বা ত্রিপল পয়েন্ট তাপমাত্রাকে  $273.16$  দিয়ে ভাগ দিলে যে তাপমাত্রা পাওয়া যায় সেটি হচ্ছে এক কেলভিন। অ্যাক্সিয়ারের এককটি মোটাযুটি জটিল—পাশাপাশি দুটো তারের ভেতর দিয়ে একই দিকে বিদ্যুৎ প্রবাহ করলে তারা একে

অন্যকে আকর্ষণ করে। যে পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহ হলে 1 m দূরত্বে রাখা দুটি তার প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে  $2 \times 10^{-7}$  নিউটন বলে পরস্পরকে আকর্ষণ করে সেটা হচ্ছে অ্যাস্পিয়ার। ধরে নেওয়া হচ্ছে তারটির দৈর্ঘ্য অসীম, প্রস্থচ্ছেদ বৃত্তাকার এবং এত ছোট যে সেটা আমরা ধর্তব্যের মাঝে আনব না! (তোমরা শুনে খুশি হবে যে এই এককটাকেও আরো সহজভাবে ব্যাখ্যা করার পরিকল্পনা হচ্ছে।)

টেবিল 1.04: অনেক বড় থেকে অনেক ছোট সময়

সময়	s
বিগ ব্যাংয়ের সময়	$4 \times 10^{17}$
ডাইনোসরের ধ্বংস	$2 \times 10^{14}$
মানুষের জন্ম	$8 \times 10^{12}$
এক দিন	$9 \times 10^4$
মানুষের হংসন্দন	1
মিউনের আয়ু	$2 \times 10^{-6}$
স্পন্দনকাল: সবুজ আলো	$2 \times 10^{-15}$
স্পন্দনকাল: এক MeV গামা রে	$4 \times 10^{-21}$

0.12 কিলোগ্রামে যে কয়টি কার্বন 12 পরমাণু থাকে সেই সংখ্যক মৌলিক কণা (অণু, পরমাণু বা আয়ন) এর সমান পদার্থ হচ্ছে এক মোল। এক ক্যান্ডেলার এককটি সম্ভবত বোঝার জন্য সবচেয়ে জটিল: কোনো আলোর উৎস থেকে যদি এক স্টেরেডিয়ান (Steradian) ঘনকোণে এক ওয়াটের 683 ভাগের এক ভাগ বিকিরণ তীব্রতা পৌঁছায় তাহলে সেই আলোর তীব্রতা হচ্ছে এক ক্যান্ডেলা। তবে যেকোনো আলোর উৎস ব্যবহার করা যাবে না, সেটি হতে হবে সেকেন্ডে  $540 \times 10^{12}$  বার কম্পনরত কোনো আলো। দূরত্ব ভর বা সময়ের বেলায় সেগুলোর অনেক ছোট থেকে শুরু করে অনেক বড় হতে পারে। তোমাদের একটা ধারণা দেওয়ার জন্য অনেক বড় থেকে শুরু করে অনেক ছোট কিছু দূরত্ব, ভর এবং সময়ের কিছু উদাহরণ (টেবিল 1.02, 1.03 এবং 1.04) দেওয়া হলো। তোমরা টেবিলগুলো খুঁটিয়ে দেখো, অনুভব করার চেষ্টা করো!

সাতটি একককে আনুষ্ঠানিকভাবে তোমাদের সাথে পরিচয় করিয়ে দেওয়া হলো, কেউ আশা করো না এটা তোমাদের মনে থাকবে! মনে রাখার প্রয়োজনও নেই, যদি কখনো জানার প্রয়োজন হয় বই খুঁজে বা ইন্টারনেট ঘেঁটে আবার তুমি এটা বের করে ফেলতে পারবে। তবে এক মিটার বলতে কতটুকু দূরত্ব বোঝায় বা এক কেজি ভর কতটুকু, এক সেকেন্ড কত সময়, এক ডিগ্রি কেলভিন তাপমাত্রা কতটুকু উন্নত, এক অ্যাস্পিয়ার কারেন্ট কতখানি, এক মোল পদার্থ বলতে কী বোঝায় বা এক ক্যান্ডেলা কতখানি আলো সেটা সম্পর্কে তোমাদের একটা বাস্তব ধারণা থাকা উচিত! এই বেলা তোমাদের সেই

বাস্তব ধারণাটা দেওয়ার চেষ্টা করে দেখা যাক। তোমাদের শুধু জানলে হবে না, খানিকটা কিন্তু অনুভবও করতে হবে। সাধারণভাবে বলা যায়:

- স্বাভাবিক উচ্চতার একজন মানুষের মাটি থেকে পেট পর্যন্ত দূরত্বটা মোটামুটি এক মিটার।
- এক লিটার পানির বোতলে কিংবা চার প্লাসে যেটুকু পানি থাকে তার ভর হচ্ছে এক কেজির কাছাকাছি।
- ‘এক হাজার এক’ এই তিনটি শব্দ বলতে যেটুকু সময় লাগে সেটা মোটামুটি এক সেকেন্ড!
- বলা যেতে পারে তিনটা মোবাইল ফোন একসাথে চার্জ করা হলে এক অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ ব্যবহার করা হয়। (মোবাইল ফোন 5 ভোল্টের কাছাকাছিতে চার্জ করা হয়। তাই এখানে খরচ হবে 5 ওয়াট। যদি বাসার লাইট, ফ্যান, ফ্রিজে 220 ভোল্টের কিছুতে এক অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ ব্যবহার হয় তখন কিন্তু খরচ হবে 220 ওয়াট!)
- হাত দিয়ে আমরা যদি কারো জ্বর অনুভব করতে পারি, বলা যেতে পারে তার তাপমাত্রা এক কেলভিন বেড়েছে।
- মোলটা অনুভব করা একটু কঠিন, বলা যেতে পারে একটা বড় চামচের এক চামচ পানিতে মোটামুটি এক মোল পানির অণু থাকে। এক কাপ পানিতে দশ মোল পানি থাকে।
- একটা মোমবাতির আলোকে মোটামুটিভাবে এক ক্যাণ্ডেলা বলা যায়।

দেখতেই পাচ্ছ এর কোনোটাই নিখুঁত পরিমাপ নয় কিন্তু অনুভব করার জন্য সহজ। যদি এই পরিমাপ নিয়ে অভ্যস্ত হয়ে যাও, তাহলে ভবিষ্যতে যখন কোনো একটা হিসাব করবে, তখন সেটা নিয়ে তোমাদের একটা মাত্রাজ্ঞান থাকবে!

### 1.5.2 উপসর্গ বা গুণিতক (Prefix)

বিজ্ঞান বা পদার্থবিজ্ঞান চর্চা করার জন্য আমাদের নানা কিছু পরিমাপ করতে হয়। কখনো আমাদের হয়তো গ্যালাক্সির দৈর্ঘ্য মাপতে হয় ( $6 \times 10^{24}$  m) আবার কখনো একটা নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ মাপতে হয় ( $1 \times 10^{-15}$  m); দূরত্বের মাঝে এই বিশাল পার্থক্য মাপার জন্য সব সময়েই একই ধরনের সংখ্যা ব্যবহার করা বুদ্ধিমানের কাজ নয়, তাই আন্তর্জাতিকভাবে কিছু SI উপসর্গ বা গুণিতক (prefix) তৈরি করে নেওয়া হয়েছে। এই গুণিতক থাকার কারণে একটা ছোট উপসর্গ লিখে অনেক বড় কিংবা অনেক

ছেট সংখ্যা বোঝাতে পারব। উপসর্গগুলো টেবিল 1.05 এ দেখানো হয়েছে। আমরা দৈনন্দিন জীবনে কিন্তু এগুলো সব সময় ব্যবহার করি। দূরত্ব বোঝানোর জন্য এক হাজার মিটার না বলে এক কিলোমিটার বলি। ক্যামেরার ছবির সাইজ বোঝানোর জন্য দশ লক্ষ বাইট না বলে এক মেগাবাইট বলি!

**টেবিল 1.05: SI ইউনিটে ব্যবহৃত গুণিতক বা উপসর্গ**

ডেকা	da	$10^1$
হেক্টে	h	$10^2$
কিলো	k	$10^3$
মেগা	M	$10^6$
গিগা	G	$10^9$
টেরা	T	$10^{12}$
পেটা	P	$10^{15}$
এক্সা	E	$10^{18}$

ডেসি	d	$10^{-1}$
সেন্টি	c	$10^{-2}$
মিলি	m	$10^{-3}$
মাইক্রো	$\mu$	$10^{-6}$
ন্যানো	n	$10^{-9}$
পিকো	p	$10^{-12}$
ফেমটো	f	$10^{-15}$
এটো	a	$10^{-18}$

### 1.5.3 মাত্রা (Dimension)

আমরা জেনে গেছি যে আমাদের চারপাশে অসংখ্য রাশি থাকলেও মাত্র সাতটি একক দিয়ে এই রাশিগুলোকে পরিমাপ করা যায়। একটা রাশি কোন একক দিয়ে প্রকাশ করা যায়, সেটি আমাদের জানতেই হয়। প্রায় সময়েই রাশিটি কোন কোন মৌলিক রাশি (দৈর্ঘ্য  $L$ , সময়  $T$ , ভর  $M$  ইত্যাদি) দিয়ে কীভাবে তৈরি হয়েছে, সেটাও জানা থাকতে হয়। একটা রাশিতে বিভিন্ন মৌলিক রাশি কোন সূচকে বা কোন পাওয়ারে আছে, সেটাকে তার মাত্রা বলে। যেমন আমরা পরে দেখব বল হচ্ছে ভর এবং ত্বরণের গুণফল। ত্বরণ আবার সময়ের সাথে বেগের পরিবর্তনের হার। বেগ আবার সময়ের সাথে অবস্থানের পরিবর্তনের হার। কাজেই

$$\text{বেগের মাত্রা: } \frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}} = \frac{L}{T} = LT^{-1}$$

$$\text{ত্বরণের মাত্রা: } \frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}^2} = \frac{L}{T^2} = LT^{-2}$$

আমরা এই বইয়ে যখনই নতুন একটি রাশিমালার কথা বলব সাথে সাথেই তার মাত্রাটির কথা বলে দেওয়ার চেষ্টা করব। দেখবে সেটা সব সময় রাশিটিকে বুঝতে অন্যভাবে সাহায্য করবে। এই বইয়ে

একটা রাশির মাত্রা বোঝাতে হলে সেটিকে তৃতীয় ঝ্যাকেটের (third bracket) ভেতর রেখে দেখানো হবে। যেরকম বল  $F$  হলে  $[F] = MLT^{-2}$

#### ১.৫.৪ বৈজ্ঞানিক প্রতীক ও সংকেত (Scientific Symbols and Notations)

এককের সংকেত লেখার জন্য নিচের পদ্ধতিগুলো অনুসরণ করা হয়ে থাকে:

- কোনো রাশির মান প্রকাশ করার জন্য একটি সংখ্যা লিখে তারপর একটি ফাঁকা জায়গা (space) রেখে এককের সংকেতটি লিখতে হয়। যেমন  $2.21 \text{ kg}$ ,  $7.3 \times 10^2 \text{ m}^2$  কিংবা  $22 \text{ K}$ , শতকরা চিহ্নও (%) এই নিয়ম মেনে চলে। তবে ডিগ্রি ( $^{\circ}$ ) মিনিট ('') এবং সেকেন্ড ('') লেখার সময় সংখ্যার পর কোনো ফাঁকা জায়গা বা space রাখতে হয় না।
- গুণ করে পাওয়া লক্ষ লেখার সময় দুটি এককের মাঝাখানে একটি ফাঁকা জায়গা বা space দিতে হয়। যেমন:  $2.35 \text{ N m}$
- ভাগ করে পাওয়া লক্ষ এককের বেলায় ঝণাউক সূচক বা '/' (যেমন  $\text{ms}^{-1}$  কিংবা  $\text{m/s}$ ) দিয়ে প্রকাশ করা হয়।
- প্রতীকগুলো যেহেতু গাণিতিক প্রকাশ, কোনো কিছুর সংক্ষিপ্ত রূপ নয়, তাই তাদের সাথে কোনো যতিচিহ্ন (.) বা full stop ব্যবহার হয় না।
- এককের সংকেত লেখা হয় সোজা অক্ষরে যেমন মিটারের জন্য  $m$ , সেকেন্ডের জন্য  $s$  ইত্যাদি। তবে রাশির সংকেত লেখা হয় italic বা বাঁকা অক্ষরে। যেমন ভরের জন্য  $m$ , বেগের জন্য  $v$  ইত্যাদি।
- এককের সংকেত ছোট হাতের অক্ষরে লেখা হয় যেমন  $\text{cm}$ ,  $\text{s}$ ,  $\text{mol}$  ইত্যাদি। তবে যেগুলো কোনো বিজ্ঞানীর নাম থেকে নেওয়া হয়েছে সেখানে বড় হাতের অক্ষর (নিউটনের নাম অনুসারে N) হবে। একাধিক অক্ষর হলে শুধু প্রথমটি বড় হাতের অক্ষর হবে (প্যাক্সেলের নামানুসারে গৃহীত একক  $\text{Pa}$ )
- এককের উপসর্গ ( $k$ ,  $G$ ,  $M$ ) এককের ( $m$ ,  $W$ ,  $\text{Hz}$ ) সাথে কোনো ফাঁক ছাড়া যুক্ত হবে যেমন  $\text{km}$ ,  $\text{GW}$ ,  $\text{MHz}$ .
- কিলো ( $10^3$ ) থেকে সব বড় উপসর্গ বড় হাতে হবে ( $M$ ,  $G$ ,  $T$ )।
- এককের সংকেতগুলো কখনো বহুবচন হবে না ( $25 \text{ kgs}$  নয় সব সময়  $25 \text{ kg}$ )
- কোনো সংখ্যা বা যৌগিক একক এক লাইনে লেখার চেষ্টা করতে হবে। খুব প্রয়োজন হলে সংখ্যা এবং এককের মাঝাখানে line break দেওয়া যেতে পারে।

## ১.৬ পরিমাপের যন্ত্রপাতি (Measuring Instruments)

একসময় পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন রাশি সূক্ষ্মভাবে মাপা খুব কষ্টসাধ্য ব্যাপার ছিল। আধুনিক ইলেকট্রনিকস নির্ভর যন্ত্রপাতির কারণে এখন কাজটি খুব সোজা হয়ে গেছে। আমরা এই বইয়ে যে পরিমাণ পদার্থবিজ্ঞান শেখার চেষ্টা করব তার জন্য দূরত্ব, ভর, সময়, তাপমাত্রা, বিদ্যুৎ প্রবাহ এবং ভোল্টেজ মাপলেই মোটামুটি কাজ চালিয়ে নিতে পারব। এগুলো মাপার জন্য আমরা কোন ধরনের যন্ত্রপাতি ব্যবহার করি সেগুলো সংক্ষেপে আলোচনা করা যাক:

### ১.৬.১ স্কেল

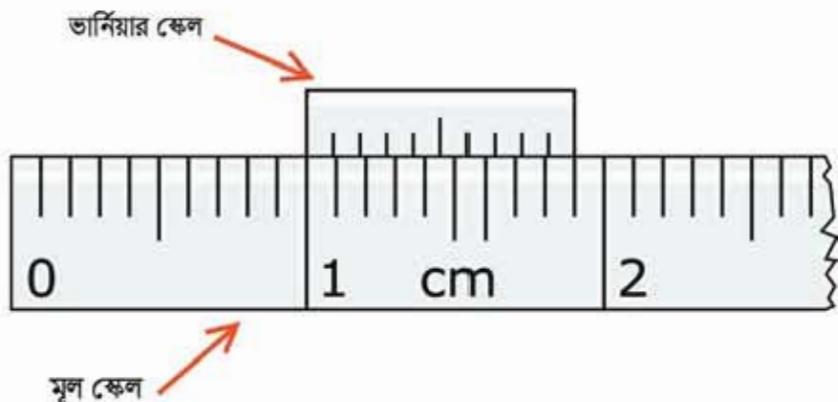
ছোটখাটো দৈর্ঘ্য মাপার জন্য মিটার স্কেল ব্যবহার করা হয় এবং তোমরা সবাই নিশ্চয়ই মিটার স্কেল দেখেছ। 100 cm (সেন্টিমিটার) বা 1 m লম্বা বলে এটাকে মিটার স্কেল বলে। যেহেতু এখনো অনেক জায়গায় ইঞ্চি-ফুট প্রচলিত আছে (মার্কিন যুক্তরাষ্ট্র একটি উদাহরণ দেশ!) তাই মিটার স্কেলের অন্যপাশে প্রায় সব সময় ইঞ্চি দাগ কাটা থাকে। এক ইঞ্চি সমান 2.54 cm।

একটা স্কেলে সবচেয়ে যে সূক্ষ্ম দাগ থাকে আমরা সে পর্যন্ত মাপতে পারি। মিটার স্কেল সাধারণত মিলিমিটার পর্যন্ত ভাগ করা থাকে, তাই মিটার স্কেল ব্যবহার করে আমরা কোনো কিছুর দৈর্ঘ্য মিলিমিটার পর্যন্ত মাপতে পারি। অর্থাৎ আমরা যদি বলি কোনো কিছুর দৈর্ঘ্য 0.364 m তার অর্থ দৈর্ঘ্যটি হচ্ছে 36 সেন্টিমিটার এবং 4 মিলিমিটার। একটা মিটার স্কেল ব্যবহার করে এর চেয়ে সূক্ষ্মভাবে দৈর্ঘ্য মাপা সম্ভব নয়—অর্থাৎ সাধারণ স্কেলে আমরা কখনোই বলতে পারব না একটা বস্তুর দৈর্ঘ্য 0.3643 m কিন্তু মাঝে মাঝেই কোনো একটা অত্যন্ত সূক্ষ্ম কাজে আমাদের এ রকম সূক্ষ্মভাবে মাপা প্রয়োজন হয়, তখন ভার্নিয়ার (Vernier) স্কেল নামে একটা মজার স্কেল ব্যবহার করে সেটা করা যায়।

### ভার্নিয়ার স্কেল

ধরা যাক কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য মিলিমিটারের 4 এবং 5 দুটি দাগের মাঝামাঝি কোথাও এসেছে অর্থাৎ বস্তুটির দৈর্ঘ্য 4 মিলিমিটার থেকে বেশি কিন্তু 5 মিলিমিটার থেকে কম। 4 মিলিমিটার থেকে কত ভগ্নাংশ বেশি সেটা বের করতে হলে ভার্নিয়ার স্কেল ব্যবহার করা যায়, এই স্কেলটা মূল স্কেলের পাশে লাগানো থাকে এবং সামনে-পেছনে সরানো যায় (চিত্র 1.05)। ছবির উদাহরণে দেখানো হয়েছে মূল স্কেলের 9 মিলিমিটার দৈর্ঘ্যকে ভার্নিয়ার স্কেলে দশ ভাগ করা হয়েছে। অর্থাৎ ভার্নিয়ার স্কেলের প্রত্যেকটা ভাগ হচ্ছে  $\frac{9}{10}$  mm আসল মিলিমিটার থেকে  $\frac{1}{10}$  মিলিমিটার কম। যদি ভার্নিয়ার স্কেলের শুরুটা কোনো একটা মিলিমিটার দাগের সাথে মিলিয়ে রাখা হয় তাহলে তার পরের দাগটি সত্যিকার মিলিমিটার থেকে  $\frac{1}{10}$  মিলিমিটার সরে থাকবে, এর পরেরটি  $\frac{2}{10}$  মিলিমিটার সরে থাকবে, পরেরটি  $\frac{3}{10}$

মিলিমিটাৰ সৱে ধৰকৰে— অৰ্থাৎ কোনোটাই মূল ক্ষেত্ৰের মিলিমিটাৰ দাপেৰ সাথে মিলবৈ না, একেবাৰে দুশ নম্বৰ দাগটি আবাৰ মূল ক্ষেত্ৰে নৱ নম্বৰ মিলিমিটাৰ দাপেৰ সাথে মিলবৈ।

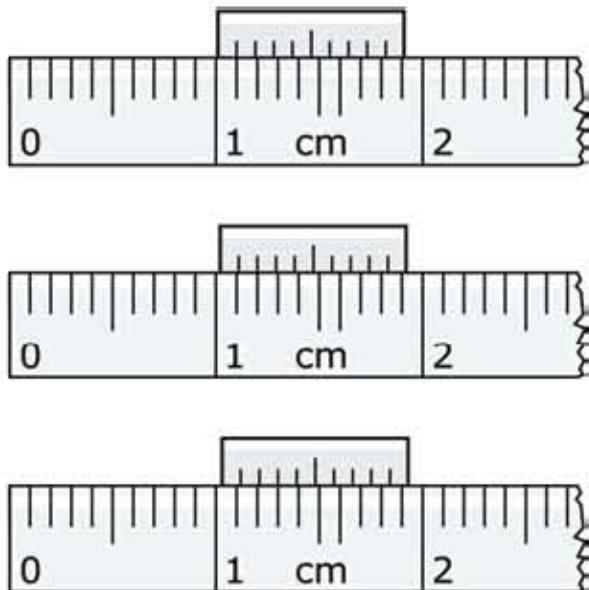


চিত্ৰ 1.05: মূল এবং ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেত্ৰ, যেটি নাড়ানো সহজ।

বুজতেই গীৱত ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেত্ৰটা যদি আমৰা এমনভাৱে রাখি যে শুৰুটা একটা মিলিমিটাৰ দাপ থেকে শুৰু না হয়ে একটু সৱে (যেমন  $\frac{3}{10}$  mm) শুৰু হৰেছে (চিত্ৰ 1.06) তাহলে ঠিক বত সংখ্যক  $\frac{1}{10}$  mm সৱে শুৰু হৰেছে ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেত্ৰে তত নম্বৰ দাগটি মূল ক্ষেত্ৰে মিলিমিটাৰ দাপেৰ সাথে মিলে যাবো কাজেই ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেত্ৰ ব্যবহাৰ কৰে দৈৰ্ঘ্য মাপা খুব সহজ। প্ৰথমে জেনে নিতে হয়ে ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেত্ৰে একটি ভাগ এবং মূল ক্ষেত্ৰের একটি ভাগেৰ মাঝে পাৰ্শ্বক্য কঢ়াকু—এটাকে বলে ভাৰ্নিয়াৰ ধূৰক (Vernier Constant সংকেতপে বি.সি.)। মূল ক্ষেত্ৰে সবচেয়ে ছেট ভাগেৰ (1 mm) দূৰত্বকে ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেত্ৰেৰ ভাগেৰ (1.05 এবং 1.06 চিত্ৰ 10) সংখ্যা দিয়ে ভাগ দিলেই এটা বেৱে হৰে যাবে। আমৰা যে উদাহৰণ নিয়েছি সেখানে এটাৰ মান:

$$VC = \frac{1 \text{ mm}}{10} = 0.1 \text{ mm} = 0.0001 \text{ m}$$

কোনো দৈৰ্ঘ্য মাপাৰ সম্বৰ মিলিমিটাৰেৰ সৰ্বশেষ দাপ পৰ্যন্ত যেনে ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেত্ৰেৰ দিকে তাকাতে হয়। ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেত্ৰেৰ কোন দাগটি মূল ক্ষেত্ৰেৰ মিলিমিটাৰ দাপেৰ সাথে হুবহু মিলে পেছে বা সমগাতন হয়েছে সেটি বেৱে কৱে সাপ সংখ্যাকে ভাৰ্নিয়াৰ ধূৰক দিয়ে পূৰ্ণ দিতে হয়। মূল ক্ষেত্ৰে মাপা দৈৰ্ঘ্যৰ সাথে সেটি ঘোগ দিলেই আমৰা থক্কত দৈৰ্ঘ্য পেৱে যাব। চিত্ৰ 1.06 এৱে শেষ ক্ষেত্ৰে যে দৈৰ্ঘ্য দেখানো হয়েছে আমাদেৱ এই নিয়মে সেটি হবে 1.03 cm বা 0.013 m।



চিত্র 1.06: এক, দুই এবং তিন ঘর সহে যাওয়া ভার্নিগার কেল।

ভার্নিগার কেলের পরিবর্তে একটা ক্লুকে চুবিয়ে (চিত্র 1.07) কেলকে সামনে-পেছনে নিয়েও ক্লুগজ (Screw Gauge) নামে বিশেষ এক ধরনের কেলে দৈর্ঘ্য মাপা হয়। এখানে ক্লুয়ের থাট (thread) অত্যন্ত সূচ রাখা হয় এবং পুরো একবার ঘোরানোর পর কেল লাগানো ক্লুটি হয়তো  $1\text{ mm}$  অগ্রসর হয়। ক্লুয়ের এই সরণকে ক্লুয়ের পিচ (pitch) বলে। যে বৃত্তাকার অংশটি চুবিয়ে কেলটিকে সামনে-পেছনে দেওয়া হয় সেটিকে সমান  $100$  ভাগে ভাগ করা হলে প্রতি এক ঘর ঘূর্ণনের জন্য কেলটি পিচের  $\frac{1}{100}$  ভাগের এক ভাগ অগ্রসর হয়। অর্থাৎ এই কেলে  $\frac{1}{100}\text{ mm} = 0.01\text{ mm}$  পর্যন্ত মাপা সম্ভব হতে পারে। এটাকে ক্লু পজের ন্যূনাক্ষ বলে।



চিত্র 1.07: চিত্রটিতে ভার্নিগার কেলমুক্ত স্লাইড ক্যালিপার্স এবং একটি ক্লুগজ দেখানো হলো।

আজকাল ভার্নিগার কেলের পরিবর্তে ডায়াল লাগানো কিংবা ডিজিটাল স্লাইড ক্যালিপার্স বের হয়েছে, যেটা দিয়ে সরাসরি নির্ধৃতভাবে দৈর্ঘ্য মাপা যায়।

### ১.৬.২ ব্যালেন্স (ভৱ মাপার ঘজ)

ভৱ সরাসৰি মাপা ঘায় না ভাই সাধাৰণত ঘজন মেপে দেখান থেকে ভৱটি বেৱ কৱা হয়। আমৰা যখন বলি কোনো একটা বস্তুৰ ঘজন 1 gms বা 1 kg তখন আসলে বোৰাই বস্তুটিৰ ভৱ 1 gms কিম্বা 1 kg. এক সময় বস্তুৰ ভৱ মাপার জন্য নিষ্ঠি ব্যবহাৰ কৱা হতো, যেখানে বাটৰ্খাৰার নিষ্ঠিটি ভৱেৱ সাথে বস্তুৰ ভৱকে ফুলনা কৱা হতো। আজকাল ইলেক্ট্ৰনিক ব্যালেন্সের (চিত্ৰ ১.০৮) ব্যবহাৰ অনেক বেড়ে গোছে। ব্যালেন্সেৰ ওপৰ নিষ্ঠিটি বস্তু রাখি হওলৈই ব্যালেন্সেৰ সেলৰ দেখান থেকে নিষ্ঠুতভাৱে ঘজনটি বেৱ কৱে দিতে পাৰে।



চিত্ৰ ১.০৮: ডিজিটাল ঘজন মাপার ঘজ।



চিত্ৰ ১.০৯: ধারা ঘড়ি বা স্টপ ঘয়াচ।

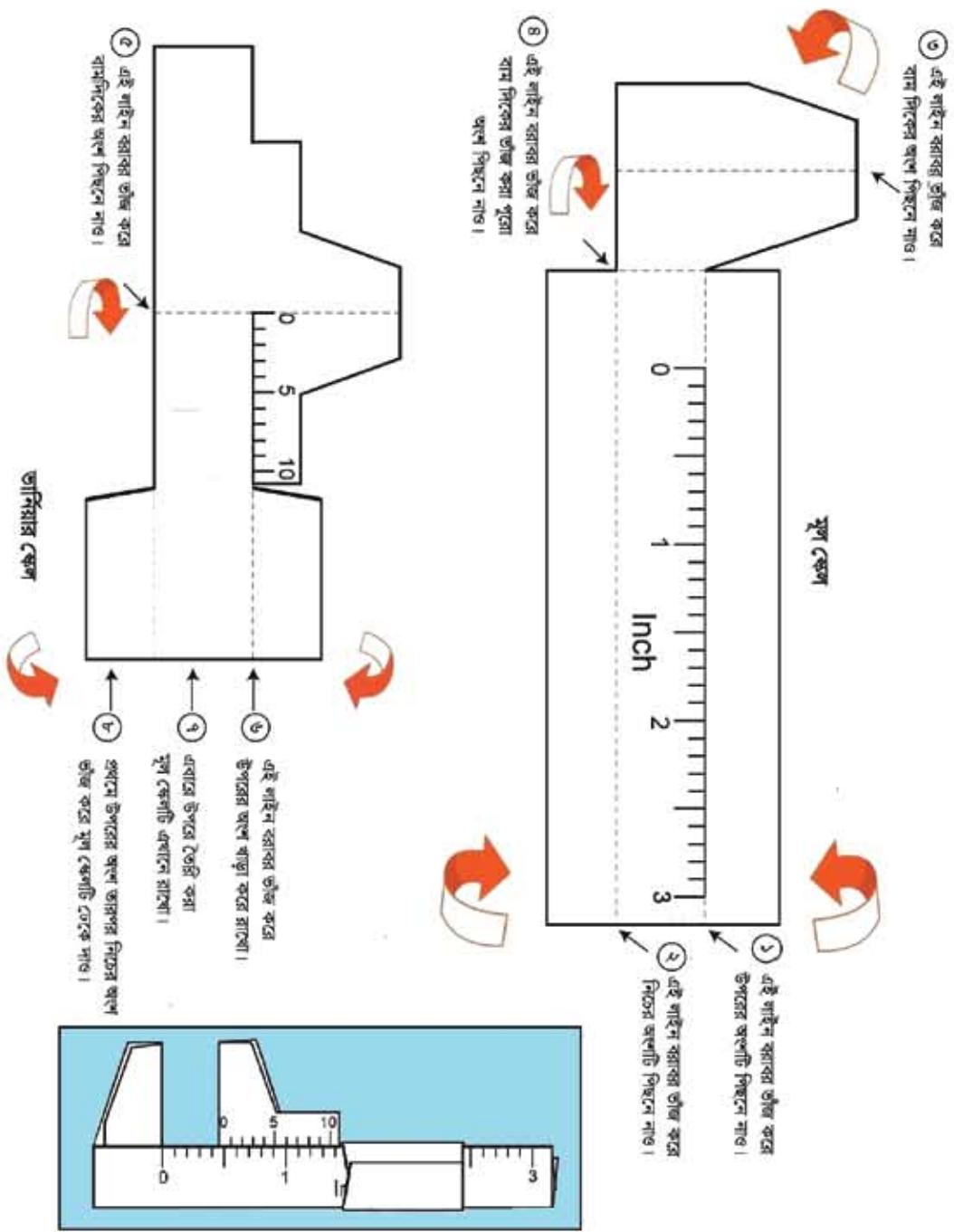
### ১.৬.৩ ধারা ঘড়ি (Stop Watch)

সময় মাপার জন্য স্টপ ঘয়াচ ব্যবহাৰ কৱা হয় (চিত্ৰ ১.০৯)। একসময় নিষ্ঠুত স্টপ ঘয়াচ অনেক মূল্যবান সামগ্ৰী হওলৈ, ইলেক্ট্ৰনিকসেৰ অত্ৰগতিৰ কাৰণে কুৰ অল্প দামেৰ মোবাইল টেলিফোনেও আজকাল অনেক সূচৰ স্টপ ঘয়াচ পাখৰা ঘায়। স্টপ ঘয়াচে যেকোনো একটি মুহূৰ্ত থেকে সময় মাপা শুৰু কৱা হয় এবং নিষ্ঠিটি সময় পাৰ হওয়াৰ পৰি সময় মাপা বন্ধ কৱে কতবৰি সময় অতিৰিক্ত হওলৈ সেটি বেৱ কৱে ফেলা ঘায়। যজাৰ ব্যাপার হচ্ছে, স্টপ ঘয়াচ যত নিষ্ঠুতভাৱে সময় মাপতে পাৰে আমৰা হাত দিয়ে কখনোই তত নিষ্ঠুতভাৱে এটা শুৰু কৱতে বা ধারাতে পাৰি না।



নিষ্ঠে কৱো

তোমাদেৱ সবাৰ কাছে স্লাইড ক্যালিপার্স ধাকাৰ সজাবনা কম কিন্তু তোমৰা ইচ্ছ কৱলে কাজ চালালোৰ মতো একটা স্লাইড ক্যালিপার্স ভৈৰি কৱে নিতে পাৰবে। ১.১০ চিত্ৰটি ফটোকপি কৱে নাও। তাৰপৰ চিত্ৰটিতে দেখালো উপৰে (1, 2, 3, ... ধাপশুলো কৱে) মূল ক্ষেত্ৰে এবং ভাৰ্নিংয়াৰ ক্ষেত্ৰে অংশটুকু কেটে নিয়ে ধেভাৰে দেখালো হওলৈ সেভাৰে তাঁজ কৱে জাৰপামতো বসিয়ে নাও। এখন এটা নিয়ে সূমি নিষ্ঠুতভাৱে কোনো কিন্তুৰ দৈৰ্ঘ্য মাপতে পাৰবে। স্লাইড ক্যালিপার্সটি ইঞ্জিনেৰ কাছেই সেটিমিটাৰে দৈৰ্ঘ্য পেতে হলৈ 2.54 দিয়ে গুণ কৱে নিতে হবে।



**ଚିତ୍ର ୧.୧୦:** କାଶକ ଦିଲୋ ନ୍ୟାଇକ କ୍ୟାଲିପାର୍ସ ତୈରି।



## অনুসন্ধান 1.01

**উদ্দেশ্য:** স্লাইড ক্যালিপার্স দিয়ে একটি যাচ বাজ্জ বা অন্য কিছুর দৈর্ঘ্য, প্রশ্ব ও উচ্চতা মেপে তাৰ আয়তন বেৱ কৰো। যদি তোমাৰ কাছে স্লাইড ক্যালিপার্স না থাকে তা হলে ১.10 টিঙ্গে দেখানো পদ্ধতিতে একটা স্লাইড ক্যালিপার্স তৈৰি কৰে নাও।

স্লাইড ক্যালিপার্সের সাহায্যে কোনো কিছুৰ দৈর্ঘ্য যাপতে হলে ছবিতে দেখানো উপায়ে সেটি স্লাইড ক্যালিপার্সের দুটি চোয়ালেৰ মাঝখানে রাখতে হয়। চোয়াল দুটিকে বস্তুটিৰ দুই পাশে শৰ্ষ কৰতে হয়।

এবাবে সাবধানে লক্ষ কৰো ভাৰ্নিয়াৱেৰ শূন্য দাগ মূল ক্ষেকলেৰ কোন দাগ অতিক্রম কৰেছে, সেটি হবে প্রথান ক্ষেকলেৰ পাঠ M। লক্ষ কৰো, মূল ক্ষেকলেৰ কোন দাগেৰ বেশি কাছে সেটি প্রথান ক্ষেকলেৰ পাঠ নয়, কোন দাগটি সম্পূর্ণ অতিক্রম কৰেছে সেটি মূল ক্ষেকলেৰ পাঠ M।

এই অবস্থার ক্ষেকলেৰ কোন দাগটি মূল ক্ষেকলেৰ ষেকোনো একটি দাপেৰ সাথে মিলে থাব সেটি নিৰ্ণয় কৰো—এটি হচ্ছে ভাৰ্নিয়াৱ সমগ্রাতন V। একাধিকবাৰ বস্তুটিৰ দৈর্ঘ্য যাপো। ছকে বসাও। একইভাৱে যাচ বাজ্জটিৰ প্রশ্ব এবং উচ্চতা যাপো।

**পৰিবেক্ষণ:** ভাৰ্নিয়াৱ ধূৰক বেৱ কৰো:

প্রথান ক্ষেকলেৰ স্ফুজতম এক ঘৱেৰ মান S = .....

ভাৰ্নিয়াৱ ক্ষেকলে মোট ভাগসংখ্যা n = .....

ভাৰ্নিয়াৱ ধূৰক VC = S/n = .....

**টেবিল 1.06: আয়তকাৰ বস্তুৰ দৈর্ঘ্য, প্রশ্ব ও উচ্চতা নিৰ্ণয়েৰ ছক:**

বস্তুৰ	পৰিবেক্ষণ সংখ্যা	মূল ক্ষেকল পাঠ M	ভাৰ্নিয়াৱ সমগ্রাতন V	ভাৰ্নিয়াৱ ধূৰক VC	পাঠ M + V × VC	গড় পাঠ
দৈর্ঘ্য L						
প্রশ্ব W						
উচ্চতা H						

## ୧.୭ ପରିମାପେର ତ୍ରୁଟି ଓ ନିର୍ଦ୍ଦୂଲତା (Error and Accuracy)

ତ୍ରୁଟି ଏକଟି ନେତିବାଚକ ଶବ୍ଦ ଏବଂ “ପରିମାପେ ତ୍ରୁଟି” ବଳୀ ହୁଲେ ଆମାଦେର ମାନେ ହୁଯ, ସେ ମାନୁଷଟି ପରିମାପ କରେଛେ ସେ ତାର ଦାଖିତ ସଠିକଭାବେ ପାଇନ ନା କରାଯ ଏକଟି ତ୍ରୁଟି ହେବେହେ । ବିଷୟଟି ତା ନମ୍ବ, ସେ ପରିମାପ କରଇ ତାର ଅବହେଲାର କାରଣେ କଥିନୋ କଥିନୋ ତ୍ରୁଟି ହତେ ପାରେ କିନ୍ତୁ ଆମାଦେର ଜ୍ଞାନରେ ହେବେ ସେ ଆମରା ସେ ସମ୍ଭାପନ ଦିଯେ ପରିମାପ କରି ସେବୁଲୋ କଥିନୋ ନିର୍ଦ୍ଦୂଲ ନମ୍ବ । କାହେଇ କତ୍ତୁକୁ ନିର୍ଦ୍ଦୂଲଭାବେ ପରିମାପ କରା ସମ୍ଭବ ତାର ଏକଟି ସୀମା ଆହେ ଅର୍ଥାତ୍ ପରିମାପେ ତ୍ରୁଟି ଥାକା ଖୁବି ଶ୍ୟାମାବିକ । ତବେ ପରିମାପ କତ୍ତୁକୁ ନିର୍ଦ୍ଦୂଲ ହେବେ ତାରଙ୍ଗ ଏକଟି ପରିମାପ ଥାକତେ ହୁଯ । କାହେଇ ଏକଟା ପରିକାର କରେ ପରିକାର କଲାକଳେର ନିର୍ଦ୍ଦୂଲଭାବେ ସମ୍ଭବ ସେଟି କତ୍ତୁକୁ ନିର୍ଦ୍ଦୂଲ ସେଟାଓ ଜ୍ଞାନିଯେ ଦିତେ ପାରିଲେ କଲାକଳେର ବିଶ୍ୱାସଯୋଗିତା ଅନେକ ବେଢେ ଥାଏ । ପରିକାର କଲାକଳେର ନିର୍ଦ୍ଦୂଲଭାବ ସେଇ କରାର ଜନ୍ମ କିନ୍ତୁ ପ୍ରାଚିଲିତ ନିଯମ ଜାନା ଥାକଲେ ତୋମରାଓ ତୋମାଦେର ପରିକାର କଲାକଳେର ନିର୍ଦ୍ଦୂଲଭାବ ଏକଟା ପରିମାପ ଦିତେ ପାରିବେ ।

ଥରା ଯାକ ତୁମି ଏକଟି କ୍ଲେଲ ଦିଯେ ବନ୍ଧୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପାଇ । ବନ୍ଧୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କତ ନିର୍ଦ୍ଦୂଲଭାବେ ମାପତେ ପାରିବେ ସେଟି ନିର୍ଭର କରେ ତୋମାର କ୍ଲେଲଟିତେ କତ ସୂଚିଭାବେ ଦାଗ କାଟା ହେବେହେ ତାର ଓପର । ସଦି ପ୍ରତି 1 cm ପର ପର ଦାଗ କାଟା ଥାକେ ତାହୁଲେ ଉତ୍ତରାଟି ଅବଶ୍ୟାଇ ତୁମି ନିର୍ଦିଷ୍ଟ ସଂଖ୍ୟକ cm ଏ ପ୍ରକାଶ କରିବେ । କିନ୍ତୁ ବନ୍ଧୁର ଅନୁକ୍ରମ ଦୈର୍ଘ୍ୟଟି ଯେ ବୁବୁଲୁ ସେଇ ସଂଖ୍ୟକ cm ହିଲ ତା କିନ୍ତୁ ନମ୍ବ, ସେଟି ସମ୍ଭବତ ଏଇ କାହାକାହି ହିଲ, କାହେଇ ତୋମାର ଯାପା ଦୈର୍ଘ୍ୟଟିର ଭେତର ଏକଟି ଅନିଚନ୍ଦ୍ରତା ଥାକା ସମ୍ଭବ, ସେ କାରଣେ ପ୍ରାଚିଲିତ ନିଯମେ ଆମରା ପ୍ରାକୃତ ଉତ୍ତରେ ଯାଏ କିମ୍ବା ଅନିଚନ୍ଦ୍ରତାକୁ ଘୋଷ କରେ ଦିଇ । ଅର୍ଥାତ୍ ଆମରା ସଦି ଦେଖି ଦୈର୍ଘ୍ୟ 4 ଏଇ କାହାକାହି ତାହୁଲେ ଆମରା ବଲବ ବନ୍ଧୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ:

$$4.0 \pm 0.5 \text{ cm}$$

ଅର୍ଥାତ୍ ବନ୍ଧୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 3.5 cm ଥିକେ 4.5 cm ଏଇ ଭେତର ଥେକୋନୋ ମାନ ହତେ ପାରେ ।

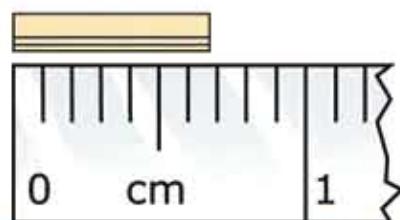


### ଡିଲାହରଣ

ପ୍ରଶ୍ନ : ୧.୧୧ ଡିଲିଟିକେ ଦେଖାଲୋ ବନ୍ଧୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କତ?

**ଉତ୍ତର :** ବନ୍ଧୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ  $7 \pm 0.5 \text{ mm}$  ଅର୍ଥାତ୍ ବନ୍ଧୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 6.5 mm ଥିକେ 7.5 mm ଏଇ ଭେତରେ ଥେକୋନୋ ମାନ ହତେ ପାରେ ।

ଏବାରେ ଆମରା ନିର୍ଦ୍ଦୂଲଭାବେ ପରିମାପ କରା ବାବ ସେଟା ଦିଯେ ଆଲୋଚନା କରତେ ଥାଏ । ନିର୍ଦ୍ଦୂଲଭାବ ଏକଟା ପରିମାପ ହେବେ ତୁର୍କାନ୍ତ ତ୍ରୁଟି (absolute



ଚିତ୍ର ୧.୧୧: କ୍ଲେଲ ପାଇଁ ବନ୍ଧୁଟିର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 7 mm ଏଇ କାହାକାହି ।

error)। নামটি দেখেই বোঝা যাচ্ছে এটি হচ্ছে প্রকৃত মানের তুলনায় পরিমাপ করা মাপের পার্থক্যটুকু। তোমরা নিশ্চয়ই বুঝতে পারছ আমরা যখন পরিমাপ করি তখন প্রকৃত মানটি আসলে জানি না। তাই চূড়ান্ত ত্রুটি হিসেবে আমরা সবচেয়ে বেশি সম্ভাব্য ত্রুটিকেই ব্যবহার করি। অর্থাৎ আমাদের আগের উদাহরণে চূড়ান্ত ত্রুটি হচ্ছে

$$|\pm 0.5 \text{ mm}| = 0.5 \text{ mm}$$

চূড়ান্ত ত্রুটির পর আমরা Relative Error বা আপেক্ষিক ত্রুটির বিষয়টি দেখতে পারি। ধরা যাক কোনো দৈর্ঘ্য মাপতে গিয়ে আমাদের  $\pm 0.5 \text{ mm}$  ত্রুটি হয়। বস্তুটির দৈর্ঘ্য যদি  $1 \text{ mm}$  হয় তাহলে এই ত্রুটিটি খুবই গুরুতর কিন্তু দৈর্ঘ্যটি যদি  $1 \text{ m}$  হয় তাহলে পরিমাপটি যথেষ্ট নির্ভুল। এই বিষয়টুকু বোঝানোর জন্য আপেক্ষিক ত্রুটি বা Relative Error এর ধারণা আনা হয়েছে।

#### অর্থাৎ

$$\text{আপেক্ষিক ত্রুটি} = \text{চূড়ান্ত ত্রুটি}/\text{পরিমাপ করা মান}$$

কাজেই আমাদের আগের উদাহরণে:

$$\text{আপেক্ষিক ত্রুটি হচ্ছে: } 0.5 \text{ mm} / 7 \text{ mm} = 0.071$$

$$\text{শতাংশের হিসাবে এটি হচ্ছে } 0.071 \times 100 = 7.1\%$$

**প্রশ্ন:** ধরা যাক বর্গাকৃতি একটা বইয়ের দৈর্ঘ্য পরিমাপ করে তুমি  $10 \text{ cm}$  পেয়েছ। ধরা যাক পরিমাপে  $10\%$  আপেক্ষিক ত্রুটি হয়েছে। বস্তুটির ক্ষেত্রফলে আপেক্ষিক ত্রুটি কত?

**উত্তর:** বস্তুটির পরিমাপ করা ক্ষেত্রফল  $10 \times 10 = 100 \text{ cm}^2$

যেহেতু বস্তুটির আপেক্ষিক ত্রুটি  $10\%$  কাজেই তার দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা হলে সবচেয়ে কম  $9 \text{ cm}$  এবং সবচেয়ে বেশি  $11 \text{ cm}$  হতে পারে।

কাজেই ক্ষেত্রফল,

$$\text{সবচেয়ে কম } 9 \text{ cm} \times 9 \text{ cm} = 81 \text{ cm}^2 \text{ এবং}$$

$$\text{সবচেয়ে বেশি } 11 \text{ cm} \times 11 \text{ cm} = 121 \text{ cm}^2 \text{ হতে পারে।}$$

কাজেই চূড়ান্ত ত্রুটি:

$$|100 \text{ cm}^2 - 81 \text{ cm}^2| = 19 \text{ cm}^2$$

$$\text{অথবা } |121 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm}^2| = 21 \text{ cm}^2$$

যেহেতু দুটি সমান নয় আমরা বড়টি নিই অর্থাৎ চূড়ান্ত ত্রুটি  $21 \text{ cm}^2$

কাজেই আপেক্ষিক ত্রুটি  $21 \text{ cm}^2 / 100 \text{ cm}^2 = 0.21$

শতাংশের হিসাবে  $0.21 \times 100 = 21\%$

অর্থাৎ দৈর্ঘ্যের পরিমাপে 10% ত্রুটি হলে ক্ষেত্রফলের বেলায় সেটি হবে প্রায় দ্বিগুণ। একইভাবে তুমি দেখাতে পারবে আয়তন মাপা হলে তার ত্রুটি হবে তিনি গুণ!

**প্রশ্ন:** তুমি একটি বাল্ব একটি বুলার দিয়ে মেপেছ যেখানে শুধু cm দিয়ে দাগ। তুমি বাল্বটির দৈর্ঘ্য প্রস্থ এবং উচ্চতা হিসেবে পেয়েছ  $10 \text{ cm}, 5 \text{ cm}, 4 \text{ cm}$ , তোমার মাপে কত শতাংশ ত্রুটি আছে?

**উত্তর:** যেহেতু তোমার বুলারে শুধু cm দাগ দেওয়া কাজেই তোমার ত্রুটি  $\pm 0.5 \text{ cm}$  কাজেই তোমার মাপের ত্রুটি:

দৈর্ঘ্য  $10 \pm 0.5 \text{ cm}$

প্রস্থ  $5 \pm 0.5 \text{ cm}$

উচ্চতা  $4 \pm 0.5 \text{ cm}$

তোমার মাপা আয়তন:  $10 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} = 200 \text{ cm}^3$

সন্তান্য সবচেয়ে ছোট আয়তন:

$$(10 - 0.5) \text{ cm} \times (5 - 0.5) \text{ cm} \times (4 - 0.5) \text{ cm} = 149.625 \text{ cm}^3$$

সন্তান্য সবচেয়ে বড় আয়তন:

$$(10 + 0.5) \text{ cm} \times (5 + 0.5) \text{ cm} \times (4 + 0.5) \text{ cm} = 259.875 \text{ cm}^3$$

কাজেই আয়তন  $149.625 \text{ cm}^3 < V < 259.875 \text{ cm}^3$

চূড়ান্ত ত্রুটি:

$$149.625 \text{ cm}^3 \text{ থেকে } 200 \text{ cm}^3 \text{ হচ্ছে } 200 \text{ cm}^3 - 149.625 \text{ cm}^3 = 50.375 \text{ cm}^3$$

$$200 \text{ cm}^3 \text{ থেকে } 259.875 \text{ cm}^3 \text{ হচ্ছে } 259.875 \text{ cm}^3 - 200 \text{ cm}^3 = 59.875 \text{ cm}^3$$

আমরা বড়টি নিই: অর্থাৎ চূড়ান্ত ত্রুটি  $59.875 \text{ cm}^3$

আপেক্ষিক ত্রুটি:  $59.875 \text{ cm}^3 / 200 \text{ cm}^3 \times 100 = 29.9375\% \cong 30\%$

## অনুশীলনী



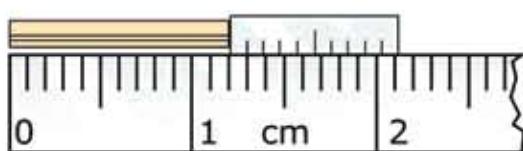
### সাধারণ প্রশ্ন

- আমরা কেন পদার্থবিজ্ঞান পড়ব—এ সকার্কে একটি প্রতিবেদন রচনা কর।
- “বিশ্ব শতাব্দীতে পদার্থবিজ্ঞানের বিস্তারকর অবগতি ঘটে”—উদাহরণসহ এর পক্ষে যুক্তি দাও।
- (ক) রাশি বলতে কী বোঝায়? (খ) মৌলিক রাশি ও সম্পূর্ণ রাশির মধ্যে পর্যবেক্ষণ নির্দেশ কর।
- (ক) এককের আন্তর্জাতিক পদ্ধতিতে কোন কোন রাশিকে মৌলিক রাশি ধরা হয়েছে?  
(খ) এই সকল রাশির এককের নামগুলো কী?
- যাজ্ঞ বলতে কী বুঝা?
- যুক্তিকর, পরীক্ষা-নিরীক্ষা এবং পর্যবেক্ষণ এই তিনটি পদ্ধতির কোনটিকে ভূমি বিজ্ঞান পরেষণার জন্য সবচেয়ে পূর্ণপূর্ণ মনে করো? কেন?
- সান্ততি SI এককের একটি অন্যগুলো থেকে একটু অন্য রকম। কোনটি এবং কেন বলতে পারবে?
- যদি হাঁটাং করে তোমার এবং তোমার চারপাশের সবকিছুর সাইজ অর্থেক হয়ে যায় ভূমি কি বুঝতে পারবে?
- ভূমি কি পৃথিবীর ব্যাসার্ধ মাপতে পারবে?



### গাণিতিক প্রশ্ন

- টেবিল 1.5 এর উপর্যুক্ত ব্যবহার করে নিচের সংখ্যাগুলো প্রকাশ করো:  
(ক)  $10^{12}$  Flops (খ)  $10^9$  bytes (গ)  $10^{-3}$  gm (ঘ)  $10^{-9}$  s (ঙ)  $10^{-18}$  m
- এক বছরে কত সেকেন্ড? (মজা করার জন্য  $\pi$  দিয়ে প্রকাশ করো)
- এক আলোকবর্ষের দূরত্ব কত মিটার?
- একটি জার্নিয়ার ক্ষেত্রে একটি দড়ের দৈর্ঘ্য মাপার সময় 1.12 চিঠ্ঠীর মতো দেখা গেছে।  
সততির দৈর্ঘ্য কত?
- শক্তির মাত্রা  $ML^2T^{-2}$ , SI ইউনিটে এর  
একক কত?



চিত্র 1.12: জার্নিয়ার ক্ষেত্রের রিডিং।



বন্ধুনির্বাচনি পত্ৰ

সঠিক উত্তরটির পাশে ঠিক (✓) চিহ্ন দাও:

- কোয়ার্টাম তত্ত্ব প্রথম কে প্রদান করেন?
 

(ক) প্ল্যাঞ্জ  
(খ) আইনস্টাইন  
(গ) গাদারফোর্ড  
(ঘ) হাইজেনবার্গ
  - বোজন কার নাম থেকে এসেছে?
 

(ক) জগদীশচন্দ্ৰ বসু  
(খ) সুভাষচন্দ্ৰ বসু  
(গ) সত্যেন্দ্ৰনাথ বসু  
(ঘ) শ্রীনিবাস বসু
  - নিচের কোনটি মৌলিক রাশি নয়?
 

(ক) ভর  
(খ) তাপ  
(গ) তড়িৎ প্রবাহ  
(ঘ) পদার্থের পরিমাণ
  - একটি দণ্ডকে স্লাইড ক্যালিপার্সে স্থাপনের পর যে পাঠ পাওয়া গেল তা হচ্ছে প্রাথমিক দেক্ক পাঠ  
 $4\text{ cm}$ , ভার্সিয়ার সমগ্রাতন  $7$  এবং ভার্সিয়ার ধূবৰ্ক  $0.1\text{ mm}$ , দণ্ডটির দৈর্ঘ্য কত?
 

(ক)  $4.07\text{ cm}$   
(খ)  $4.7\text{ cm}$   
(গ)  $4.07\text{ cm}$   
(ঘ)  $4.7\text{ mm}$

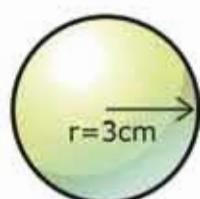
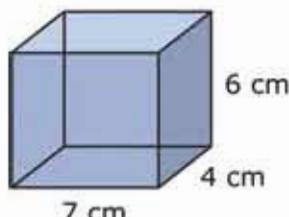
পাশের চিত্র থেকে ৫ এবং ৬ নম্বর প্লাটের উভয় দাও:

5. ଏ ଟିଆଟିର ଆସତନ:

  - (କ)  $\frac{1}{3}\pi r^3$
  - (ଖ)  $\frac{4}{3}\pi r^3$
  - (ଗ)  $\frac{3}{4}\pi r^3$
  - (ଘ)  $\pi r^3$

6. କ ଓ ଏ ଟିଆର ଆସତନେର ଅନୁପାତ:

  - (କ) 1 : 0.673
  - (ଖ) 1 : 0.0673
  - (ଗ) 1 : 0.763
  - (ଘ) 1 : 0.637



**ठिक 1.13:** एकटि द्रुक एवर एकटि शोषक।



## সূজনশীল প্রক্ষেপণ

১. গ্রাশেদ ভাস্তু সম্ম কেনা ক্ষেত্র দিয়ে পেনসিলের দৈর্ঘ্য মেপে বলল পেনসিলটির দৈর্ঘ্য  $11.73\text{ cm}$ । ভাস্তু বন্ধু সূজন বলল এই পরিমাপ সঠিক নাও হতে পারে। গ্রাশেদ বলল যে এই ক্ষেত্র দিয়ে কয়েকবার পরিমাপ করে একই ফল পেয়েছে। তারা শিক্ষকের কাছে শেলে শিক্ষক ভাস্তুর  $0.005\text{ cm}$  ভার্নিয়ার ধূৰ্বকবিশিষ্ট ভার্নিয়ার ক্ষেত্র ব্যবহার করতে বললেন। গ্রাশেদ ভার্নিয়ার ক্ষেত্রের সাহায্যে সঠিক দৈর্ঘ্য পরিমাপ করল।

- (ক) ভার্নিয়ার ধূৰ্বক কী?
- (খ) কোনো রাশির পরিমাপ প্রকাশ করতে এককের প্রয়োজন হয় কেন?
- (গ) ব্যবহৃত ভার্নিয়ার ক্ষেত্রের কত ভাগ অধিক ক্ষেত্রের কত ভাগের সামান নির্ণয় করো।
- (ঘ) গ্রাশেদের প্রথম দৈর্ঘ্য পরিমাপ সঠিক পরিমাপের সাথে সঙ্গতিপূর্ণ হিল না যুক্তি সহকারে দেখ।

২. বিজ্ঞান শিক্ষক গুপ্তি সাহেব পদাৰ্থবিজ্ঞান ড্রাইসে ছাত্র-ছাত্রীদের একটি বাল্ল এবং একটি বুলার দিয়ে বাজ্জটির আয়তন নির্ণয় করতে বললেন। ছাত্র-ছাত্রীরা লক্ষ কৰল, বুলারে  $3\text{ cm}$  পর্যন্ত মাপা যাব। ছাত্র-ছাত্রীরা বুলার দিয়ে বাজ্জটির দৈর্ঘ্য, প্রস্থ এবং উচ্চতা হিসেবে ঘৰাঙ্কমে  $20\text{ cm}$ ,  $15\text{ cm}$  এবং  $10\text{ cm}$  পেল।

- (ক) মাঝা কী?
- (খ) প্রজন ও ভৱ কেন একই ধৰনের রাশি নয়?
- (গ) বাজ্জটির আয়তন পরিমাপে আপেক্ষিক তুটি কত শতাংশ নির্ণয় করো।
- (ঘ) এই বুলারটি বইয়ের ক্ষেত্ৰফল মাপাৰ জন্য ঠিক আছে, কিন্তু ঘৰেৰ ক্ষেত্ৰফল মাপাৰ জন্য ঠিক নেই, উক্তি বিশ্লেষণ করো।

# বিতীয় অধ্যায়

## গতি

### (Motion)



আমাদের চারপাশে অনেক ধরনের গতি রয়েছে। একজন বখন সাইকেল চালিয়ে যাও সেটি একধরনের গতি, বখন একটি পাড়ি বা সেটিও একধরনের গতি। বখন ফ্লেন উড়ে বাঁচ সেটিও গতি, পৃথিবী যখন সূর্যের চারদিকে ঘূরে সেটিও একটি গতি। ঝুলন্ত একটি বাতি যখন দূরতে থাকে সেটিও গতি, রাইফেল থেকে যখন বুলেট বের হয় সেটিও গতি। আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় এই নানা ধরনের গতি বৃক্ষ সব ভিন্ন ভিন্ন ধরনের গতি, কিন্তু তোমরা জেনে খুবই অবাক এবং খুশি হবে যে একেবারে অল্প করেকটি রাখি দিয়ে এই সবগুলোকে ব্যাখ্যা করা সম্ভব।

এই অধ্যায়ে সেই রাশিগুলো, তাদের একক, যাত্রা এবং একের সাথে অন্যের কী সম্পর্ক সেগুলো আলোচনা করা হবে।



## ଏ ଅଧ୍ୟାୟ ପାଠ ଶେବେ ଆମରା

- ସିଦ୍ଧି ଓ ଗତି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରତେ ପାରବ ।
- ବିଭିନ୍ନ ଧକ୍କାର ପତିର ମଧ୍ୟେ ପାର୍ଦ୍ଦକ୍ୟ କରତେ ପାରବ ।
- କ୍ଲେଶର ଓ ଡେଟର ରାଶି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରତେ ପାରବ ।
- ଗତି ସଂପର୍କିତ ରାଶିମୁହଁର ମଧ୍ୟେ ପାରମାରିକ ସଂପର୍କ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରତେ ପାରବ ।
- ବାଧାହିନ ଓ ମୃଦୁତାବେ ପଢ଼ନ୍ତ ବନ୍ଦୁର ଗତି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରତେ ପାରବ ।
- ଲେଖଚିତ୍ରର ସାହାଯ୍ୟେ ଗତି ସଂପର୍କିତ ରାଶିମୁହଁର ମଧ୍ୟେ ସଂପର୍କ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରତେ ପାରବ ।
- ଆମାଦେର ଜୀବନେ ପତିର ଥିବା ଉପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କରତେ ପାରବ ।

## 2.1 স্থিতি এবং গতি (Rest and Motion)

আমাদের চারপাশে যা কিছু আছে তার মাঝে কোনটি স্থির বা স্থিতিশীল এবং কোনটি চলমান বা গতিশীল সেটি বুঝতে আমাদের কখনো অসুবিধা হয় না। আমাদের চোখ দিয়ে আমরা এমনভাবে দেখি যে, কোনো কিছু একটুখানি নড়লেই আমরা চট করে সেটা ধরে ফেলতে পারি। কাজেই স্থিতি বা গতি বলতে কী বোঝায় সেটি আমরা খুব চমৎকারভাবে অনুভব করতে পারি। কিন্তু পদার্থবিজ্ঞানের জন্য শুধু অনুভব করা যথেষ্ট নয়, সেটাকে ভালোভাবে সংজ্ঞায়িত করতে হয়। সেটি করার জন্য আমরা এক কথায় বলতে পারি যে, সময়ের সাথে কোনো কিছুর অবস্থানের যদি পরিবর্তন না হয় তাহলে সেটি স্থির, আর যদি অবস্থানের পরিবর্তন হয় তাহলে সেটি গতিশীল।

এখন আমাদের ‘অবস্থান’ শব্দটির ভালো করে ব্যাখ্যা করা দরকার। আমাদের দৈনন্দিন কথাবার্তায় আমরা নানাভাবে অবস্থান শব্দটি ব্যবহার করলেও পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় অবস্থান শব্দটির একটি সুনির্দিষ্ট অর্থ রয়েছে। যেমন তোমাকে যদি জিজেস করা হয় তোমার স্কুলের অবস্থান কোথায় এবং তুমি যদি উত্তর দাও ‘বিলটুলি’তে তাহলে উত্তরটি সঠিক হলেও স্কুলের অবস্থানটি কিন্তু জানা গেল না। তুমি যদি উত্তর দাও, তোমার স্কুলটি তোমার বাসার গেট থেকে এক কিলোমিটার দূরে, তাহলেও কিন্তু স্কুলের অবস্থান জানা গেল না। তোমার বাসার গেটটি কোথায় সেটি আমাদের জানা থাকলেও আমরা বলতে পারব না স্কুলটি সেখান থেকে ঠিক কোন দিকে এক কিলোমিটার দূরে। কিন্তু তুমি যদি বলো স্কুলটি তোমার বাসার গেট থেকে পূর্ব দিকে এক কিলোমিটার দূরে তাহলেই শুধু আমরা সুনির্দিষ্টভাবে তোমার স্কুলের অবস্থানটি জানতে পারব। অর্থাৎ স্কুলের অবস্থান জানার জন্য দূরত্ব এবং দিক দুটিই সুনির্দিষ্টভাবে জানতে হয়। শুধু তাই নয়, সেই দূরত্ব এবং দিকটি নির্দেশ করতে হয় একটি নির্দিষ্ট বিন্দু বা প্রসঙ্গ বিন্দুর অবস্থান থেকে। তোমার স্কুলের বেলায় প্রসঙ্গ বিন্দু (origin) ছিল তোমার বাসার গেট। সেটি তোমার বাসার গেট না হয়ে একটা বাস স্টপ কিংবা একটা শপিং মল হতে পারত। তাহলে অবশ্যই দূরত্ব এবং দিকটির ভিন্ন মান হতো কিন্তু অবস্থানটি অবশ্যই এই নতুন প্রসঙ্গ বিন্দুর সাপেক্ষে বলে দিতে পারতাম। অর্থাৎ কোনো কিছুর অবস্থান বলতে হলে সেটি বলতে হয় কোনো একটি প্রসঙ্গ বিন্দুর সাপেক্ষে। এই প্রসঙ্গ বিন্দুটি চূড়ান্ত কোনো বিষয় নয়, আমরা আমাদের সুবিধা অনুযায়ী যেকোনো বিন্দুকে প্রসঙ্গ বিন্দু বা মূল বিন্দু হিসেবে ধরতে পারি।

এখন প্রশ্ন হচ্ছে অবস্থান নির্দিষ্ট করার জন্য আমাদের যে প্রসঙ্গ বিন্দু বা মূল বিন্দু ধরে নিতে হয় সেই বিন্দুটি কি স্থির একটি বিন্দু হওয়া প্রয়োজন? ধরা যাক তোমার সামনে আরেকজন চেয়ারে স্থির হয়ে বসে আছে। তোমার চেয়ারটাকে যদি প্রসঙ্গ বা মূল বিন্দু ধরে নিই তাহলে নিশ্চিতভাবে বলা যেতে পারে তোমার বন্ধুর অবস্থানের কোনো পরিবর্তন হচ্ছে না।

কিন্তু যদি এমন হয় তোমরা আসলে চলন্ত একটি ট্রেনে বসে আছ তাহলে কী হবে? ট্রেনের বাইরে স্টেশনে দাঁড়িয়ে থাকা একজন মানুষ বলবে, তুমি কিংবা তোমার বন্ধু দুজনেই গতিশীল, কেউ স্থির নয়! তাহলে কার কথাটি সত্যি? তোমার, নাকি স্টেশনে দাঁড়িয়ে থাকা মানুষটির? আসলে তোমার কিংবা স্টেশনে দাঁড়িয়ে থাকা মানুষটির, দুজনের কথাই সত্যি! তার কারণ মূল বিন্দু বা প্রসঙ্গ বিন্দু যদি সমবেগে চলতে থাকে তাহলে আমরা কখনোই জোর দিয়ে বলতে পারব না যে প্রসঙ্গ বিন্দুটি কি সমবেগে চলছে নাকি এটা আসলে স্থির এবং অন্য সবকিছু উল্লেখ দিকে সমবেগে চলছে! কাজেই আমরা বলতে পারি যদি কোনো একটি মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন হয় তাহলে সেই বস্তুটি ঐ বিন্দুর সাপেক্ষে গতিশীল। মূল বিন্দুটি কি আসলে স্থির নাকি সমবেগে চলছে সেটি নিয়ে আমরা মাথা ঘামাব না। সেটি গুরুত্বপূর্ণ নয়, তার কারণ সব গতিই আপেক্ষিক।

শুধু তাই নয়, আমরা যদি সত্যিকারের স্থির কোনো একটি প্রসঙ্গ বিন্দু খুঁজে বেড়াই তাহলে বিপদে পড়ে যাব। পৃথিবীর পৃষ্ঠে কোনো কিছুকে মূল বিন্দু ধরে নিলে একজন আপন্তি করে বলতে পারে পৃথিবী তো স্থির নয় সেটা নিজের অক্ষের উপর ঘূরছে কাজেই পৃষ্ঠের সবকিছু ঘূরছে। আমরা বুদ্ধি করে বলতে পারি পৃথিবীর কেন্দ্র হচ্ছে মূল বিন্দু। তখন আরেকজন আপন্তি করে বলতে পারে যে সেটাও স্থির নয়, সেটি সূর্যের চারদিকে ঘূরছে। আমরা তখন আরো বুদ্ধি খরচ করে বলতে পারি সূর্যের কেন্দ্রবিন্দুটিই হোক মূল বিন্দু! তখন অন্য কেউ আপন্তি করে বলতেই পারে সূর্যও তো স্থির নয়, সেটাও তো আমাদের গ্যালাক্সির (বাংলায় নামটি ছায়াপথ, ইংরেজিতে Milky Way) কেন্দ্রকে ঘিরে ঘূরছে। বুঝতেই পারছ তখন কেউ আর সাহস করে গ্যালাক্সির কেন্দ্রকে মূল বিন্দু বলবে না! গ্যালাক্সি বিশ্বব্রহ্মাণ্ড স্থির কে বলেছে? শুধু তাই নয়, গ্যালাক্সির কেন্দ্রবিন্দুকে মূল বিন্দু ধরা হলে পৃথিবী পৃষ্ঠের একটা অবস্থান বর্ণনা করতে আমরা কী পরিমাণ জটিলতায় পড়ে যাব কেউ চিন্তা করেছ?

আসলে এত জটিলতার কোনো প্রয়োজন নেই, আমাদের কাজ চালানোর জন্য আমাদের কাছে স্থির মনে হয় এরকম যেকোনো বিন্দুকে মূল বিন্দু ধরে সব কাজ করে ফেলতে পারব, শুধু বলে নিতে হবে সব মাপজোখ এই মূল বিন্দুর সাপেক্ষে করা হয়েছে। বিজ্ঞানীরা এভাবে পরমাণুর ভেতরে নিউক্লিয়াস থেকে শুরু করে মহাকাশে পাঠানো উপগ্রহ সবকিছুর মাপজোখ করে ফেলতে পারেন, কখনো কোনো সমস্যা হয়নি!

## 2.2 বিভিন্ন প্রকার গতি (Different Types of Motion)

আমরা আমাদের চারপাশে অনেক রকম গতি দেখতে পাই, কোনো কিছু নড়ছে, কোনো কিছু কাঁপছে, কোনো কিছু ঘূরছে, কোনো কিছু সরে যাচ্ছে—এই সবই হচ্ছে নানা রকম গতির উদাহরণ। সম্ভাব্য গতির কোনো শেষ নেই কিন্তু আমরা ইচ্ছে করলে কিছু কিছু কিছু গুরুত্বপূর্ণ গতির কথা আলাদা করে বলতে পারি।

### সরলরৈখিক গতি (Linear Motion)

এটি সবচেয়ে সহজ গতির উদাহরণ। কোনো কিছু যদি সরলরেখায় যাব তাহলে তার গতিটি হচ্ছে সরলরৈখিক গতি। কোনো কিছুকে সমতলপৃষ্ঠে ধাকা দিয়ে ছেড়ে দিলে সেটা সরলরেখায় যেতে থাকে। একটা বলকে উপর থেকে ছেড়ে দিলে সেটা সোজা নিচের দিকে পড়ে, কাজেই সেটাও রৈখিক গতি।

### বৃৰ্ণ গতি (Circular Motion)

কোনো কিছু যদি একটা নিশ্চিত বিন্দুর সমদ্রব্যে থেকে ঘূরতে থাকে তাহলে সেটাকে বলে বৃৰ্ণ গতি। বৈদ্যুতিক পাখা, ঘড়ির কাঁটা এগুলো বৃৰ্ণ গতির উদাহরণ হচ্ছেও চমকপাদ একটা উদাহরণ হচ্ছে আকাশের চাঁদ। চাঁদকে কোনো কিছু দিয়ে পৃথিবীর সাথে বেঁধে রাখা নেই তবু এটা পৃথিবীকে দিয়ে ঘূরছে, শুধু তাই নয়, এটা টুপ করে পৃথিবীতে পড়েও বাঁচে না।

### চলন গতি (Translational Motion)

কোনো কিছু যদি অভনভাবে চলতে থাকে যেন বস্তুর সকল কণা একই সময় একই দিকে যেতে থাকে তাহলে সেটা হচ্ছে চলন গতি। আমরা আমাদের চারপাশে মাঝে মাঝে এরকম অনেক উদাহরণ দেখতে পাই। কোনো কিছু যখন সোজা (রৈখিক গতি) যাব তখন তার উদাহরণ দেখা খুব সহজ। গাড়ির সূর্ণায়মান চাকা বিবেচনায় না আনলে সোজা এগিয়ে যাওয়া একটা গাড়ি চলন গতির উদাহরণ, তখন গাড়ির প্রতিটি বিন্দু একই সময় একই দিকে একই দূরত্ব অভিক্রম করছে।



চিত্র 2.01: চলন গতির উদাহরণ

চলন গতি সোজা হতেই হবে এমন কোনো বাস্তবাধিকতা নেই কিন্তু আঁকাবাঁকা পথে চলন গতির উদাহরণ সহজে পাওয়া যাবে না। একটা প্লেনের প্রতিটি বিন্দুকে একই গতিপথে যেতে হলে সেটিকে কীভাবে যেতে হবে 2.01 চিত্রে দেখানো হয়েছে। দেখেই বুঝতে পারছ আঁকাবাঁকা চলন গতি পাওয়া কেন এত কঠিন।

### পর্যায়বৃত্ত গতি (Periodic Motion)

কোনো গতিশীল বস্তু যদি নির্দিষ্ট সময় পর পর একটি নির্দিষ্ট বিন্দু দিয়ে একই দিকে একইভাবে অভিক্রম করে তাহলে সেটাকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলা যাব। আমাদের হৃৎপিণ্ডের শব্দন পর্যায়বৃত্ত কারণ সেটি নির্দিষ্ট সময় পর পর একইভাবে একই দিকে স্পন্দিত বা গতিশীল হয়। পর্যায়বৃত্ত গতি বৃত্তাকার (ক্যানেল পাথ), উপবৃত্তাকার (সূর্যকে ঘিরে ঘূর্ণির ধূমকেতুর কক্ষপথ), কিংবা সরলত্বাতিক (চিংহয়ে ঝুলিয়ে রাখা দূলতে থাকা বস্তু) হতে পারে। ঘূর্ণন গতি একটি বিশেষ ধরনের পর্যায়বৃত্ত গতি।



চিত্র 2.02: সোলনা সরল শব্দন গতির একটি উদাহরণ

### সরল শব্দন গতি (Simple Harmonic Motion)

একটি বিশেষ ধরনের পর্যায়বৃত্ত গতি হচ্ছে সরল শব্দন গতি। শব্দন গতির বেশায় একটি নির্দিষ্ট বিন্দুর মুঠি পাশে বন্ধুটি স্পন্দিত হয়। বন্ধুটি একেবারে স্থির অবস্থা থেকে শুরু করে ধীরে ধীরে গতিশীল হয়। কেজলবিন্দুতে সর্বোচ্চ গতিতে পৌঁছায় তখন এর গতি কমতে থাকে। গতি কমতে কমতে এটি এক সময় থেমে যাব তখন এটি পতিপথ পরিবর্তন করে বিপরীত দিকে গতিশীল হয়। বিপরীত দিকে সর্বোচ্চ গতিশীল হওয়ার পর আবার এর গতি কমতে থাকে, এক সময় গুরোপুরি থেমে আবার আগের দিকে ধীরে ধীরে গতিশীল হয় এবং এভাবে চলতেই থাকে।

আমাদের চারপাশে শব্দন গতির অসংখ্য উদাহরণ রয়েছে। যিঁৎ থেকে দুলিরে দেশেয়া একটা বন্ধুর গতি হচ্ছে শব্দন গতি। সোলনায় দূলতে থাকা শিশু (চিত্র 2.02) কিংবা ঘাড়ির পেছুলায় এর উদাহরণ। আমরা যখন কথা বলি তখন বাতাসের অধু এই গতি দিয়ে শব্দকে সামনে এগিয়ে নিয়ে যাব। আমরা এতক্ষণ বিশেষ করেক ধরনের গতির কথা বলেছি, কিন্তু এই গতিগুলোর কারণটি কোথাও বলিনি। পদার্থবিজ্ঞানের সবচেয়ে বড় সাফল্য হচ্ছে যে, এটি শুরু হে বন্ধুর বিচ্চি গতির কারণটি খুঁজে বের করবে তা নহ এর গতিটি সুনির্দিষ্টভাবে ব্যাখ্যা করতে পারবে।

তুমি কি গতির কারণটি অনুমান করতে পারবে?

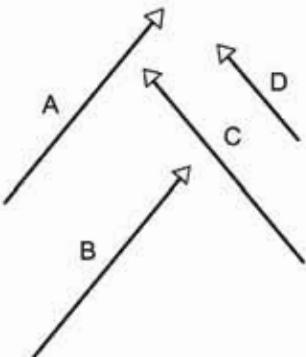
## ২.৩ স্কেলার ও ভেক্টর বাণি (Scalars and Vectors)

আমাদের পরিচিত জগতে আমরা যা কিছু পরিমাপ করতে পারি সেটাই বাণি—আনন্দ কিংবা দুঃখ বাণি নয় কিন্তু তাপমাত্রা বাণি। তার কারণ আনন্দ কিংবা দুঃখকে মেপে একটা মান দেওয়া যায় না কিন্তু তাপমাত্রা মেপে মান দেওয়া সম্ভব। তোমার শরীরের তাপমাত্রা  $37^{\circ}\text{C}$  কিংবা  $98.4^{\circ}\text{F}$ । তাপমাত্রা বোর্বানোর জন্য একটি সংখ্যা বললেই চলে কিন্তু অনেক বাণি আছে, যেগুলোকে একটি সংখ্যা দিয়ে পুরোপুরি প্রকাশ করা যায় না, হয় তার মানের সাথে একটা দিক বলে দিতে হয়, কিংবা একাধিক মান বলে দিতে হয় যেন সেগুলো খিলিয়ে তার মান এবং দিক দুটোই নির্দিষ্ট করে দেওয়া যায়। অবস্থান হিল সে রকম একটি বাণি, সেটা বোর্বানোর জন্য আমাদের শুধু দূরত্ব দিয়ে কাজ হলেনি, তার দিকটিও নির্দেশ করতে হয়েছিল। কাজেই যে বাণি শুধু একটি সংখ্যা দিয়ে প্রকাশ করা যায় সেটা হচ্ছে স্কেলার আর যেটা প্রকাশ করার জন্য একটা দিকও (চিত্র ২.০৩) বলে দিতে হয়, সেটা হচ্ছে ভেক্টর।

তাপমাত্রা ছাড়াও স্কেলারের উদাহরণ হচ্ছে সময়, দৈর্ঘ্য কিংবা ভর। কারণ এগুলো শুধু একটা সংখ্যা দিয়ে প্রকাশ করে ফেলা যায়। তোমরা দেখবে অবস্থান ছাড়াও ভেক্টরের উদাহরণ হচ্ছে বেগ কিংবা বল। তোমাদের পরের অধ্যায়েই এই বেগ এবং বলের সাথে পরিচয় করিয়ে দেওয়া হবে। কারণ এগুলো প্রকাশ করতে হলে মানের সাথে সাথে দিকটাও বলে দিতে হয়।

ভেক্টর বাণিকে স্কেলার বাণি থেকে আলাদা করে লেখার জন্য সেটাকে মোটা (Bold) করে লেখা হয় ( $x$ ,  $y$  কিংবা  $A$ ,  $B$ )। বইয়ে কিংবা কল্পিতায়ে প্রিস্ট করার সময় যেকোনো কিন্তু মোটা করে লেখা সহজ। কিন্তু বখন কেউ হাতে কাগজে লিখে তখন কোনো কিছুকে ভেক্টর বোর্বানোর জন্য তার উপরে ছোট করে একটা তীব্র চিহ্ন দেওয়া হয় ( $x$ ,  $y$  কিংবা  $\vec{A}$ ,  $\vec{B}$ )।

তোমাদের এখানে ঘোরু পদাৰ্থবিজ্ঞান শেখানো হবে সেখানে আসলে সঠিকার অর্থে ভেক্টরের ব্যবহারের প্রয়োজন হবে না, বড়জোর কোনটা স্কেলার কোনটা ভেক্টর মাঝে মাঝে সেটা মনে করিয়ে দেওয়া হবে।



চিত্র ২.০৩:  $A$  ও  $B$  ভেক্টর হুবহু এক, যদিও তিনি অকথ্যানে রয়েছে,  $C$  ভেক্টর  $A$  ও  $B$  থেকে তিনি, কারণ মান সমান হলেও দিক তিনি।  $D$  ভেক্টর  $C$  ভেক্টর থেকে তিনি, কারণ দিক একই হলেও মান সমান নয়।

## ২.৪ দূৰত্ব ও সৱন্ধ (Distance and Displacement)

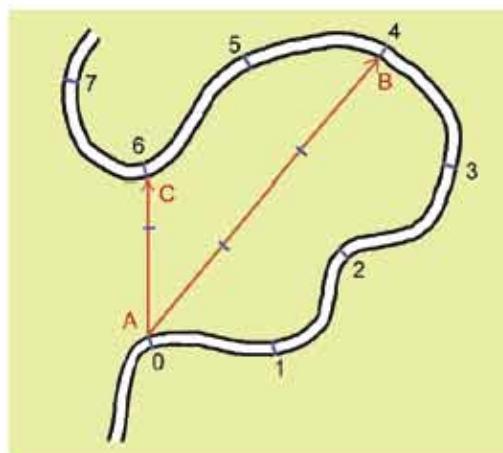
আমোৱা দূৰত্ব শব্দটিৱ সাথে পুৰু ভালোভাবে পৰিচিত, তবে সৱন্ধ (displacement) শব্দটি সৈনিকিল কথাৰার্তীয় সেভাবে ব্যবহাৰ কৰিব না। আমোৱা একটি উদাহৰণ দিয়ে দূৰত্ব এবং সৱন্ধ শব্দ দুটিৱ মাঝে সম্পৰ্কটি বোৰাৰ চেষ্টা কৰিব। ২.০৪ চিত্ৰে একটি আৰ্কাৰ্বাঁকা রাস্তা দেখানো হৈছে। এই রাস্তাটিতে A বিন্দুৰ সাপেক্ষে রাস্তাৰ অতিক্রান্ত দূৰত্বগুলো কিলোমিটাৰে 1, 2, 3 সংখ্যা দিয়ে দেখানো হৈছে।

ধৰা যাক তৃতীয় A বিন্দুতে আছ, (অর্থাৎ তোমাৰ অবস্থান A বিন্দু) এখন তৃতীয় সাইকেল চালিয়ে আৰ্কাৰ্বাঁকা পথটি ধৰে 4 km রাস্তা অতিক্রম কৰে B বিন্দুতে পৌছেছে। আমোৱা বলতে পাৰা B এবং B বিন্দুৰ ভেতৱকাৰ দূৰত্ব 4 km। দূৰত্ব একটি ক্ষেত্ৰৰ রাশি, কাজেই A এবং B বিন্দুৰ ভেতৱকাৰ দূৰত্ব বোৰানোৰ জন্য কোনো দিকেৰ কথা বলে দিতে হবে না।

আমোৱা A বিন্দুৰ সাপেক্ষে এই পথটি ধৰে B বিন্দুৰ “দূৰত্ব” বেৱ কৰেছি। এখন ইচ্ছে কৰলে A বিন্দুৰ সাপেক্ষে B বিন্দুৰ “সৱন্ধ” বেৱ কৰতে পাৰি। সৱন্ধ বলতে বোৰানো হয় A বিন্দুৰ অবস্থানেৰ সাপেক্ষে B বিন্দুৰ অবস্থান। ছবিতে A বিন্দু থেকে B বিন্দু পৰ্যন্ত একটা তীৰ চিহ্নিত সৱলৱেৰো দিয়ে সৱন্ধটি দেখানো হৈছে। এই ছবিতে সৱন্ধেৰ মান 3 km এবং তীৰেৰ দিকটি হচ্ছে সৱন্ধেৰ দিক। অর্থাৎ সৱন্ধ হচ্ছে ভেটৱৰ রাশি, এৰ মান এবং দিক দুটোই আছে।

যদি তৃতীয় সাইকেল দিয়ে আৱো দুই কিলোমিটাৰ অতিক্রম কৰে মোট হয় কিলোমিটাৰ পথ অতিক্রম কৰে C বিন্দুতে পৌছাব তোমাৰ সৱন্ধ হবে তীৰ চিহ্নিত সৱলৱেৰো AC, যাৰ মান 1.5 কিলোমিটাৰ এবং এখানেও তীৰেৰ দিকটি তোমাৰ সৱন্ধেৰ দিক। যদিও তৃতীয় আৰ্কাৰ্বাঁকা পথ ধৰে বেশি দূৰত্ব অতিক্রম কৰেছে কিন্তু সৱন্ধ হৈছে কম। অর্থাৎ বেশি দূৰত্ব অতিক্রম কৰলেই বেশি সৱন্ধ হবে সেটি সত্য নহ। শুধু থেকে শেষ অবস্থানেৰ পৰ্যন্ত হচ্ছে সৱন্ধ।

A থেকে শুধু কৰে আৰ্কাৰ্বাঁকা পথে B পৰ্যন্ত দূৰত্ব 4 km ঠিক একইভাবে B থেকে A পৰ্যন্ত হচ্ছে 4 km, দুটোই সমান। কিন্তু লক্ষ কৰে দেখো A থেকে B পৰ্যন্ত সৱন্ধ আৱ B থেকে A পৰ্যন্ত সৱন্ধ কিন্তু সমান নহ। একটি আৱেকটিৱ নিষেচিত বা অপৰ্যাপ্ত। ভেটৱৰ হিসেবে লিখতে পাৰি:



চিত্ৰ ২.০৪: A বিন্দু থেকে শুধু কৰে আৰ্কাৰ্বাঁকা পথে সাইকেল চালিয়ে আওয়া।

$$\overrightarrow{AB} = -\overrightarrow{BA}$$

দূরত্ব কিংবা সরণ, দুটোর মাঝাই হলো দৈর্ঘ্যের মাত্রা।

[সরণ] = L (ভেক্টর)

[দূরত্ব] = L (স্কেলার)

## 2.5 দ্রুতি এবং বেগ (Speed and Velocity)

বেগ বলতে কী বোঝানো হয় আমরা সবাই সেটা মোটামুটি জানি। কোনো কিছু কত দ্রুত যাচ্ছে তার পরিমাপটা হচ্ছে বেগ। তবে পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় বেগের একটা সুনির্দিষ্ট অর্থ আছে এবং বেগের পাশাপাশি আমরা দ্রুতি (speed) নামে আরো একটা রাশি ব্যবহার করি। আমরা যদি দূরত্ব এবং সরণ এই বিষয় দুটো ভালোভাবে বুঝে থাকি তাহলে দ্রুতি এবং বেগ এই রাশি দুটোও খুব সহজে বুঝতে পারব।

দ্রুতি হচ্ছে সময়ের সাথে দূরত্বের পরিবর্তনের হার। অর্থাৎ তুমি যদি 20 সেকেন্ডে 100 m দূরত্ব অতিক্রম করে থাকো তাহলে তোমার দ্রুতি  $v$  হচ্ছে:

$$v = \frac{100 \text{ m}}{20 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$$

দ্রুতির মাত্রা  $[v] = LT^{-1}$

বেগ হচ্ছে সময়ের সাথে সরণের পরিবর্তনের হার অর্থাৎ যদি 20 সেকেন্ডে কোনো নির্দিষ্ট দিকে তোমার অবস্থানের পরিবর্তন হয় 50 m তাহলে তোমার বেগের মান হচ্ছে:

$$v = \frac{50 \text{ m}}{20 \text{ s}} = 2.5 \text{ m/s}$$

বেগ যেহেতু ভেক্টর তাই তার দিকটি নির্দিষ্ট করে দিতে হবে।

বেগের মাত্রা:  $[v] = LT^{-1}$

এখানে একটা বিষয় লক্ষ করা যেতে পারে, আমরা যদি শুধু রৈখিক গতি বিবেচনা করি তাহলে বেগ আর দ্রুতির মাঝে কোনো পার্থক্য নেই, বেগের মানটিই হচ্ছে দ্রুতি। তোমাদের এই বইয়ে আমরা শুধু

রৈখিক গতি ই বিবেচনা করব তাই দ্রুতি এবং বেগের মাঝে পার্থক্য খুঁজে পাব না। তাই দ্রুতি এবং বেগের ভেতরকার সম্পর্ক বোঝানোর জন্য রৈখিক গতির বাইরে কয়েকটা উদাহরণ নেওয়া যাক:

2.04 চিত্রে আমরা দূরত্ব এবং সরণ বোঝানোর জন্য একটি আঁকাবাঁকা রাস্তা এবং সেখানে ভিন্ন ভিন্ন অবস্থান দেখিয়েছি। দ্রুতি এবং বেগ বোঝানোর জন্য আমরা সেই একই উদাহরণ নিতে পারি তবে এবারে কতটুকু সময়ে তুমি একটি অবস্থান থেকে অন্য অবস্থানে গিয়েছ সেটি বলে দিতে হবে। ধরা যাক সাইকেলে A থেকে B অবস্থানে আসতে তোমার সময় লেগেছে 20 minutes. তাহলে তোমার গড় দ্রুতি হচ্ছে:

$$\text{গড় দ্রুতি} = \frac{\text{অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{সময়}} / \text{সময়}$$

অর্থাৎ,

$$v = \frac{4 \text{ km}}{20 \text{ minutes}} = \frac{4 \times 1000 \text{ m}}{20 \times 60 \text{ s}} = 3.33 \text{ m/s}$$

এখানে লক্ষ করো আমরা দ্রুতি শব্দটি ব্যবহার না করে গড় দ্রুতি শব্দটি ব্যবহার করেছি। কারণ তুমি সাইকেল চালানোর সময় হয়তো কখনো একটু জোরে কখনো একটু আস্তে সাইকেল চালিয়েছ। তাই “তাৎক্ষণিক” দ্রুতি আমরা বলতে পারব না, 20 minutes সময়টুকুর গড় দ্রুতিটুকুই শুধু বলতে পারব।

এবারে আমরা বেগ বের করার চেষ্টা করি। দ্রুতির মতোই আমরা কিন্তু তাৎক্ষণিক বেগ বের করতে পারব না, এই পুরো সময়টিতে তুমি ভিন্ন ভিন্ন বেগে সাইকেল চালিয়েছ। গতি বেশি কিংবা কম হওয়ার কারণে বেগের পরিবর্তন হয়েছে আবার দিক পরিবর্তন হওয়ার কারণেও বেগের পরিবর্তন হয়েছে। এই সবগুলো পরিবর্তন মিলিয়ে গড় বেগের মান হচ্ছে:

$$\text{গড় বেগ} = \frac{\text{সরণ}}{\text{সময়}} / \text{সময়}$$

অর্থাৎ,

$$v = \frac{3 \text{ km}}{20 \text{ minutes}} = \frac{3 \times 1000 \text{ m}}{20 \times 60 \text{ s}} = 2.5 \text{ m/s}$$

তোমরা দেখতে পাচ্ছ এই উদাহরণটিতে গড় দ্রুতির মান থেকে গড় বেগের মান কম। পথটি যদি আঁকাবাঁকা না হয়ে সোজা হতো তাহলে গড় বেগের মান আর গড় দ্রুতি দুটোই সমান হতো। আমাদের এই উদাহরণে তুমি যদি সব সময় একই গতিতে সাইকেল চালিয়ে যেতে তাহলে আমরা বলতাম তুমি সুষম দ্রুতিতে সাইকেল চালিয়ে এসেছ। যখন কোনো কিছু সুষম দ্রুতিতে যায় তখন তার তাৎক্ষণিক দ্রুতি এবং গড় দ্রুতির মান একই হয়ে যায়।

সক করো, পথটি যেহেতু আঁকাৰ্বাঁকা তাই এই পথে পেলে ক্রমাগত সোমাৰ দিক পরিবৰ্তন হচ্ছে, তাই এই পথে তুমি সুষম ভূত্তিতে পেলেও সুষম বেগে যেতে পাৱবে না। শুধু বৈদিক গতিতে সৱলোখাৰ পেলেই সুষম বেগে কিংবা সমবেগে বাঁওয়া সকলৰ।



## উদাহৰণ

**প্ৰশ্ন:** বেগ আৰ ভূত্তিৰ মাবে সফলকৰ্তা আৱো ভালো কৰে বোৰাৰ জন্য আমোৰ আৱেকটা উদাহৰণ নিই। ধৰা যাক, একটু সুভা দিয়ে হেট একটা পাথৱকে বেঁধে তুমি সেটাকে মাথাৰ উপৰ ঘোৱাই (চিত্ৰ 2.05)। পাথৱটা কি সমবেগে বাঁছে? নাকি সমভূত্তিতে যাঁছে? নাকি সমভূতি এবং সমবেগে যাঁছে?

**উত্তৰ:** একটু চিঞ্চা কৰলেই তুমি বুৰাতে পাৱবে যে পাথৱটাৰ ভূত্তিৰ কোনো পরিবৰ্তন হচ্ছে না কিন্তু প্রতি মুহূৰ্তে বেগেৰ পরিবৰ্তন হচ্ছে কাৰণ প্রতি মুহূৰ্তে পাথৱটাৰ পতিৰ দিক পাল্টে যাঁছে। এটি যদি সোজা বেত তাৰে পতিৰ দিকেৰ পরিবৰ্তন হতো না কিন্তু যেহেতু ঘূৱছে তাই দিকটা পাল্টে যাঁছে। কাজেই এটি হচ্ছে সমভূত্তিৰ উদাহৰণ—সমবেগেৰ নয়! সমবেগ হলো সমভূতি হতেই হবে কিন্তু সমভূতি হলেই যে সমবেগ হতে হবে, তাৰ কোনো শাৱাণি নেই।



চিত্ৰ 2.05: সূক্ষ্ম বেঁধে একটা পাথৱ ঘোৱানো হলো ভূত্তি এক থাকলেও বেগেৰ পরিবৰ্তন হয়।

**প্ৰশ্ন:** পাথৱটিকে হঠাত ছেড়ে দিলে তখন কি সেটা সমবেগ এবং সমভূত্তিতে যাবে?

**উত্তৰ:** পাথৱটি হঠাত ছেড়ে দিলে এটা সোজা সমবেগ এবং সমভূত্তিতে ছুটে যাবে। বাতাসেৰ ঘৰ্ষণ মাখাকৰ্ষণ বল এসব যদি না থাকত তাৰে সমবেগ এবং সমভূত্তিতে যেতেই থাকত।

## ২.৬ দ্রবণ ও মন্দন

### (Acceleration and Deceleration or Retardation)

যখন কোনো বস্তু সময়েরে যাই তখন তার কোনো দ্রবণ নেই। বেগের পরিবর্তন হলেই বুঝতে হবে সেখানে দ্রবণ রয়েছে। আরো সুলভ করে বললে বলতে হবে দ্রবণ হচ্ছে সময়ের সাথে বেগের পরিবর্তনের হার।

বেগের ঘেরে দিক এবং মান দৃঢ়িই আছে তাই বেগের পরিবর্তন দৃঢ়াবেই হতে পারে। আমদের আপের উদাহরণে তুমি যখন আঁকাবাঁকা পথে সাইকেল চালিয়ে গিয়েছ, তখন যতবার তুমি বাঁক নিয়েছ ততবার তোমার বেগের পরিবর্তন হয়েছে অর্থাৎ তোমার দ্রবণ হয়েছে। তুমি পুরো পথটুকু সমন্বিতভাবে শুধু দিক পরিবর্তনের জন্য দ্রবণ হয়েছে। তুমি যদি আপের উদাহরণের মতো একটা পাথরকে সূতা দিয়ে বেঁধে আধাৰ উপর সমন্বিতভাবে ঘোরাতে থাক তাহলে ঘুরতে থাকা পাথরটির ক্রয়াগত দিক পরিবর্তন হবে। অর্থাৎ তার বেগের পরিবর্তন হবে বা দ্রবণ হবে।

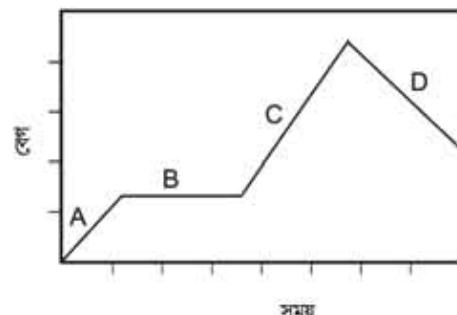
যদি তোমার গতি সরলরেখিক হয়ে থাকে তাহলে দিক পরিবর্তনের কোনো সুযোগ নেই। তার দ্রবণ হতে পারে শুধু বেগের মানের (মূল্য) পরিবর্তনের কারণে। যদি বেগের মান বাঢ়তে থাকে তাহলে আমরা বলি বেগের দিকে বস্তুটির দ্রবণ হচ্ছে। যদি বেগের মান কমতে থাকে আমরা বলি বস্তুটির শাধারূপ দ্রবণ বা মন্দন হচ্ছে। আমরা এখন সরলরেখার চলমান কোনো একটি বস্তুর দ্রবণ বের করতে পারি।



#### উদাহরণ

**প্রশ্ন:** ২.০৬ চিত্রে কোনো একটা বস্তুর সময়ের সাথে বেগের পরিবর্তন দেখানো হয়েছে। কোথায় দ্রবণ আছে কোথায় নেই বলো।

**উত্তর:** A তে দ্রবণ আছে, B তে দ্রবণ নেই, C তে দ্রবণ আছে, D তে মন্দন বা নেগেটিভ দ্রবণ আছে।



চিত্র ২.০৬: কোনো একটি বস্তুর সময়ের সাথে বেগের পরিবর্তন।

এই অধ্যায়ে আমরা শুধু গৈরিক গতি নিয়ে আলোচনা করব, অর্থাৎ যদি বেগের ঘানের পরিবর্তন হয় শুধু তাহলেই ভৱণ হবে।

ভৱণ হচ্ছে বেগের পরিবর্তনের হার, যদি সমস্তরণ হয়, অর্থাৎ সময়ের সাথে সাথে ভৱণের পরিবর্তন না হয় তাহলে আমরা শিখতে পারি:

$$\text{ভৱণ} = \frac{(\text{শেষ বেগ} - \text{আদি বেগ})}{\text{অতিক্রান্ত সময়}}$$

অর্থাৎ যদি প্রথমে কোনো কিন্তুর বেগ হয়  $u$  এবং  $t$  সময় পর তার বেগ হয়  $v$  তাহলে ভৱণ  $a$  হচ্ছে

$$a = \frac{v - u}{t}$$

$$\text{ভৱণের মাত্রা } [a] = LT^{-2}$$

$$\text{ভৱণের একক } ms^{-2}$$

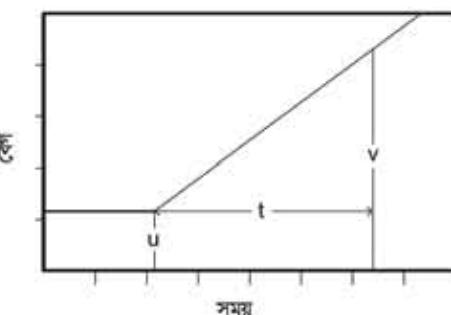
কাজেই যদি ভৱণ  $a$  জানা থাকে তাহলে কোনো কিন্তুর আদি বেগ  $u$  হলে  $t$  সময় পর তার বেগ  $v$  বের করা খুব সোজা। (চিত্র 2.07)

$$v = u + at$$

বস্তুটি যদি নিখর অবস্থা থেকে শুরু করে তাহলে

$$v = at$$

আমরা ইতিমধ্যে বলেছি এখন পর্যন্ত যা বলা হয়েছে তার সবকিছু সত্য সমস্তরণের জন্য। যদি সমস্তরণ না হয় তাহলে কিন্তু এত সহজে শুধু আদি বেগ আর শেষ বেগ থেকে ভৱণ বের করে ফেলা যাবে না।



চিত্র 2.07: নিখর অবস্থায় শুরু করে সমস্তরণে

গতিশীল বস্তুর বেগ বেড়ে যাওয়া।

আমরা আমাদের চারপাশে গতির যেসব উদাহরণ দেখি, গাড়ি, ট্রেন বা সাইকেলের গতি তাদের ভৱণ হ্রাস সব সময়ই অসম ভৱণ। যেমন একটি গাড়ি যদি নিখর অবস্থা থেকে শুরু করে ধীরে ধীরে বেগবান হয় তাহলে তার ভৱণ শূন্য থেকে শুরু করে ধীরে ধীরে একটি যানে পৌঁছায়, গাড়ি যখন তার পূর্ণ বেগে পৌঁছায় তখন তার গতি আর যাড়ে না অর্থাৎ ভৱণ আবার শূন্য হয়ে যায়, আবার গাড়িটি যদি বেগ কমিবে ধারণে শুরু করে তাহলে যদিন হতে থাকে। গাড়িটি যদি পুরোপুরি থেমে যায়

তাহলে তার বেগ এবং ত্বরণ দুটিই শূন্য হয়ে যায়। তোমাদের মনে হতে পারে সমত্বরণের উদাহরণ খুঁজে পাওয়া বুবি খুব কঠিন।

আসলে আমরা আমাদের চারপাশে যা কিছু দেখি তার মাঝে কিন্তু সমত্বরণের খুব চমকপ্রদ একটা উদাহরণ আছে। সেটি হচ্ছে মাধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণ ( $g$ )। পৃথিবীপৃষ্ঠের কাছাকাছি তার মান  $9.8 \text{ m/s}^2$  আমরা যদি কোনো একটা বস্তু স্থির অবস্থা থেকে ছেড়ে দিই তাহলে দেখতে পাই তার গতিবেগ  $v = gt$  হিসেবে বাড়তে থাকে।

## 2.7 গতির সমীকরণ (Equations of Motion)

---

আমরা যেহেতু শুধু রৈখিক গতি নিয়ে আলোচনা করব তাই গতি সম্পর্কে আলোচনা করতে গিয়ে আমরা এখন পর্যন্ত যে যে রাশিগুলোর কথা বলেছি সেগুলো হচ্ছে:

$u$ : আদি বেগ, সময়ের শুরুতে যে বেগ

$a$ : ত্বরণ

$t$ : যে সময়টুকু অতিক্রান্ত হয়েছে

$v$ : অতিক্রান্ত সময়ের পর বেগ

$s$ : অতিক্রান্ত সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করেছে।

অর্থাত এই রাশিগুলোর কখনোই দিকের পরিবর্তন হবে না। অর্থাৎ আমরা এগুলোকে ভেক্টর হিসেবে বিবেচনা না করে শুধু এগুলোর মান নিয়ে আলোচনা করা হলেই কাজ চলে যাবে।

এই রাশিগুলোর মাঝে যে সম্পর্ক রয়েছে তার প্রায় সবগুলো এর মাঝে আমরা বের করে ফেলেছি, শুধু একটি বাকি রয়ে গেছে সেটি হচ্ছে  $s$  বা অতিক্রান্ত দূরত্ব। যদি কোনো ত্বরণ না থাকে তাহলে বেগের পরিবর্তন হয় না তাই আদি বেগ আর শেষ বেগ সমান ( $v = u$ ) আর অতিক্রান্ত দূরত্ব হচ্ছে

$$s = v t$$

যদি সমত্বরণ থাকে তাহলে

$$v = u + at$$

যার অর্থ সময়ের সাথে সাথে বেগের পরিবর্তন হচ্ছে। কাজেই অতিক্রান্ত দূরত্ব বের করতে হলে প্রতি মুহূর্তের বেগের সাথে সেই মুহূর্তের সময় গুণ করে পুরো সময়ের জন্য হিসাব করতে হবে। এই ধরনের হিসাব-নিকাশ করার জন্য বিশেষ গণিত (ক্যালকুলাস) জানতে হয়, আমরা সেগুলো ছাড়াই কাজটা করে ফেলব। সেটা সম্ভব হবে কারণ আমরা শুধু সমত্বরণ নিয়ে মাথা ঘামাচ্ছি। সমত্বরণ না হলে এটি সম্ভব হতো না।

প্রতি যুক্তির বেগের পরিবর্তন হচ্ছে তাই আমরা  $s = vt$  শিখতে পারছি না কিন্তু আমরা যদি একটা গড় বেগ  $V$  ধরে নিই তাহলে কিন্তু শিখতে পারতাম।

$$s = Vt$$

তার অর্থ অতিক্রান্ত দূরত্ব বের করার জন্য আমাদের শুধু গড় বেগটি বের করতে হবে। সমস্যাগুলোর জন্য বিষয়টি সহজ। কোনো কিন্তু যদি সময়ের বাড়তে থাকে তাহলে তার গড় মান হচ্ছে ঠিক যাবামাবি সময়ের মান। অন্যভাবে বলা যায় যদি কোনো কিন্তু সময়ের বাড়তে থাকে তাহলে শুধু এবং শেষ সালের গড় হচ্ছে গড় মান।

অর্থাৎ

$$V = \frac{u + v}{2} = \frac{u + (u + at)}{2}$$

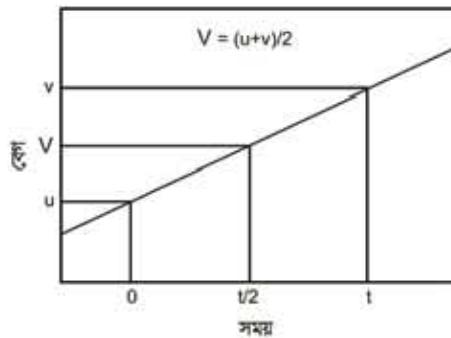
$$V = u + \frac{1}{2}at$$

কাজেই অতিক্রান্ত দূরত্ব

$$s = Vt$$

$$s = \left( u + \frac{1}{2}at \right) t$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$



চিত্র 2.08: সমস্যাগুলোর গতিতে গড় বেগ হচ্ছে আদি বেগ ও শেষ বেগের যাবামাবি সময়ের বেগ।

এখন পর্যন্ত আমরা পড়ির যে সমীকরণগুলো বের করেছি তার প্রত্যেকটিতেই সময় বা  $t$  আছে। আমরা ইচ্ছে করলে এই সমীকরণগুলো ব্যবহার করে একটা সমীকরণ বের করতে পারি যেখানে  $t$  নেই। যেমন:

$$v = u + at$$

$$v^2 = u^2 + 2uat + a^2t^2 = u^2 + 2a\left(ut + \frac{1}{2}at^2\right)$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

এই সমীকরণটি অন্য একটি সাধারণ সমীকরণের মতো দেখলেও এর মাঝে কিছু চমকপ্রদ পদার্থবিজ্ঞান লুকিয়ে আছে, যেটি আমরা চতুর্থ অধ্যায়ে তোমাদের দেখাব।



## উদাহরণ

**প্রশ্ন:** একটা গাড়ির বেগ 1 মিনিটে স্থির অবস্থা থেকে বেড়ে 60 km/hour হয়েছে, গাড়িটির স্ফূরণ কত?

**উত্তর:** আমরা সময়ের জন্য মিনিট বা ঘণ্টা ব্যবহার না করে এখন থেকে সেকেন্ড (s) এবং দূরত্বের জন্য মাইল বা km ব্যবহার না করে m ব্যবহার করব।

গাড়ির চূড়ান্ত বেগ

$$v = 60 \frac{\text{km}}{\text{hour}} = \frac{60 \times 1000 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}} = 16.67 \text{ m/s}$$

কাজেই সমস্যাটি হচ্ছে এ রকম, 60 s এ একটা গাড়ি স্থির অবস্থা থেকে শুরু করে 16.67 m/s গতিতে পৌঁছে গেছে, গাড়িটির স্ফূরণ কত?

$$v = at$$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{16.67 \text{ m/s}}{60 \text{ s}} = 0.278 \text{ m/s}^2$$

**প্রশ্ন:** একটা গাড়ি 60 miles/hour বেগে চলতে চলতে হঠাৎ তার ইঞ্জিন বন্ধ হয়ে যায়। গাড়িটি ধার্যতে 5 minutes সময় নেয়। গাড়িটির মন্দন কত?

**উত্তর:** স্ফূরণ ধারণে বেগ বাঢ়তে থাকে, আর বেগ কমতে ধারার অর্থ শোম্বুক বা নেপেটিশন স্ফূরণ বা মন্দন হয়েছে।

আবার আমরা সময়ের জন্য s এবং দূরত্বের জন্য m ব্যবহার করব।

$$1 \text{ mile} = 1.6 \text{ km} = 1600 \text{ m}$$

গাড়িটির আদি বেগ

$$u = 60 \frac{\text{miles}}{\text{hour}} = \frac{60 \times 1.6 \times 1000 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}} = 26.8 \text{ m/s}$$

গাড়িটির শেষ বেগ  $v = 0$

ত্বরণ

$$a = \frac{v - u}{t} = \frac{0 - 26.8 \text{ m/s}}{300 \text{ s}} = -0.089 \text{ m/s}^2$$

অর্থাৎ গাড়িটির ত্বরণ  $-0.089 \text{ m/s}^2$  কিংবা মন্দন  $0.089 \text{ m/s}^2$

**প্রশ্ন:** একটি বুলেট  $1.5 \text{ km/s}$  বেগে ছুটে একটি দেয়ালের মাঝে  $10 \text{ cm}$  টুকতে পেরেছে। বুলেটের মন্দন কত?

**উত্তর:** এটা করার একমাত্র উপায় হচ্ছে  $v^2 = u^2 - 2as$  সূত্রটি ব্যবহার করা:

$$\text{শেষ বেগ } v = 0$$

$$0 = (1.5 \times 1000)^2 - 2a \left( \frac{10}{100} \right)$$

$$a = \frac{(1.5 \times 1000)^2}{0.2} = 11,250,000 \text{ m/s}^2$$

মন্দন:  $11,250,000 \text{ m/s}^2$  (কিংবা ত্বরণ  $-11,250,000 \text{ m/s}^2$ )

## 2.8 পড়ন্ত বস্তুর সূত্র (Laws of Falling Bodies)

আমরা বলেছি যে সমত্বরণের একটি চমকপ্রদ উদাহরণ হচ্ছে মাধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণ  $g$ , এর প্রভাবে যেকোনো বস্তু উপর থেকে ছেড়ে দিলে এটি গতিশীল হয়ে নিচের দিকে নামতে থাকে। এ ধরনের পড়ন্ত বস্তু দেখে গ্যালিলিও তিনটি সূত্র বের করেন। সূত্রগুলো স্থির অবস্থা থেকে মুক্তভাবে পড়তে থাকা বস্তুর বেলায় ব্যবহার করা যায়। সূত্রগুলো হচ্ছে:

**প্রথম সূত্র:** স্থির অবস্থান ও একই উচ্চতা থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু সময়ে সমান পথ অতিক্রম করবে।

**দ্বিতীয় সূত্র:** স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তুর নির্দিষ্ট সময়ে ( $t$ ) প্রাপ্ত বেগ ( $v$ ) ঐ সময়ের সমানুপাতিক। অর্থাৎ  $v \propto t$

**তৃতীয় সূত্র:** স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে যে দূরত্ব ( $h$ ) অতিক্রম করে তা ঐ সময়ের ( $t$ ) বর্গের সমানুপাতিক। অর্থাৎ  $h \propto t^2$

आमरा समस्तरथेर उदाहरण हिसेबे  $g$  वा माध्याकर्षणज्ञनित घूरणेर कथा बोलेहिलाम। पति संकेते के आमरा ये समीकरण्यांलो बेर करेहि सेगुलोके खुब सहजेहि आमरा पड़न्त बस्तुर गति व्यवहार करार जन्य बेर करते पारिए अंतिक्रांत दूरद्देव वेळाय়  $s$  व्यवहार करा हरेचिल, एवारे उच्चां बोवानोर जन्य  $h$  व्यवहार करव, घूरणेर जन्य  $a$  ना दिखे  $g$  लिखव, शुधु ए दूटोहि हवे गार्दक्या।

$$\begin{aligned} v &= u + gt \\ h &= ut + \frac{1}{2}gt^2 \\ v^2 &= u^2 + 2gh \end{aligned}$$

ग्यालिलिओर पड़न्त बस्तुर ये तिनाटि सूत्र आहे सेगुलो आसले एই सूत्रांलो हाडा आव किछु नय।

प्रथम सूत्राटि बलाहे ये एकहि उच्चां थेके हेडे देणारा हले वेकोलो बस्तु एकहि समर्ये निचे पड़वे अर्धां एटि बस्तुर तरेव उपर निर्भर करवे ना। एटि आमादेव दैनंदिन जीवनेर अंतिक्रांतार साथे खाप खाय ना। एक टूफरो कागज आव एकठि हेट पाखर उपर थेके हेडे दिले आमरा देवि पाखराटि आणे एवं कागजाटि परे निचे एसे पडे। एटि घटे बातासेर वाधार कारणे, बातासहीन एकटि टिउवे एरकम परीक्षा करा हले कागज एवं पाखर एकहि समर्ये निचे एसे पड़त। पड़न्त बस्तुर सूत्रांलो थेके ग्यालिलिओर प्रथम सूत्राटि बोवा याऱ्या। आव कारण पड़न्त बस्तुर वेग वा अंतिक्रांत उच्चां यांतीकरणज्ञनित घूरण समानतावे काज करे। काजेहि समान समर्ये वेग एवं अंतिक्रांत दूरत्व समान।

ग्यालिलिओर द्वितीय सूत्राटि  $v$  एव कारणे वेग वृद्धिर सूत्र। आदि वेग  $u$  शून्य हले वेग  $v$  एव साथे समानुपातिक। ग्यालिलिओ एव द्वितीय सूत्राटि अंतिक्रांत उच्चां  $h$  एव सूत्राटि हाडा आव किछु नय। एই सूत्राटिते  $\mu = 0$  थरे नेणारा हले आमरा देखते पाहि अंतिक्रांत उच्चां  $t^2$  एव समानुपातिक।



### उदाहरण

**प्रश्न:** क्रिकेटेर एकजन भासो लेस बोलाव घटाय  $150\text{ km/hour}$  वेगे वल छुक्कते गाऱे। से यदि खाडा उपरेव दिके वलाटा छुड्हे वलाटा कत उपरे उठवे?

**উভয়:**

$$150 \text{ km/hour} = \frac{150 \times 1000 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}} = 41.67 \text{ m/s}$$

বল উপরে ছুড়লে মাধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণ এই বলটার ওপর মন্দন হিসাবে কাজ করবে। শেষ পর্যন্ত বলটি থেমে যাবে। সেই উচ্চতাটাকে  $h$  হিসাবে লিখলে

$$v^2 = u^2 - 2gh$$

$$v = 0, \quad u = 41.67 \text{ m/s}, \quad g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

কাজেই

$$h = \frac{u^2}{2g} = \frac{(41.67)^2}{2 \times 9.8} \text{ m} = 88.59 \text{ m}$$

(প্রায় 30 তলা দালানের ছাদ পর্যন্ত!)

**প্রশ্ন:** পৃথিবীকে ঘিরে মহাকাশযান যখন ঘূরতে থাকে তাদের দ্রুতি অনেক বেশি, প্রায়  $10 \text{ km/s}$ ! এ রকম গতিতে যদি আকাশের দিকে একটা কামানের গোলা ছুড়ে দিই সেটা কত উপরে উঠবে?

**উত্তর:** ক্রিকেট বলের মতো বের করার চেষ্টা করি, শুধু আদি বেগ  $41.67 \text{ m/s}$  এর বদলে হবে  $10,000 \text{ m/s}$

কাজেই

$$h = \frac{(10,000)^2}{2 \times 9.8} \text{ m} = 5,102,000 \text{ m} = 5,102 \text{ km}$$

যদিও দেখে মনে হচ্ছে কোথাও কোনো ভুল হয়নি কিন্তু আসলে উত্তরটা সঠিক নয়! তার কারণ হচ্ছে আমরা মাধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণের মান ধরেছি  $9.8 \text{ m/s}^2$ , পৃথিবীর কাছাকাছি দূরত্বের জন্য এটা সঠিক, কিন্তু যদি পৃথিবী থেকে অনেক উপরে উঠে যাওয়া যায় এর মান কমতে থাকবে! আমরা যখন

$$v^2 = u^2 - 2gh$$

সমীকরণটি বের করেছি সেখানে ধরে নিয়েছি  $g$  এর মানের পরিবর্তন হচ্ছে না। এই সমস্যার বেলায় সেটা সত্যি না। তাই আমরা এখন পর্যন্ত যেটুকু শিখেছি সেই বিদ্যা দিয়ে এটা সমাধান করতে পারব না! না পারলেও খুব একটা ক্ষতি হবে না, কারণ এত তীব্র গতিতে কোনো কিছু ছুড়ে দিলে বাতাসের সাথে ঘর্ষণে যে তাপ সৃষ্টি হবে সেই তাপে এটা জলেপুড়ে শেষ হয়ে যাবে!



## নিজে করো

সময়—দূৰত্বৰ সেখচিৰ থেকে বেকোনো সময়ৰ বেগ এবং দূৰত্ব নিৰ্ণয়।

### (গতি ও সেখচিৰ)

আমোৱা আগেৱ অধ্যায়গুলোতে গতিৰ সমীকৰণগুলো বেৰ কৱেছি এবং অতিক্রান্ত দূৰত্ব, বেগ এবং দূৰত্বৰ ভেতৱ সম্পর্কগুলো বিশ্লেষণ কৱেছি। এই অধ্যায়ে আমোৱা একটি বিষয়গুলো শুধু সেখচিৰ দিয়ে বিশ্লেষণ কৱে দেখব। সেখচিৰ দিয়ে বিভিন্ন রাশি বিশ্লেষণ কৱা হজে আমোৱা গতিৰ বিভিন্ন রাশি নিয়ে এক ধৰনেৰ বাস্তব অনুভূতি পেতে পাৰি।

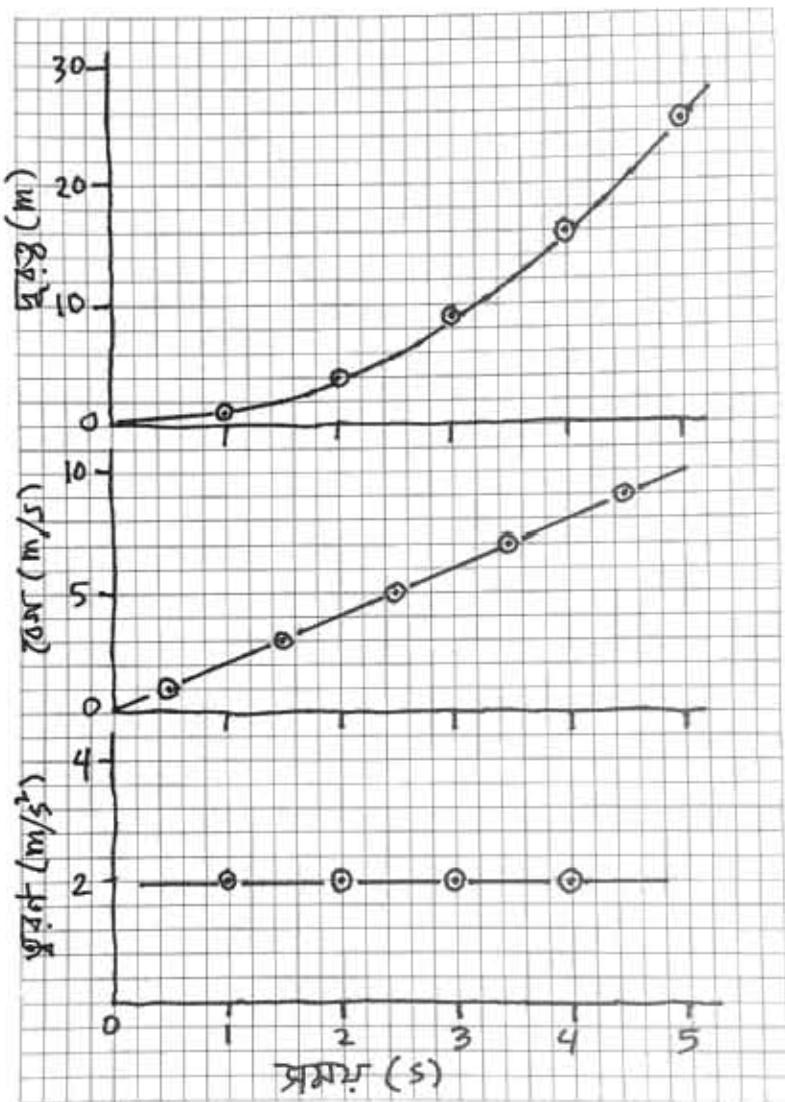
### টেবিল 2.01

সময় (s)	দূৰত্ব (m)
0	0
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25

সময় (s)	দূৰত্ব (m)
0	0
2	6
4	24
6	54
8	96
10	150

এখানে একটা বিষয় একটুখানি উজ্জেব কৱা দৱকাৰ। আমোৱা বখন অতিক্রান্ত দূৰত্ব, বেগ কিংবা দূৰত্ব নিয়ে আলোচনা কৱেছি আমোৱা সব সময়ই একটি আদৰ্শ পৱিত্ৰ কল্পনা কৱে নিয়েছি। আমোৱা ধৰে নিয়েছি কোনো ঘৰণ নেই এবং একটি বস্তু বখন গতিশীল হজ তাৰ অন্য কোনোভাবে শক্তি কৰ্য হয় না। বাস্তব জীবনে সেটি ঘটে না, তাই অতিক্রান্ত দূৰত্ব, বেগ কিংবা দূৰত্ব নিয়ে কোনো সত্যিকাৰ উপাস্ত সংগ্ৰহ কৱা খুব সহজ নহ। সত্যিকাৰেৰ পৰীক্ষা কৱাৰ অন্য শ্যাব্ৰেটৱিতে air track ব্যবহাৰ কৱা হৈ মেখানে আভাসেৰ একটি আনন্দৱাপে একটি বস্তুকে জ্বাস্থান ভেথে ঘৰ্ষণবিহীন অবস্থান তৈলি কৱাৰ চেটো কৱা হয়। সময়ৰ সাথে বস্তুৰ অবস্থানেৰ পৱিত্ৰতন মাপাৰ অন্য বৈদ্যুতিক স্মাৰ্ট কিংবা ইলেক্ট্ৰনিকস সংকেত ব্যবহাৰ কৱা হয়। আমোৱা দৈনন্দিন জীবনে সহজে সেৱকয় উপাস্ত পাৰ না। তাই আগামত আমোৱা ধৰে মেৰ আভাসেৰ সেখচিৰ ব্যবহাৰ কৱাৰ অন্য এৱকম আদৰ্শ পৱিত্ৰে কিছু উপাস্ত সংহেহ কৱেছি। সময়ৰ সাথে অবস্থানেৰ পৱিত্ৰতনেৰ এৱকম দুই সেট উপাস্ত টেবিল 2.01

এ দেখানো হলো। প্রথম সেটটি আমরা এখনে করে দেখাব, তোমরা ধিতীয় সেটটি নিজে করবে।



চিত্র 2.09: দূরত্ব-সময় থেকে বেগ-সময় এবং বেগ-সময় থেকে ক্রমণ-সময় বের করে একটি শাক গেগালে লেখচিত্র আঁকা হয়েছে।

এই সাবশি বা টেবিলের প্রথম সেটটির উপার্য দূরত্ব-সময় 2.09 চিত্রিতে দেখানো হয়েছে। আমাদের উপার্যগুলো রয়েছে শুধু পূর্ণ সেকেন্ডের জন্য। কিন্তু লেখচিত্রটি আঁকার কারণে

আমরা ০ থেকে 5 s এর ভেতর যেকোনো সময়ের জন্য দূরত্বটি বের করতে পারব। যেমন: 2.5 সেকেন্ডে বস্তুটির দূরত্ব 6.25 m এর কাছাকাছি।

আমাদের কাছে যদি সময় এবং দূরত্বের একটি লেখচিত্র থাকে তাহলে সেখান থেকে আমরা খুব সহজেই বস্তুটির বেগ বের করতে পারব। বেগ হচ্ছে অবস্থানের পরিবর্তনের হার। কাজেই আমরা লেখচিত্রে দেখতে পাই বস্তুটি 0 থেকে 1 সেকেন্ডে 0 m থেকে 1 m দূরত্ব অতিক্রম করেছে।

কাজেই এই সময়ের গড় বেগ

$$v = \frac{(1 - 0) \text{ m}}{1 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}$$

আমরা গড় বেগটি 0 থেকে 1 s সময়ের মাঝামাঝি বসাতে পারি। একইভাবে 1 থেকে 2 s এর ভেতরকার গড় বেগ হচ্ছে

$$v = \frac{(4 - 1) \text{ m}}{(2 - 1) \text{ s}} = 3 \text{ m/s}$$

এই বেগটি একটি উপাত্ত হিসেবে 1 থেকে 2 s এর মাঝামাঝি 1.5 s এ বসাতে পারি। একইভাবে আমরা দেখতে পাই 2 এবং 3 s এর মাঝাখানে গড় বেগ 5 m/s, 3 এবং 4 s এর মাঝাখানে গড় বেগ 7 m/s এবং 4 এবং 5 s এর মাঝাখানে গড় বেগ 9 m/s। এই উপাত্ত বিন্দুগুলো গ্রাফ পেপারে দেখতে পাই মোটামুটি একটি সরলরেখা এবং বিন্দুগুলো সরলরেখা এঁকে এঁকে যুক্ত করে দিয়েছি। আমরা যদিও শুধু 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 এবং 4.5 s এ উপাত্তগুলো বসিয়েছি, কিন্তু এই বিন্দুগুলোর ভেতর দিয়ে একটা সরলরেখা টেনে দেওয়ার পর আমরা যেকোনো সময়ে বেগ বের করতে পারব। যেমন: 3 s এ বেগ হচ্ছে 6 m/s।

2.09 চিত্রে বেগ-সময় লেখচিত্র আঁকার পর একই পদ্ধতিতে আমরা ত্বরণ বের করতে পারব।

ত্বরণ হচ্ছে বেগের পরিবর্তনের হার। বেগ যেহেতু একটি সরলরেখা তাই এক্ষেত্রে যেখানেই ত্বরণ বের করি না কেন আমরা একই মান পাব। যেমন 2 এবং 3 s এর মাঝাখানে বেগের পরিবর্তনের হার হচ্ছে।

$$a = \frac{(6 - 4) \text{ m/s}}{(3 - 2) \text{ s}} = 2 \text{ m/s}^2$$

অন্য যেকোনো সময়েও এই ত্বরণ বের করলে আমরা একই মান পাব। 2.09 চিত্রে ত্বরণ-সময় লেখচিত্রে এটি দেখানো হয়েছে।

কাজেই তোমরা দেখতে পেলে সময়—দূরত্বের একটি লেখচিত্র থেকে শুনু করে আমরা যেকোনো সময়ের বেগ কিম্বা দূরত্ব বের করতে পেরেছি। আমরা যত নিখুঁতভাবে এই লেখচিত্র আর্কতে পারব তত সুজ্ঞভাবে এই রাশিগুলো বের করতে পারব। এবারে দ্বিতীয় সেটটি নিয়ে লেখচিত্র একে তোমরা বেগ এবং দূরত্ব বের করো।



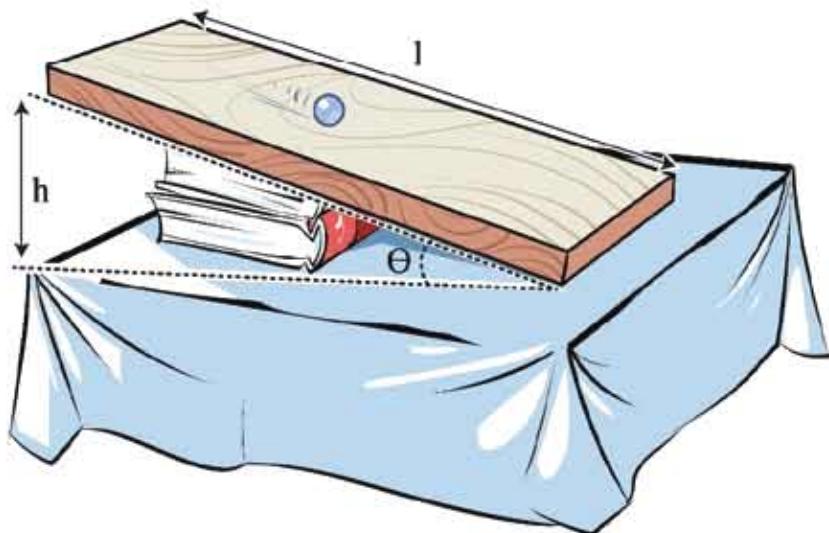
### অনুসন্ধান 2.01

ঢালু ভালোর উপর পড়াতে আকা বন্ধুর পক্ষ মুক্তি বের করা।

**উদ্দেশ্য:** বিভিন্ন ঢালে অতিক্রান্ত একই দূরত্বের অল্প ছুতি বের করে লেখচিত্রের সাহায্যে ঢালের সাথে সম্পর্ক বের করা।

**যত্নশাস্তি:**

১. একটি সমতল তলা বা বেঁক বা টেবিল
২. একটি মুলার বা মিটার স্কেল
৩. একটি মারবেল অথবা সিলিঙ্গারের আকারের কলম বা পেনসিল যেটি পড়িয়ে যেতে পারে



চিত্র 2.10: ঢালু পথে একটি মারবেল পড়িয়ে দেওয়া হচ্ছে।

### কাজের ধারা:

- একটি সমতল তস্তা বা বেঞ্চ বা টেবিল নিয়ে তার দৈর্ঘ্যটি (L) একটি বুলাব বা মিটার ক্ষেত্রে মেপে নাও। এই দূরত্বটি হবে আমাদের অতিক্রান্ত দূরত্ব।
- সমতল তস্তা বা বেঞ্চ অথবা টেবিলটির এক পাশে একটা বই দিয়ে সমতল পৃষ্ঠাটি ঢালু করে নাও। বইটির উচ্চতা (h) মেপে নাও। উচ্চতাকে দৈর্ঘ্য দিয়ে ভাগ দিয়ে কতটুকু ঢালু ( $\sin\theta = h/L$ ) বের করো।
- ঢালু পৃষ্ঠে একটা মারবেল অথবা পেনসিল বা কলম রেখে নিশ্চিত করো যেন সেটি গড়িয়ে যায়।
- এখন ঢালু পৃষ্ঠে মারবেল, পেনসিল বা কলমটি গড়িয়ে যেতে কতক্ষণ সময় নেয় সেই সময়টি মাপতে হবে। এটি ঠিক করে মাপার জন্য একটি স্টপ ওয়াচ বা থামা ঘড়ির প্রয়োজন। কিন্তু তোমাদের কাছে সেটি থাকার সম্ভাবনা কম। (আজকাল অনেক মোবাইল ফোনেও থামা ঘড়ি থাকে) তোমরা নিচের পদ্ধতি ব্যবহার করো। যদি তোমাদের কাছে সত্যিকার থামা ঘড়ির পরিবর্তে সাধারণ ঘড়ি থাকে তাহলেও খুব একটা লাভ হবে না, কারণ সাধারণ ঘড়ি এক সেকেন্ড থেকে কম মাপতে পারে না, আমাদের আরেকটু সূক্ষ্মভাবে মাপা দরকার। যদি থামা ঘড়ি না থাকে আমরা অন্য কোনোভাবে সময়টি মাপার চেষ্টা করতে পারি। তোমরা স্বাভাবিক দ্রুততার এক দুই তিন... গুনে দেখো পনেরো সেকেন্ড কত পর্যন্ত গুনতে পারো। ধরা যাক পনেরো সেকেন্ডে তুমি পঁয়তাঙ্গিশ পর্যন্ত গুনতে পারো, তাহলে ধরে নেব, প্রতিটি সংখ্যা উচ্চারণ করতে আনুমানিক  $15/45 = 1/3$  সেকেন্ড সময় নেয়।
- এখন ঢালু পৃষ্ঠাটিতে মারবেল পেনসিল বা কলমটিকে গড়িয়ে যেতে দিয়ে এক দুই তিন করে সংখ্যা গুনতে থাকো। মারবেল, পেনসিল বা কলমটি ঢালু পৃষ্ঠের শেষ প্রান্তে পৌঁছানোর জন্য কত পর্যন্ত গুনতে হয় সেটি বের করো। তাকে সঠিক গুণিতক দিয়ে গুণ করে প্রকৃত সময় বের করে নাও।
- একাধিক বার এই পরীক্ষাটি করে সময়ের গড় নাও।
- ঢালু পৃষ্ঠের দৈর্ঘ্যকে সময় দিয়ে ভাগ দিয়ে দ্রুতি বের করে নাও। এটি গড় দ্রুতি।
- দ্বিতীয় আরেকটি বই ব্যবহার করে ঢালু পৃষ্ঠাটি আরেকটু বেশি ঢালু করো। বইয়ের কারণে উচ্চতা মেপে নাও। এই উচ্চতার জন্য ঢাল বের করো।

৪. আবার মারবেল, পেনসিল বা কলমটি ঢালু পৃষ্ঠে গাঢ়িরে দাঁও, সংশ্যা গুনে সময় পরিমাপ করে আবার গড় দ্রুতি বের করো। এভাবে ঢালুটা থীরে থীরে বাঢ়িয়ে অত্যেকবার গড় দ্রুতি বের করো।

৫. একটি গ্রাম পেগারে  $X$  অক্ষে  $5\text{m/s}$  এবং  $Y$  অক্ষে গড় দ্রুতি স্থাপন করে একটি সেখচিত্র আকো। সেখচিত্র থেকে যেকোনো ঢালের জন্য দ্রুতি বের করো।

পাঠ	দূরত্ব L cm	উচ্চতা h cm	$\sin\theta =$ $h/L$	সময় t s	দ্রুতি = দূরত্ব/ সময় m/s	গড় দ্রুতি m/s
1						
2						
3						
1						
2						
3						
1						
2						
3						

**আলোচনা:** ঢালের সাথে দ্রুতির কী সম্পর্ক সেটি আলোচনা করো। পরীক্ষাটি আরো নিখুতভাবে করার জন্য আর কী কী করা সহজ আলোচনা করো।



## অনুসন্ধান 2.02

**বিভিন্ন ধরনের গতি নিয়ে খেলা**

**উদ্দেশ্য:** খেলার মাধ্যমে নানা ধরনের গতির পার্শ্বিক খুঁজে বের করা।

**যত্নস্থানি:** একটুখানি খালি জায়গা

**কাজের ধারা:**

১. বিভিন্ন ধরনের গতি বোঝানোর জন্য নির্দিষ্ট কার্যক্রম টিক করে নিতে হবে:

**বৈধিক গতি:** সোজা দৌড়ে ঘেতে হবে, কোথাও বাধা পেলে ঘুরে উঠা দিকে সোজা দৌড়ে যাবে।

**বৃদ্ধি গতি:** দুই হাত দুই পাশে ছড়িয়ে এক জায়গার সুরক্ষে থাকবে।

**চলন গতি:** একই দিকে তাকিয়ে সামনে-পেছনে ভালে-বামে নড়তে হবে।

**পর্যায়বৃত্ত গতি:** বৃত্তাকারে সোজাতে হবে

**স্পন্দন গতি:** দুই হাত উপরে তুলে ভালে-বামে সোজাতে হবে।

2. যে কর্মজন এই গতির খেলা খেলতে চায় তারা ঘরে ছড়িয়ে-ছিটিয়ে দাঁড়াবে।
  3. একজন খেলার পরিচালক উচ্চ স্থানে বৈধিক, দূর্নি, চলন, পর্যায়বৃত্ত বা স্পন্দন কর্ষাটি উচ্চারণ করবে।
  4. যে গতির কথা বলা হয়েছে সবাইকে সেই গতির কার্যক্রম করতে হবে। যে সাথে সাথে করতে পারবে না সে কার্যক্রম খেলা থেকে বাদ পড়ে যাবে।
  5. খেলার পরিচালক একেক সময় একেক গতির কথা বলতে থাকবে এবং ছেলেমেয়েদের সাথে সাথে সেই গতিটি করে দেখাতে হবে।
- শেষ পর্যন্ত যে সঠিকভাবে সবগুলো গতি দেখিয়ে টিকে থাকতে পারবে, তাকে বিজয়ী ঘোষণা করা হবে।
- গতিশূলোর মূল বৈশিষ্ট্য ঠিক রেখে বিজিম গতির কার্যক্রমগুলো প্রয়োজনমতো পরিবর্তন করা যেতে পারে। যেমন একই সাথে দুটি ডিম ডিম গতি প্রদর্শন করার নির্দেশ দেওয়া যেতে পারে। “বৈধিক ও স্পন্দন গতি” তখন হাত ভালে-বামে সোজাতে সোজাতে তুল্টে যেতে হবে।
- আলোচনা:** এখানে উচ্চার করা পদ্ধতিগুলো ছাড়াও আর কীভাবে বিজিম প্রকার গতির প্রদর্শন করা যায় শিখ।



### অনুসন্ধান 2.03

**চলন বানবাহনের স্ফুর্তি বের করা**

**উদ্দেশ্য:** ডিম ডিম সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব থেকে নানা ধরনের বানবাহনের স্ফুর্তি বের করা।

**ব্যবস্থাপিক বুলার**

**কাজের ধারা:**

1. এটি করার জন্য প্রথমে একটি রাস্তার পাশে দুটি শিখ বস্তুর (লাইট পোস্ট, গাঢ় মোকান ইত্যাদি) মাঝখানের দূরত্ব বের করতে হবে। সেটি নির্ধুতভাবে বের করার বিষয়টি জটিল হতে পারে বলে আমরা একটি সহজ উপায় ব্যবহার করব। প্রথমে কোমার পদক্ষেপের দৈর্ঘ্যটি বুলার দিয়ে মেশে নেবে। (সঠিকভাবে মাশার জন্য দশ পদক্ষেপে অতিক্রান্ত দূরত্ব মেশে দশ দিয়ে ভাগ করে দেওয়া যেতে পারে।)

2. এখন রাস্তার পাশে স্থির বস্তু দুটির একটি থেকে অন্যটিতে হেঁটে যাও, কত পদক্ষেপে দূরত্বটি অতিক্রম করেছ সেটি গুনে তাকে তোমার পদক্ষেপের দূরত্ব দিয়ে গুণ করে মোট দূরত্ব বের করে নাও। আনুমানিক দূরত্ব একশ মিটারের কাছাকাছি হলে ভালো।
3. এবারে রাস্তার পাশে একটা নিরাপদ দূরত্বে থেকে সাইকেল রিকশা, টেক্সো কিংবা কোনো পথচারীর দ্রুতি মাপার চেষ্টা করো। যেহেতু দূরত্বটি জানা আছে তাই এ দূরত্ব অতিক্রম করার সময়টুকু মাপতে পারলেই দ্রুতিটুকু বের করা যাবে।
4. সঠিকভাবে সময় মাপার জন্য স্টপ ওয়াচ বা থামা ঘড়ির প্রয়োজন কিংবা সাধারণ ঘড়ি হলেই কাজ চলে যাবে। কিছুই যদি না থাকে তাহলে সময় মাপার জন্য আমরা একটি সহজ পদ্ধতি ব্যবহার করতে পারি। “এক হাজার এক”, “এক হাজার দুই” “এক হাজার তিন” এই কথাগুলো স্বাভাবিক দ্রুততার উচ্চারণ করতে মোটামুটি এক সেকেন্ড সময় লাগে। কাজেই এভাবে গুনে আমরা সময় পরিমাপ করতে পারি।
5. রাস্তার পাশে দাঁড়িয়ে যখনই দেখবে একটি সাইকেল, রিকশা, টেক্সো বা পথচারী প্রথম স্থির বস্তুটি অতিক্রম করেছে সাথে সাথে ঘড়ি দেখা শুরু করো কিংবা “এক হাজার এক” “এক হাজার দুই” এভাবে গুনতে শুরু করো। যখন দেখবে এই যানটি দ্বিতীয় স্থির বস্তু অতিক্রম করেছে সাথে সাথে ঘড়িতে সময় দেখো কিংবা গোনা বন্ধ করো। ঘড়ি দেখে সময় বের করো কিংবা তুমি যত পর্যন্ত গুনেছ তত সেকেন্ড সময় লেগেছে। দূরত্বটি অতিক্রম করতে এই সময়টি লেগেছে।

দূরত্বকে সময় দিয়ে ভাগ করে দ্রুতি বের করে নাও।

**আলোচনা:** একটি ঘড়ির সময়ের সাথে তোমার সময় মাপার পদ্ধতিটি মিলিয়ে দেখো সেটি কতটুকু নির্ভুল। তোমার পদক্ষেপ মাপার প্রক্রিয়াটি কতটুকু নির্ভুল সেটি বিবেচনায় এনে তোমার বের করা দ্রুতিটি কত শতাংশ ভুল থাকতে পারে অনুমান করো।

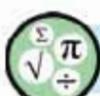
যানবাহন	পদক্ষেপের সংখ্যা	অতিক্রান্ত দূরত্ব $L$ (m)	সময় $t$ (s)	গড় দ্রুতি = $L/t$ (m/s)

## অনুশীলনী



### সাধারণ প্রশ্ন

- পতি শূন্য কিন্তু ভরণ শূন্য নয় এটি কি সত্ত্ব? সত্ত্ব হলে দেখাও।
- বেগের পরিবর্তন হচ্ছে কিন্তু মুক্তির পরিবর্তন হচ্ছে না। এটি কি সত্ত্ব? সত্ত্ব হলে দেখাও।
- চাঁদে যাখ্যাকর্ষণজনিত ভরণ পৃথিবীর যাখ্যাকর্ষণজনিত ভরণ থেকে 6 গুণ কম। পৃথিবীতে একটা পাথর একটা উচ্চতা থেকে ছেড়ে দিলে এটি বে বেগে নিচে আঘাত করবে, চাঁদে একই উচ্চতা থেকে ছেড়ে দিলে কি হয় পুন কম বেগে আঘাত করবে? (চাঁদে বাতাস নেই, ধরা যাক পৃথিবীতেও বাতাসের বাধা সমস্যা নয়)।
- পৃথিবীতে কি এমন কোনো জারপা আছে যেখান থেকে তৃতীয় দক্ষিণ দিকে 1 km গিয়ে যদি পূর্ব দিকে 1 km যাও এবং তখন উভয় দিকে 1 km দোলে আপনের জারপায় পৌঁছে যাবে?
- সমস্তরণের বেগের বিশুণ সময়ে কি বিশুণ দূরত্ব অতিক্রম করিবে?



### গাণিতিক প্রশ্ন

- একটি গাড়ি তোমার স্কুল থেকে 40 km পূর্ব দিকে গিয়েছে, তারপর 40 km উভয় দিকে গিয়েছে, তারপর 30 km পশ্চিম দিকে গিয়েছে, তারপর 30 km দক্ষিণ দিকে গিয়েছে, তারপর 20 km পূর্ব দিকে গিয়েছে, তারপর 20 km উভয় দিকে গিয়েছে, তারপর 10 km পশ্চিম দিকে গিয়েছে, তাপরপর 10 km দক্ষিণ দিকে গিয়েছে। গাড়িটি তোমার থেকে কোন দিকে কত দূরে আছে?
- চিত্র 2.11 এ OA, AB, BC এবং CD তে কখন বেগ এবং ভরণ পজিটিভ নেগেটিভ এবং শূন্য সেটি দেখাও।
- চিত্র 2.11 এ y অক্ষ বেগ না হবে অবস্থান হচ্ছে তাহলে বেগ এবং ভরণের মান OA, AB, BC এবং CD তে কী হচ্ছে বলো।
- একটি গাড়ির বেগ  $30 \text{ km/hour}$ , 1 minute পর গাড়িটির গতিবেগ সমস্তরণে বেড়ে হলো  $50 \text{ km/hour}$ . এই সমস্যা গাড়িটি কত দূরত্ব অতিক্রম করেছে? ৫৩
- তৃতীয়  $10 \text{ m/s}$  বেগে একটা বল আকাশের দিকে ছুড়ে দিয়েছে। সেটা কতক্ষণে কত উচুতে উঠবে?



## বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তরটির পাশে ঠিক (✓) চিহ্ন দাও

১. সরণের একক কোনটি?

- |               |                |
|---------------|----------------|
| (ক) $ms^{-1}$ | (খ) $ms^{-2}$  |
| (গ) Ns        | (ঘ) $kgs^{-2}$ |

২. ঘড়ির কাটার গতি কী রকম গতি?

- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| (ক) বৈধিক গতি        | (খ) উপবৃত্তিকার গতি |
| (গ) পর্যায়বৃত্ত গতি | (ঘ) স্পন্দন গতি     |

৩. খিল অবস্থান থেকে বিনা বাধার গড়ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তা এই সময়ের-

- |                    |                           |
|--------------------|---------------------------|
| (ক) সমানুপাতিক     | (খ) বর্ণের সমানুপাতিক     |
| (গ) ব্যম্ভানুপাতিক | (ঘ) বর্ণের ব্যম্ভানুপাতিক |

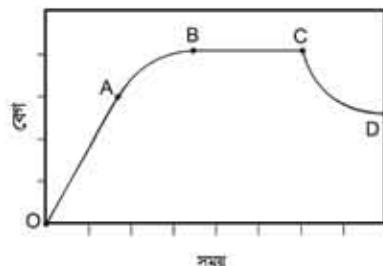
৪. একটি বস্তু খিল অবস্থান থেকে  $a$  সমন্বয়ে চলছে। নির্দিষ্ট সময়ে এই বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব হবে:

- (i)  $s = \frac{(u+v)}{2} t$
- (ii)  $s = ut + \frac{1}{2} at^2$
- (iii)  $s^2 = u + 2a$

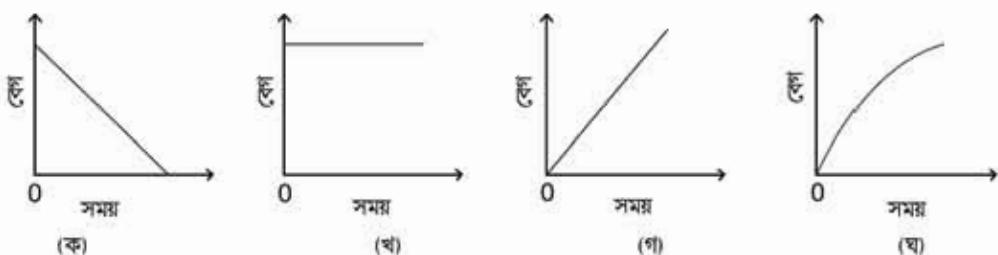
নিচের কোনটি সঠিক?

- |              |                 |
|--------------|-----------------|
| (ক) i        | (খ) ii          |
| (গ) ii ও iii | (ঘ) i, ii ও iii |

৫. 2.12 চিত্রের বেগ-সময় লেখচিত্রের কোনটি মুক্তভাবে গড়ত বস্তুর লেখচিত্র নির্দেশ করে?



চিত্র 2.11



চিত্র ২.১২



### সৃজনশীল প্রশ্ন

১. রাজীবরা সশরিবারে সিলেটের জাফলং বেড়াতে যাবার জন্য একটি মাইক্রোবাসে রাখনা হলো। সে যাতার শুরু থেকে সিলেট যাওয়া পর্যন্ত প্রতি 5 minute পরপর গাড়ির স্পিডোমিটার থেকে বেগের মান তথা মূল্য লিখে নিল। বেগের মান পেল যথাক্রমে প্রতি ঘণ্টায় 18, 36, 54, 54, 54, 36 ও 18 কিলোমিটার।

- (ক) তৎক্ষণিক মূল্য কী?
- (খ) বৃত্তাকার পথে গতিশীল কোনো বস্তুর চূর্ণ ব্যাখ্যা করো।
- (গ) প্রথম 5 মিনিটে গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।
- (ঘ) সংগৃহীত উপাত্ত দিয়ে বেগ-সময় স্থিতিশীল অঙ্কন করে তা ব্যাখ্যা করো।

২.  $m$  প্রায় করের একটি বস্তু  $a$  ক্ষমতে চলমান অবস্থায় রয়েছে। আদি বেগ  $u$ , শেষ বেগ  $v$  ও  $t$  সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব  $s$ , বস্তুটির পতির অবস্থা নিচের টেবিলে দেওয়া হলো।

ঘটনা নং	$u$ ( $\text{m/s}$ )	$v$ ( $\text{m/s}$ )	$t$ ( $\text{s}$ )	$s$ ( $\text{m}$ )	$a$ ( $\text{m/s}^2$ )
১	10	30	5	-	-
২	5	20	4	44	3

- (ক) চূর্ণ এর সংজ্ঞা লিখ?
- (খ) পৃথিবীর অভিকর্ষজ চূর্ণ কেন সূৰ্য চূর্ণের উদাহরণ?
- (গ) টেবিলের ১ নং ঘটনায়  $s$  এর মান হিসাব করো।
- (ঘ) গাণিতিক বিক্রিয়সের যাখামে ২ নং ঘটনাটি সহজে মন্তব্য করো।

## তৃতীয় অধ্যায়

### বল

#### (Force)



বল প্রয়োগ করে ভারোজ্ঞালন করছেন সাউথ এশিয়ান গেমসে স্বর্ণবিজয়ী মারিয়া আখতার সীমান্ত।

আগের অধ্যায়ে আমরা বস্তুর গতি নিয়ে আলোচনা করেছি কিন্তু কেন বস্তু গতিশীল হয় সেটি নিয়ে কিছু কথা হয়নি। এই অধ্যায়ে আমরা দেখব বস্তু গতিশীল হয় বলের কারণে এবং বল নিয়ে আইজক নিউটনের তিনটি যুগান্তকারী সূত্র নিয়ে আলোচনা করব। বল কীভাবে বস্তুর উপর কাজ করে সেটি নিয়ে আলোচনা করার সময় খুব স্বাভাবিকভাবেই বিভিন্ন ধরনের বল, বস্তুর জড়তা, বলের প্রকৃতি, ঘর্ষণ বল এই বিষয়গুলোও আলোচনার উপরে আসবে।



## এ অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা

- বস্তুর জড়তা ও বলের পুণ্যগত ধারণা নিউটনের গতির প্রথম সূত্র ব্যবহার করে ব্যাখ্যা করতে পারব।
- মৌলিক বলের প্রকৃতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- সাম্য ও অসাম্য বলের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ভরবেগ এবং সংঘর্ষ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- গতির উপর বলের প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারব।
- নিউটনের গতির থিওরি সূত্র ব্যবহার করে বল পরিমাপ করতে পারব।
- নিউটনের গতির ত্বরীয় সূত্র ব্যবহার করে ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল ব্যাখ্যা করতে পারব।
- নিরাপদ ভয়ে গতি এবং বলের প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারব।
- ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ও সংঘর্ষ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- বিভিন্ন ধর্কার ঘর্ষণ এবং ঘর্ষণ বল ব্যাখ্যা করতে পারব।
- বস্তুর গতির উপর ঘর্ষণের প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারব।
- ঘর্ষণ হ্যাস-বৃক্ষ করার উপায় ব্যাখ্যা করতে পারব।
- আমাদের জীবনে ঘর্ষণের ইতিবাচক প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারব।

### ৩.১ জড়তা এবং বলের ধারণা: নিউটনের প্রথম সূত্র

#### (Inertia and Concept of Force: Newton's First Law)

এর আগের অধ্যায়ে আমরা বেগ, দ্রুতি, ত্বরণ (এবং মন্দন), অতিক্রান্ত দূরত্ব এবং তাদের একটির সাথে অন্যটির সম্পর্ক শিখেছি, গতির সমীকরণগুলো বের করেছি এবং গতিসংক্রান্ত সমস্যা সমাধান করতে সেগুলো ব্যবহারও করেছি। এই অধ্যায়ে আমরা বল প্রয়োগ করে কীভাবে গতির সৃষ্টি করা যায় কিংবা গতিকে প্রভাবিত করা যায় সেটি শিখব। আমরা নিউটনের প্রথম সূত্রটি দিয়ে শুরু করতে পারি:

**নিউটনের প্রথম সূত্র:** বল প্রয়োগ না করলে স্থির বস্তু স্থির থাকবে এবং সমবেগে চলতে থাকা বস্তু সমবেগে চলতে থাকবে। (বুঝতেই পারছ বেগ যেহেতু ভেঞ্চির তাই সমবেগে চলতে হলে দিক পরিবর্তন করতে পারবে না, সোজা সরলরেখায় সমান দ্রুতিতে যেতে হবে।)

নিউটনের প্রথম সূত্রের অংশ নিয়ে কারো সমস্যা হয় না কারণ আমরা সব সময়ই দেখেছি স্থির বস্তুকে থাকা না দেওয়া পর্যন্ত সেটা নিজে থেকে নড়ে না, স্থির থেকে যায়। দ্বিতীয় অংশটি নিয়ে সমস্যা, কারণ আমরা কখনোই কোনো চলন্ত বস্তুকে অনন্তকাল চলতে দেখি না। ধাক্কা দিয়ে কোনো বস্তুকে গতিশীল করে ছেড়ে দিলেও দেখা যায় কোনো বল প্রয়োগ না করলেও শেষ পর্যন্ত বস্তুটা থেমে যায়। আমাদের দৈনন্দিন জীবনের অভিজ্ঞতা থেকে মনে হয় যেকোনো কিছুকে সমবেগে চালিয়ে নিতে হলে ক্রমাগত বুঝি সেটাতে বল প্রয়োগ করে যেতে হয়। নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে আমরা জানতে পেরেছি সেটা সত্যি নয়। সমবেগে চলতে থাকা কোনো বস্তু যদি থেমে যায় তাহলে বুঝতে হবে সেখানে কোনো না কোনোভাবে বল প্রয়োগ করা হয়েছে। ঘর্ষণ, বাতাসের বাধা এ রকম অনেক কিছু আসলে উল্টো দিক থেকে বল প্রয়োগ করে চলমান একটা বস্তুকে থামিয়ে দেয়। যদি সত্যি সত্যি সব বল বন্ধ করে দেওয়া যেত তাহলে আমরা সত্যিই দেখতে পেতাম সমবেগে চলতে থাকা একটা বস্তু অনন্তকাল ধরে চলছে।

##### ৩.১.১ জড়তা

বল প্রয়োগ না করা পর্যন্ত স্থির বস্তু যে স্থির থাকতে চায় কিংবা গতিশীল বস্তু যে গতিশীল থাকতে চায়, বস্তুর এই বৈশিষ্ট্যটাই হচ্ছে জড়তা। হঠাতে গাড়ি চলতে শুরু করলে আমরা যেভাবে পেছনের দিকে একটা ঝাঁকুনি খাই সেটা হচ্ছে জড়তার উদাহরণ। শরীরের নিচের অংশ গাড়ির সাথে লেগে

আছে। গাড়িৰ সাথে সাথে সেটা চলতে শুরু কৰেছে কিন্তু শৰীৰেৰ উপরেৰ অংশ এখনো স্থিৰ এবং স্থিৰ ধাকতে চাইছে। তাই শৰীৰেৰ উপরেৰ অংশ পোছনেৰ দিকে ঝাঁকুনি আছে। যেহেতু এটা স্থিৰ ধাকাৰ জড়তা তাৰি এটাকে বলে স্থিতি জড়তা।

গতি জড়তাৰ কাৰণে আমৰা মানুষজনকে চলন্ত বাস ট্ৰেন থেকে নামতে পিয়ে আছাঢ় খেতে দেখি। চলন্ত বাস ট্ৰেনৰ মানুষটিৰ পুৱো শৰীৰটাই গতিশীল, সে যখন মাটিতে পা দিয়েছে তখন নিচেৰ অংশ থেকে পিয়ে দিয়েছে, উপরেৰ অংশ গতি জড়তাৰ কাৰণে তখনো ছুটছে। তাহি সে হুমকি থেকে গড়ছে।



### নিজে কৱো

ঝাসেৰ উপৰ একটা কাৰ্ড রেখে কাৰ্ডৰ উপৰ একটা ধাতব মুছা রেখে কাৰ্ডটিকে টোকা  
দিয়ে সৱিয়ে দাও। মুছাটি ঝাসেৰ ভেতৰ গড়বে। কেন?

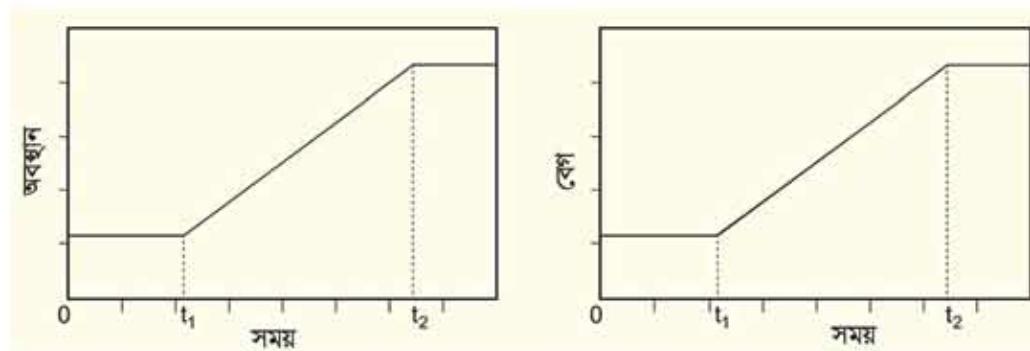
জড়তাৰ বিষয়টি যদি শুধু একটা সংজ্ঞা হতো তাহলে এটাকে এত গুৰুত্ব দিয়ে শেখানো হতো না। আসলে এটা পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ দৃষ্টিকোণ থেকে শুধু গুৰুত্বপূৰ্ণ একটা বিষয়। আমৰা এখন পৰ্যন্ত তাৰ  
নিয়ে একটি কথাও বলিনি কিন্তু কোনো কিছুৰ গতি সকলকে জানতে চাইলে আমাদেৰ সেটিৰ তাৰ  
সকলকে জানতে হয়। একই গতিতে ছুটে আসা একটা হালকা সাইকেল আৰ একটা ভাৱী ট্ৰাককে  
আমৰা একদৃষ্টিতে দেখি না, তাৰ কাৰণটা হচ্ছে তাৰেৰ পাৰ্বক্য। কিন্তু তাৰটা আসলে কী? আমৰা  
অনেক সময়েই বলি তাৰ হচ্ছে কতটা বস্তু আছে তাৰ একটা পৱিমাণ। এৱে চাইতে অনেক  
বিজ্ঞানসম্মত উত্তৰ হচ্ছে তাৰ হচ্ছে জড়তাৰ পৱিমাণ। (তোমৰা বিষয়টা ভালো কৰে শৰ্ক কৱো শুধু  
গুৰুত্বপূৰ্ণ একটা কথা বলা হয়েছে) কোনো কিছুৰ জড়তা যদি বেশি হয় তাহলে বুৰাতে হবে তাৰ  
ভৱণ নিচয়ই বেশি। জড়তা যদি কম হয় তাহলে ভৱণ কম। তোমৰা নিচয়ই এটা লক্ষ কৰেছ সমান  
পৱিমাণ বল প্ৰয়োগ কৱা হলে যাৰ তাৰ বেশি সেটাকে বেশি বিচৰ্ত কৱা যাব না। কিন্তু যাৰ তাৰ কম  
সেটাকে সহজে বিচৰ্ত কৱা যায়। কিংবা অন্যভাৱে বলা যায়, তাৰ কম হলে জড়তাৰ প্ৰভাৱটা  
ভূলনামূলকভাৱে কম হয়।



### উদাহৰণ

**ধৰণ:** 3.01 চিঙ্গেৰ ধাক দৃষ্টিতে সময়েৰ সাথে সৰপ এবং বেগেৰ যান দেখানো হয়েছে, কোথাৰ  
কতক্ষণ বল প্ৰয়োগ কৱা হয়েছে ব্যাখ্যা কৱো।

**উত্তৰ:** দুটি ধৰকই দেখতে একই রুক্ম কিন্তু এদেৱ যাবে সম্পূৰ্ণ ভিন্ন তথ্য রয়েছে।



চিত্র 3.01: অবস্থান-সময় ও বেগ-সময়ের দৃষ্টি লেখচি।

(i) শুধু আকে ০ থেকে  $t_1$  কিংবা  $t_2$  থেকে শেষ পর্যন্ত সময় দৃষ্টিতে অবস্থানের পরিবর্তন হচ্ছে না, যার অর্থ কোনো বেগ নেই, কাজেই বেগের পরিবর্তনের প্রভাব আসে না যার অর্থ এ দুটো সময়ে নিচয়েই কোনো বল প্রয়োগ করা হচ্ছে না।  $t_1$  থেকে  $t_2$  সময়ে অবস্থানের পরিবর্তন হচ্ছে কিছু যেহেতু সময়ের পরিবর্তন (বেগাটি যেহেতু সরলরেখা) হচ্ছে তার অর্থ সমবেগ। অর্থাৎ বেগের কোনো পরিবর্তন নেই। কাজেই  $t_1$  থেকে  $t_2$  সময়েও কোনো বল প্রয়োগ করা হচ্ছে না। শুধু  $t_1$  মুহূর্তে কোনোভাবে বল প্রয়োগ করে নিচৰ বস্তুটিকে সমবেগে গতিশীল করা হয়েছে। আবার তিকে  $t_2$  মুহূর্তে বল প্রয়োগ করে গতিশীল বস্তুটিকে ধারিবে দেওয়া হয়েছে, অন্য কোথাও কোনো বল প্রয়োগ করা হয়নি।

অর্থাৎ  $0 < t < t_1$ ,  $t_1 < t < t_2$  এবং  $t_2 < t$  তে কোনো বল নেই।

শুধু  $t = t_1$  এবং  $t = t_2$  তে মুহূর্তের জন্য বল প্রয়োগ করা হয়েছে।

(ii) পিঞ্জীয় আকে ০ থেকে  $t_1$  এবং  $t_2$  থেকে শেষ পর্যন্ত কন্ট্রুটি সমবেগে বাঢ়ে, কাজেই কোনো বল প্রয়োগ করা হয়নি।  $t_1$  থেকে  $t_2$  সময়ে বেগাটি সময়ের পরিবর্তিত হচ্ছে কাজেই এখানে নিচয়েই বল প্রয়োগ করা হচ্ছে।

অর্থাৎ  $0 < t < t_1$  এবং  $t_2 < t$  কোনো বল নেই।

$t_1 < t < t_2$  তে বল প্রয়োগ করা হয়েছে।

### 3.1.2 বল

নিউটনের প্রথম সূত্রে প্রথমবার “বল” শব্দটা ব্যবহার করা হয়েছে কিন্তু মজার ব্যাপার হচ্ছে বল বলতে আমরা কী বোঝাই, সেটা এখনো বলা হয়নি। এটা যদি পদার্থবিজ্ঞানের বই না হয়ে অন্য কোনো বই হতো তাহলে “বল প্রয়োগ”-এর জায়গায় “শক্তি প্রয়োগ” কথাটা ব্যবহার করলেও বাক্যটায় অর্থের কোনো উনিশ-বিশ হতো না। কিন্তু যেহেতু এটা পদার্থবিজ্ঞানের বই, তাই আমরা এখানে শক্তি কথাটা ব্যবহার করতে পারব না। পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় শক্তি সম্পূর্ণ ভিন্ন একটা রাশি! এখানে আমাদের বল কথাটাই ব্যবহার করতে হবে! কিন্তু বল মানে কী? আমরা তো এখন পর্যন্ত বলের কোনো সংজ্ঞা দিইনি!

আসলে নিউটনের প্রথম সূত্রটাই বলের সংজ্ঞা হতে পারে! যার প্রয়োগের কারণে স্থির বস্তু চলতে শুরু করে আর সমবেগে চলতে থাকা বস্তুর বেগের পরিবর্তন হয় সেটাই হচ্ছে বল। নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে বলটা কী, সেটা বুবতে পারি কিন্তু পরিমাপ করতে পারি না। দ্বিতীয় সূত্র থেকে আমরা বল পরিমাপ করা শিখব।

তোমরা যখন তোমাদের দৈনন্দিন জীবনে নানা কাজে বল ব্যবহার করো তখন তোমাদের মনে হতে পারে কোনো কোনো বল প্রয়োগ করতে হলে স্পর্শ করতে হয় (ক্রেন দিয়ে ভারী জিনিস তোলা, কোনো কিছুকে ধাক্কা দেওয়া, কিংবা চলতে চলতে ঘর্ষণের জন্য চলন্ত বস্তুর থেমে যাওয়া) আবার তোমরা লক্ষ করেছ কোনো কোনো বল প্রয়োগের জন্য স্পর্শ করতে হয় না। কোনো কিছু ছেড়ে দিলে মাধ্যাকর্ষণ বলের জন্য নিচে পড়া, চুম্বকের আকর্ষণ!) কাজেই আমরা বলকে স্পর্শ এবং অস্পর্শ দুই ধরনের বলে ভাগ করতে পারি। কিন্তু তোমরা নিচয়ই বুবতে পারছ আমরা যেখানে স্পর্শ করছি বলে ধারণা করছি, সেখানে কিন্তু পরস্পরের অণু-পরমাণু, তাদের ঘিরে ঘূর্ণায়মান ইলেক্ট্রন সরাসরি স্পর্শ দিয়ে নয় তাদের তড়িৎ চৌম্বক বল দিয়ে একে অন্যের সাথে কাজ করছে। অন্য কথায় বলা যায় আমরা যদি পারমাণবিক পর্যায়ে চলে যাই তাহলে সব বলই অস্পর্শক, এক পরমাণু অন্য পরমাণুকে আকর্ষণ-বিকর্ষণ করে দূর থেকে, তাদেরকে আক্ষরিক অর্থে স্পর্শ করতে হয় না।

## 3.2 মৌলিক বলের প্রকৃতি (Nature of Force)

গৃথিবীতে কত ধরনের বল আছে জিজ্ঞেস করা হলে তোমরা নিচয়ই বলবে অনেক ধরনের! কোনো কিছুকে যদি ধাক্কা দিই সেটা একটা বল, ট্রাক যখন বোঝা টেনে নিয়ে যায় সেটা একটা বল, বড়ে যখন গাছ উপড়ে পড়ে সেটা একটা বল, চুম্বক যখন লোহাকে আকর্ষণ করে সেটা একটা বল, বোমা বিস্ফোরণে যখন ঘরবাড়ি উড়িয়ে দেয় সেটা একটা বল, ক্রেন যখন কোনো কিছুকে টেনে তুলে সেটা একটা বল। একটুখানি সময় দিলেই এ রকম নানা ধরনের বলের তোমরা একটা বিশাল তালিকা তৈরি করতে পারবে।

কিন্তু চমকপ্রদ ব্যাপারটি কী জানো? প্রকৃতিতে মাত্র চার রকমের বল রয়েছে, ওপরে যে তালিকা দেওয়া হয়েছে সেগুলোকে বিশ্লেষণ করা হলে দেখা যাবে এগুলো ঘুরে-ফিরে এই চার রকমের বাইরে কোনোটা নয়! আসলে মৌলিক বল মাত্র চারটি। সেগুলো হচ্ছে: মহাকর্ষ বল, তড়িৎ চৌম্বক বা বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় বল, দুর্বল নিউক্লিয় বল ও সবল নিউক্লিয় বল।

### 3.2.1 মহাকর্ষ বল (Gravitation)

এই সৃষ্টিজগতের সকল বস্তু তাদের ভরের কারণে একে অপরকে যে বল দিয়ে আকর্ষণ করে সেটাই হচ্ছে মহাকর্ষ বল। এই মহাকর্ষ বলের কারণে গ্যালাক্সির ভেতরে নক্ষত্রে ঘূরপাক খায় কিংবা সূর্যকে ঘিরে পৃথিবী ঘোরে, পৃথিবীকে ঘিরে চাঁদ ঘোরে! পৃথিবীর মহাকর্ষ বল যখন আমাদের ওপর কাজ করে আমরা সেটাকে বলি মাধ্যাকর্ষণ। এই মাধ্যাকর্ষণ বল আমাদের পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে, অর্থাৎ নিচের দিকে টেনে রেখেছে এবং এর কারণেই আমরা নিজেদের ওজনের অনুভূতি পাই।

পদার্থবিজ্ঞানের একটি চমকপ্রদ বল হচ্ছে মহাকর্ষ বল। ভর আছে সেরকম যেকোনো বস্তু অন্য বস্তুকে মহাকর্ষ বল দিয়ে আকর্ষণ করে। আমরা এই অধ্যায়ে মহাকর্ষ বল নিয়ে আরেকটু বিস্তারিতভাবে আলোচনা করব।

### 3.2.2 তড়িৎ চৌম্বক বল বা বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় বল (Electromagnetic Force)

চিরুনি দিয়ে চুল আঁচড়ে সেটা দিয়ে কাগজের টুকরোকে আকর্ষণ করা বা চুম্বক দিয়ে অন্য চুম্বককে আকর্ষণ-বিকর্ষণ আমাদের অনেকেই কখনো না কখনো করেছি। যদিও তড়িৎ বা বিদ্যুৎ এবং চুম্বকের বলকে আলাদা ধরনের বল মনে হয় আসলে দুটি একই বল। শুধু দুইভাবে দেখা যায়। শুধু এই বলটা আকর্ষণ এবং বিকর্ষণ দুটোই করতে পারে, অন্যগুলো শুধু আকর্ষণ করতে পারে বিকর্ষণ করতে পারে না। মাধ্যাকর্ষণ শক্তির তুলনায় এটা অনেক শক্তিশালী ( $10^{36}$  গুণ বা ট্রিলিয়ন ট্রিলিয়ন গুণ শক্তিশালী!) কথাটা যে সত্যি সেটা নিশ্চয়ই তোমরা অনুমান করতে পারবে, কারণ যখন একটা চিরুনি দিয়ে চুল আঁচড়ে একটা কাগজকে আকর্ষণ করে তুলে নাও তখন কিন্তু সেই কাগজটাকে পুরো পৃথিবী তার সমস্ত ভর দিয়ে তৈরি মাধ্যাকর্ষণ বল দিয়ে টেনে রাখার চেষ্টা করে, তবু তোমার চিরুনির অল্প একটু বিদ্যুৎ সেই বিশাল পৃথিবীর পুরো মাধ্যাকর্ষণকে হারিয়ে দেয়।

### 3.2.3 দুর্বল নিউক্লিয় বল (Weak Force)

এটাকে দুর্বল বলা হয় কারণ এটা তড়িৎ চৌম্বক বল থেকে দুর্বল (প্রায় ট্রিলিয়ন গুণ) কিন্তু মোটেও মহাকর্ষ বলের মতো এত দুর্বল নয়। মহাকর্ষ এবং তড়িৎ চৌম্বক বল যেকোনো দূরত্ব থেকে কাজ

করতে পারে কিন্তু এই বলটা খুবই অল্প দূরত্বে ( $10^{-18} \text{ m}$ ) কাজ করে! তেজস্ক্রিয় নিউক্লিয়াস থেকে যে বেটা (β) রশি বা ইলেকট্রন বের হয় সেটার কারণ এই দূরবল নিউক্লিয় বল।

### ৩.২.৪ সবল নিউক্লিয় বল (Strong Nuclear Force)

এটি হচ্ছে সৃষ্টিজগতের সবচেয়ে শক্তিশালী বল, তড়িৎ চৌম্বক বল থেকেও একশ গুণ বেশি শক্তিশালী কিন্তু এটাও খুবই অল্প দূরত্বে ( $10^{-15} \text{ m}$ ) কাজ করে। পরমাণুর কেন্দ্রে যে নিউক্লিয়াস রয়েছে তার ভেতরকার প্রোটন এবং নিউট্রনের নিজেদের মাঝে এই প্রচণ্ড শক্তিশালী বল কাজ করে নিজেদের আটকে রাখে। প্রচণ্ড বলে আটকে থাকার কারণে এর মাঝে অনেক শক্তি জমা থাকে। তাই বড় নিউক্লিয়াসকে ভেঙে কিংবা ছেট নিউক্লিয়াসকে জোড়া দিয়ে এই বলের কারণে অনেক শক্তি তৈরি করা সম্ভব। নিউক্লিয়ার বোমা সে জন্য এত শক্তিশালী। সূর্য থেকে আলোর তাপও এই বল দিয়ে তৈরি হয়।

বিজ্ঞানীরা ধারণা করেন, এই চার ধরনের বলের মূল এক জায়গায় এবং তাঁরা সবগুলোকে এক সূত্র দিয়ে ব্যাখ্যা করার চেষ্টা করছেন। তড়িৎ চৌম্বক (বিদ্যুৎ চৌম্বকীয়) এবং দুর্বল নিউক্লিয়ার বলকে এর মাঝে একই সূত্র দিয়ে ব্যাখ্যা করা সম্ভব হয়েছে এবং সেটি তাত্ত্বিক পদার্থবিজ্ঞানের একটি আকাশহোঁয়া সাফল্য! (কাজেই ভূমি হচ্ছে করলে বলতে পারো বল তিন ধরনের: মহাকর্ষ, ইলেকট্রো উইক (Electro-weak) এবং নিউক্লিয়ার বল। কেউ এটাকে ভুল বলতে পারবে না!) অন্যগুলোকেও এক সূত্রে গাঁথার জন্য বিজ্ঞানীরা কাজ করে যাচ্ছেন।

## ৩.৩ সাম্যতা ও সাম্যতাবিহীন বল (Balanced and Unbalanced Forces)

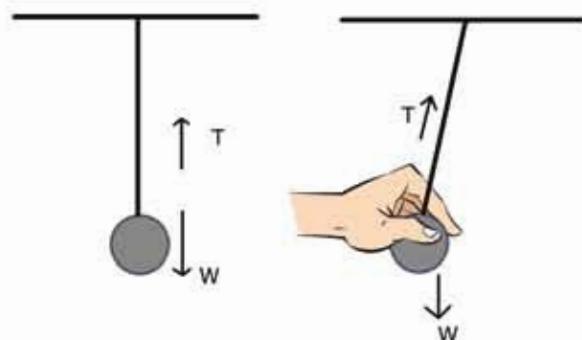
বল একটি ভেটর, কাজেই কোনো বস্তুর উপর যদি বল প্রয়োগ করা হয় তাহলে বিপরীত দিক থেকে অন্য একটি বল প্রয়োগ করে সেই বলটিকে কাটাকাটি করে দেওয়া সম্ভব। আমরা তখন বলি বলটি সাম্যাবস্থায় আছে। দুই বা ততোধিক বল একটি বস্তুর উপর প্রয়োগ করার পর বলগুলোর সম্মিলিত লক্ষ্য যদি শূন্য হয় তাহলে বস্তুটি স্থির থাকে।

৩.০২ চিত্রে দেখানো হচ্ছে একটা বস্তুকে সুতা দিয়ে ঝুলিয়ে দেওয়া আছে। বস্তুটির উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বল (অর্থাৎ বস্তুর ওজন  $W$ ), সোজা নিচের দিকে কাজ করছে। আবার আরেকটি বল যা সুতার টান খাড়া উপরের দিকে কাজ করছে। এখানে দুটি বল, একটি আরেকটির বিপরীত দিকে কাজ করে পরস্পরকে নিষ্ক্রিয় করে সাম্যাবস্থার সৃষ্টি করেছে।

যদি এখন সুতাটিকে কেটে দেওয়া যায় তাহলে সুতার টান T আর বস্তুটির উপর কাজ করবে না। শুধু পৃথিবীর অভিকর্ষ বল বা ওজন নিচের দিকে কাজ করবে, এখানে অভিকর্ষ বল বস্তুর ওজন

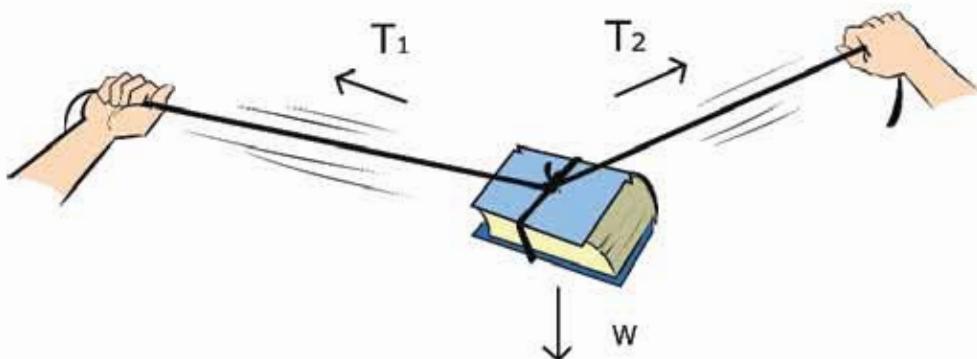
হচ্ছে অসাম্য বল। এই অসাম্য বলের কারণে বস্তুটি মাধ্যাকর্ষণজনিত ফরপে নিচের দিকে পড়তে শুরু করবে।

সূতাটি না কেটেও আমরা বস্তুটির উপর অসাম্য বল থেঝাগ করতে পারি। আমরা যদি বস্তুটিকে টেনে এক পালে একটুখানি সরিয়ে নিই তাহলে ওজন আর সূতার টান বিপরীত দিকে থাকবে না, তখন সূতার টান আর বস্তুটির ওজন এই দুটি বল মিলে একটি সম্মিলিত বল কাজ করবে এবং বস্তুটি হেচে দেওয়া মাত্র এই সম্মিলিত বস্তুটির উপর কাজ করতে শুরু করবে এবং বস্তুটি দূলতে থাকবে। এটি অসাম্য বলের আয়োক্তি উদাহরণ।



চিত্র 3.02: অসাম্য ছবিতে বলের একটি সাম্যাবস্থা আছে। বিভীষণ ছবিতে পেন্ডলামাটি হেচে দেওয়া মাত্র একটি সম্মিলিত বল কাজ করবে, যে কারণে পেন্ডলামাটি নড়তে শুরু করবে।

তিনটি বল মিলেও সাম্যাবস্থা তৈরি করা যেতে পারে। একটি ভারী বই একটি দড়ি দিয়ে বেঁধে দুই পাশ থেকে দড়ির দুই প্রান্ত টেনে ধরে বইটিকে স্থির অবস্থায় রুলিয়ে রাখা সম্ভব (চিত্র 3.03)। বইটি যেহেতু স্থির অবস্থায় আছে তাই এখানে বইটির ওজন  $W$  এবং দড়ির দুই প্রান্তের দুটি টান  $T_1$  এবং  $T_2$  মিলে বলের সম্মিলিত শূন্য হয়েছে।



চিত্র 3.03: দুই পাশ থেকে দূর্ঘি যত জোরেই টানার চেষ্টা করো না কেন, দূর্ঘি কখনোই দড়িটা পুরোপুরি সোজা করতে পারবে না, কাজল তাহলে বইয়ের ওজনের বলটিকে নিষ্কাশ করা যাবে না।



## নিজে করো

একটি ভাৱী বই দড়ি দিয়ে বেঁধে দড়িটি টেনে একেবাৰে সোজা কৰাৰ চেষ্টা কৰো। তুমি দড়িৰ দুই প্রান্তে ষত বলই প্ৰয়োগ কৰো না কেন দড়িটি টেনে কখনোই পুৱোপুৱি সোজা কৰতে পাৰবে না। তাৰ কাৰণ দড়িটা পুৱোপুৱি সোজা হলে বইয়েৰ ওজন W কে নিহিত কৰে বলেৰ মোট শক্তি কোনোভাৱে শূন্য কৰা সম্ভব নহ'।

### ৩.৪ ভৱবেগ (Momentum)

ধৰা যাব একটি ট্ৰোক এবং একটি বাইসাইকেল একই বেগে পিয়ে একটি ছোট গাড়িকে আঘাত কৰেছে। এই সমৰ্থে সাইকেল নাকি ট্ৰোক, কোনটি ছোট গাড়িটোৱ বেশি কষ্ট কৰতে পাৰবে? অবশ্যই ট্ৰোক, কাৰণ তাৰ ভৱ অনেক বেশি। সাইকেল এবং ট্ৰোক দুটোৱ বেগ এক হলেও ট্ৰোকৰ ভৱ অনেক বেশি, সেজন্য তাৰ ভৱবেগ অনেক বেশি। ভৱবেগ সহজভাৱে ভৱ এবং বেগেৰ গুণফলকে বলা হয়। ভৱ যদি  $m$  হয় এবং বেগ যদি  $v$  হয় তাহলে ভৱবেগ  $p$  হচ্ছে:

$$p = mv$$

এখনে ভৱ ক্ষেত্ৰৰ আশি, কিন্তু বেগ ভেট্ৰৰ, তাই ভৱবেগ ভেট্ৰৰ। তোমো খাৰপা কৰতে পাৱো যে সাধাৰণভাৱে যেহেতু কোনো কিন্তুৰ ভৱেৰ পৱিবৰ্তন হয় না তাই ভৱবেগেৰ পৱিবৰ্তন হতে পাৱে শুধু বেগেৰ পৱিবৰ্তন থকে। কিন্তু আমোৰ বিশেৰ কোনো ক্ষেত্ৰে দেখতে পাৰি গতিশীল কোনো কিন্তুৰ বেগেৰ পৱিবৰ্তন হয়নি, কিন্তু ভৱেৰ পৱিবৰ্তন হওয়াৰ কাৰণে তাৰ ভৱবেগেৰ পৱিবৰ্তন হৰে পেছে তোমাদেৱ যানে হতে পাৱে ভৱবেগ নামে নতুন একটা আশিৰ প্ৰচলন না কৰে এটিকে সব সময় ভৱ এবং বেগেৰ গুণফল হিসেবে বিবেচনা কৰা হলে কী সমস্যা ছিল? সাধাৰণভাৱে বড় কোনো সমস্যা না থাকলেও আলোৱ কপাৰ ব্যাপারে এটি অনেক বড় সমস্যা হতে পাৱে। আলোৱ কপাৰ বা ফোটলেৱ কোনো ভৱ নেই কিন্তু তাৰ ভৱবেগ আছে। অৰ্থাৎ ভৱ এবং বেগ থকে ভৱবেগ বেশি মৌলিক একটি আশি।

ভৱবেগেৰ একক হলো  $\text{kg m/s}$

ভৱবেগেৰ মাত্ৰা হলো  $[p] = \text{MLT}^{-1}$

যদি একাধিক বস্তু গতিশীল হয় এবং তাৰা ভিন্ন ভিন্ন বেগে যেতে থাকে তাহলে তাদেৱ একটা সম্মিলিত ভৱবেগ থাকে। বস্তুগুলোৱ ভিন্ন ভিন্ন বেগ থাকাৰ কাৰণে তলাৰ পথে একটিৰ সাথে

অন্যান্য সংঘর্ষ হতে পারে এবং সংঘর্ষের কারণে তাদের বেগের পরিবর্তনও হতে পারে। কিন্তু যদি বাইরে থেকে কোনো বল প্রয়োগ করা না হয় তাহলে সংঘর্ষের পরেও সমিলিত ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হয় না। এই প্রক্রিয়াটির নাম ভরবেগের নিয়ন্ত্রণ।



### উদাহরণ

**প্রশ্ন:** তৃতীয় একটি টেনিস বল  $10 \text{ m/s}$  বেগে একটা দেয়ালে ছুঁড়ে দেওয়ার পর এটা একই মুভিতে ঠিক তোমার দিকে ফিরে এসেছে। বলটার ভর  $100 \text{ gm}$  হলে ভরবেগের পরিবর্তন কত?

**উত্তর:** বলটি ছুঁড়ে দেওয়ার সময় ভরবেগ  $p = mv$ , দেয়ালে আঘাত করে ঠিক উপর্যুক্ত দিকে ফিরে আসার সময় ভরবেগ হচ্ছে  $p' = -mv$  কাজেই ভরবেগের পরিবর্তন:

$$p - (p') = mv - (-mv) = 2mv$$

এই পরিবর্তনের জন্য টেনিস বলটার উপর দেয়ালটা খুব অল্প সময়ের জন্য বল প্রয়োগ করেছে। ক্রিকেট খেলার সময় ব্যাটসম্যানরা এভাবে ব্যাট দিয়ে খুব অল্প সময়ের জন্য ক্রিকেট বলকে আঘাত করে সেটা ভরবেগের পরিবর্তন করে ফেলে। আমরা যেখানেকে বাড়িয়ারি কিংবা ছক্কা বলি।

## ৩.৫ সংঘর্ষ (Collision)

### ৩.৫.১ ভরবেগ এবং শক্তির সংরক্ষণশীলতা

যদি করি, একটি সমস্তলে  $m_1$  এবং  $m_2$  ভর  $u_1$  এবং  $u_2$  বেগে সরলরেখায় যাচ্ছে। তাদের বেগের ভিন্নতার কারণে ধৰা যাক তাদের মাঝে সংঘর্ষ হলো এবং সে কারণে তাদের বেগ পার্শ্বে পোল,  $m_1$  ভরাটির বেগ এখন  $v_1$  এবং  $m_2$  ভরাটির বেগ  $v_2$  (চিত্র ৩.০৪)। আমরা কি সংঘর্ষের পর বেগ  $v_1$  এবং  $v_2$  কত, সেটা বের করতে পারবো?

সংঘর্ষের আগে ভর দুটির সমিলিত ভরবেগ  $m_1u_1 + m_2u_2$

সংঘর্ষের পর ভর দুটির সমিলিত ভরবেগ  $m_1v_1 + m_2v_2$

বেহেজ বাইরে থেকে কোনো বল দেওয়া হয়নি তাই সংঘর্ষের আগে যেকোনু ভরবেগ হিল সংঘর্ষের পরেও সেটাকু ভরবেগ থাকবে। এটা হচ্ছে ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা বা নিয়ন্ত্রণ।

काजेई आमरा लिखते पारि

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

एखाले एकटि मात्र समीकरण एवं दुटो अजाना राशि  $v_1$  एवं  $v_2$ , काजेई आमरा  $v_1$  एवं  $v_2$  बरे करते पारब ना। यदि  $v_1$  एवं  $v_2$  बरे करते चाहे ताहले आरेकटा समीकरण दरकार, सौभाग्यात्रमे आमदेव आरो एकटि समीकरण आहे। परेवर अखाऱे आमरा यादल शक्ति सजाकर्के जानव तथ्यन शक्तिर निःजातार सूत्र थेके छित्रामध्ये आरेकटि समीकरण पेझे याव, सेचि हजेच शक्तिर संरक्षणशीलतार सूत्र। तोमरा परेवर अखाऱे देखवे  $m$  भरेव कोनो बस्तु यदि  $U$  बेगे याय ताहले तार गति शक्ति  $\frac{1}{2}mu^2$ ।

काजेई आमरा शक्तिर संरक्षणशीलता व्यवहार करे लिखते पारि:

$$\frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$$



निजे करो

तोमरा निचेर एই दुटो सूत्र व्यवहार करे  $v_1$  एवं  $v_2$  एव यान बरे करो।

तरावेपेव संरक्षणशीलता सूत्राटि एजाबे लिखते पारि:  $m_1(u_1 - v_2) = m_2(v_2 - u_2)$

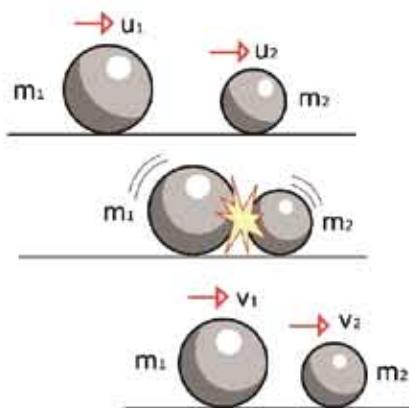
शक्तिर संरक्षणशीलता सूत्राटि एजाबे लिखते पारि:  $m_1(u_1^2 - v_1^2) = m_2(v_2^2 - u_2^2)$

एवारे एই दुटो समीकरण व्यवहार करे खुब सहजेई संघर्षेर पर  $m_1$  एवं  $m_2$  भरेव बेग  $v_1$  एवं  $v_2$  बरे करते पारब। सेचि हजेच:

$$v_1 = \frac{(m_1 - m_2)u_1 + 2m_2u_2}{m_1 + m_2}$$

एवं

$$v_2 = \frac{(m_2 - m_1)u_2 + 2m_1u_1}{m_1 + m_2}$$



चित्र 9.04:  $m_1$  एवं  $m_2$  शर्वस्पर्शके आघात करार पर तादेव बेग परिवर्तित हरे  $v_1$  एवं  $v_2$  हरेहे।

সূত্র দুটোর দিকে তাকিয়েই তুমি বলতে পারবে দুটোর ভর যদি সমান হয়, অর্থাৎ  $m_1 = m_2$  তাহলে  $v_1 = u_2$  এবং  $v_2 = u_1$  অর্থাৎ বশু দুটো একটি অ্যাটির সাথে তাদের বেগ পাল্টে নেয়।



### নিজে করো

আমরা একুনি এই পরীক্ষাটি করতে পারো। একটা মারবেল খিল রেখে অন্য একটা মারবেল দিয়ে সেটাকে টোকা দাও বেল সেটি ছুটে পিয়ে খিল মারবেলকে আঘাত করে। দেখবে টোকা দেওয়া মারবেলটা খিল হয়ে যাবে এবং খিল মারবেলটা ছুটে আসা মারবেলের গতিতে বের হয়ে যাবে।

দুটো বশুর সংঘর্ষের পর তাদের বেগ কত হয় সেটি ব্যবহার করে আমরা সড়ক দূর্ঘটনার বিষয়গুলো খুব সহজে ব্যাখ্যা করতে পারব।

### ৩.৫.২ নিরাপদ ভ্রমণ: গতি ও বল

আমরা পরের অঙ্গায়ে শক্তি সমর্কে জ্ঞানার সময় পতিষ্ঠিত বিষয়টি বিস্তারিতভাবে বুঝতে পারব কিন্তু “সংঘর্ষ” পড়ার সময় এর মাঝে জেনে পেছি যে পতিষ্ঠিতকে  $\frac{1}{2}mv^2$  হিসেবে প্রকাশ করতে হয়। অমগ সকার্কে আলোচনা করার জন্য বিষয়টি খুবই পুরুষপূর্ণ। শক্তির মাঝে বেগের বর্গ রয়েছে, যার অর্থ বেগ বিশুণ করা হলে শক্তি চার শৃঙ্খ বেড়ে যায়। যখন দুটো গাড়ির মাঝে সংঘর্ষ হয় তখন এই শক্তিটির কারণেই গাড়ি ক্ষতিগ্রস্ত হয় এবং আরোহীরা আঘাত পায়। কাজেই দুর্ঘটনার সময় ক্ষতি কয়ানোর সবচেয়ে সহজ উপায় হচ্ছে গতি কম রাখা। আমদের দেশের বেশিরভাগ দুর্ঘটনা হয় গাড়ির বেগ বেশি রাখার কারণে। তখন গাড়িকে নিরাপত্ত করাও কঠিন হয় এবং দুর্ঘটনা ঘটার সময় সেখানে অনেক শক্তি ব্যয় হয়।

ধরা যাক গথে একটি অনেক জাতী গাথর বোকাই ট্রাকের ( $m_1$ ) সাথে একই বেগে আসা ছোট একটা গাড়ির ( $m_2$ ) মুখ্যমুখি সংঘর্ষ হয়েছে। কে বেশি ক্ষতিগ্রস্ত হবে?

যেহেতু মুখ্যমুখি সংঘর্ষ হয়েছে তাই ছোট গাড়ির বেগ ট্রাকের বেগের বিপরীত।

অর্থাৎ ট্রাকের বেগ  $u$  হলে গাড়ির বেগ  $-u$

যেহেতু ছোট গাড়ির ভর  $m_2$  ট্রাকের ভর  $m_1$  এর তুলনায় অনেক কম সেটাকে শূন্য ধরে নিলে খুব বেশি ঝুঁত হবে না কিন্তু আমদের হিসাবটি খুব সহজ হবে। (তুমি ইচ্ছা করলে সভিকান্তের বাস-স্ট্রাক

এবং ছোট গাড়ির কর নিয়ে হিসাবটি করে দেখতে পাওয়া)  $m_2$  কে শূন্য ধরে আমরা দেখি সংবর্দ্ধের পর ট্রাকের বেগ,

$$v_1 = \frac{(m_1 - 0)u + 2 \times 0 \times (-u)}{m_1 + 0} = u$$

এবং

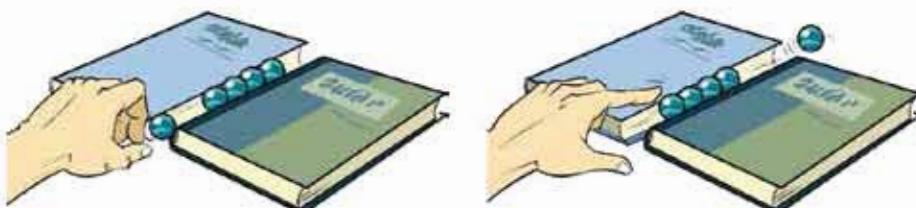
$$v_2 = \frac{(0 - m_1)(-u) + 2m_1u}{m_1 + m_2} = 3u$$

ফলাফলটি খুবই উচিতজনক। সংবর্দ্ধের পর ট্রাকটি একই বেগে যেতে থাকবে, অর্থাৎ সংবর্দ্ধের জয়াবহুল অনুভব করবে না। ছোট গাড়িটির বেগ  $-u$  থেকে পরিবর্তিত হয়ে  $3u$  হয়ে যাবে যার অর্থ বেগের পরিবর্তন  $3u - (-u) = 4u$ , ছোট গাড়ির বেগের দিক পরিবর্তিত হয়ে উল্লেখিকে চার মুণ্ড বেগে ছিটকে যাবে। এই প্রক্রিয়ার ছোট গাড়িটি দুয়ফেস্চুচ্ছে থাইস হয়ে যাবে এবং আরোহীদের প্রাণ হারানো হবে খুবই স্মার্ভিক ঘটনা।

কাজেই আমাদের পথে জারী ট্রাক এবং জারী বাস খুব সতর্ক হয়ে চালাতে হবে, কারণ দুর্ঘটনায় তারা বেশি ক্ষতিগ্রস্ত না হলেও তাদের সাথে মুখোমুখি সংবর্দ্ধ হলে ছোট গাড়ি অনেক বেশি ক্ষতিগ্রস্ত হয়।



### নিয়ে করো



চিত্র 3.05: ভরবেগ এবং শক্তির সংরক্ষণশীলতার পরীক্ষা

দুটি বই সমানভাবে পাশাপাশি রেখে যারখানের ফাঁকাটিতে চার-পাঁচটি মারবেল রাখে যেন একটি আঞ্জুকটিকে স্পর্শ করে থাকে (চিত্র 3.05)। এখন একটি মারবেলকে টোকা দিয়ে বাকি মারবেলের সাথিকে আঘাত করো। দেখবে একটি মারবেল দিয়ে এক পাশে আঘাত করলে অন্য পাশ দিয়ে একটি মারবেল বের হবে, দুটি দিয়ে আঘাত করলে দুটি মারবেল বের হবে। কখনোই একটি মারবেল দিয়ে আঘাত করে দুটি মারবেলকে কিন্বা দুটি মারবেল দিয়ে আঘাত করে একটি মারবেলকে বের করতে পারবে না।

### ৩.৬ বস্তুর গতির উপর বলের প্রভাব: নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র (Effect of Force on Motion: Newton's Second Law)

ফুটবলের মাঠে আমরা সব সময়ই একজন খেলোয়াড়কে একটা স্থির ফুটবলকে কিক করে সেটা গতিশীল করে দূরে পাঠিয়ে দিতে দেখেছি। কিক করার সময় যখন ফুটবলটি স্পর্শ করে শুধু সেই মূহূর্তিতে ফুটবলটিতে বল প্রয়োগ করা হয়, সেই বলের কারণে স্থির ফুটবলটি গতিশীল হয়।

আমরা শুধু এক মূহূর্তের জন্য বল প্রয়োগ না করে দীর্ঘ সময়ের জন্যও বল প্রয়োগ করতে পারি। একটা স্থির ঠেলাগাড়িকে বেশ কিছুক্ষণ ঠেলে তার ভেতরে একটা গতি তৈরি করে ছেড়ে দিতে পারি। ঘর্ষণের কারণে থেমে না যাওয়া পর্যন্ত সেটি বেশ খানিকক্ষণ গড়িয়ে যেতে পারে।

বল প্রয়োগ করে বেগের দিকও পরিবর্তন করা যায়। ক্রিকেট খেলার মাঠে যখন বোলার ব্যাটসম্যানের দিকে একটা ক্রিকেট বল ছুড়ে দেয়, ব্যাটসম্যান তখন ব্যাটের আঘাতে বলটিকে তার ব্যাট দিয়ে আঘাত করে বলটিকে সম্পূর্ণ অন্যদিকে পাঠিয়ে দিতে পারে।

উপরের তিনটি উদাহরণই আমরা দেখেছি অল্প সময় বা বেশি সময়ের জন্য কোনো কিছুর উপর বল প্রয়োগ করে তার বেগের পরিবর্তন করা হয়েছে। আমরা আগের অধ্যায়ে দেখেছি যে বেগের পরিবর্তনের হার হচ্ছে ত্বরণ। কাজেই বলা যেতে পারে কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করা হলে তার ত্বরণ হয়। বস্তুর উপর প্রয়োগ করা বল এবং ত্বরণের সম্পর্কটি হচ্ছে নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র:

**নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র:** বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার তার উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং যেদিকে বল প্রয়োগ করা হয় ভরবেগের পরিবর্তনও ঘটে সেদিকে।

ধরা যাক কোনো একটা বস্তুর আদি বেগ ছিল  $u$  এবং  $t$  সময় পর সেই বেগ পরিবর্তিত হয়ে (বেড়ে কিংবা কমে) হয়েছে  $v$ , কাজেই ভরবেগের পরিবর্তন হচ্ছে:

$$mv - mu$$

কাজেই ভরবেগের পরিবর্তনের হার:

$$\frac{mv - mu}{t} = m \frac{(v - u)}{t} = ma$$

যেহেতু এখানে ধরে নিয়েছি ভরের কোনো পরিবর্তন হয়নি তাই এভাবে লিখতে পারি। তাছাড়া আমরা জানি ত্বরণ হচ্ছে

$$a = \frac{v - u}{t}$$

সুতরাং প্রয়োগ করা বল যদি  $F$  হয় তাহলে আমরা নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রকে লিখতে পারি:

$$F \propto ma$$

কিন্তু আমরা সূত্রটাকে সমানুপাতিকভাবে লিখতে চাই না, সমীকরণ হিসেবে লিখতে চাই।  
তাহলে একটা সমানুপাতিক ধূব  $k$  ব্যবহার করে আমাদের লিখতে হবে

$$F = kma$$

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রটির বেলায় এবারে একটা চমকপ্রদ ব্যাপার ঘটানো সম্ভব। যেহেতু বল বিষয়টাই এর আগে কোথাও ব্যাখ্যা করা হয়নি, (নিউটনের প্রথম সূত্র দিয়ে শুধু সেটার একটা ধারণা দেওয়া হয়েছে) দ্বিতীয় সূত্র দিয়ে এই প্রথম সেটাকে প্রথমবার পরিমাপ করা হবে। তাই ধূবকের একটি মান দিতে হবে। আমরা বলতে পারি নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করার সময় সমানুপাতিক ধূবককে ১ ধরা হলে যেটা পাব সেটাই হচ্ছে বলের পরিমাপ! কী সহজে একটা সমানুপাতিক সম্পর্ককে সমীকরণ বানিয়ে ফেলা যায়।

সুতরাং আমরা নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রটাকে একটা সমীকরণ হিসেবে লিখতে পারি। বল যদি  $F$  হয় এবং সমানুপাতিক ধূবককে যদি ১ ধরে নিই তাহলে

$$F = ma$$

এই ছোট এবং সহজ সমীকরণটি যে পদার্থবিজ্ঞানের জগতে কী বিপ্লব করে দিতে পারে সেটি বিশ্বাস করা কঠিন।

বলের একক হচ্ছে নিউটন  $N$

বলের মাত্রা হচ্ছে  $[F] = MLT^{-2}$

এখানে মনে রাখতে হবে, নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রটি শুধু রৈখিক গতির জন্য সত্যি নয়, এটি যেকোনো গতির জন্য সত্যি। আমরা মাধ্যাকর্ষণ বল সম্পর্কে জেনেছি, নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র ব্যবহার করে মহাকর্ষ বলের কারণে সূর্যকে ঘিরে ঘূরতে থাকা গ্রহদের গতিও ব্যাখ্যা করতে পারব। তবে আমরা এই বইয়ে নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রটি শুধু রৈখিক গতির মাঝে সীমাবদ্ধ রাখব।

একটি বস্তুর উপর যদি বল প্রয়োগ করা হয় তাহলে নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র ব্যবহার করে খুব সহজে তার ত্বরণ বের করা যায়। (বলকে ভর দিয়ে ভাগ করা হলে ত্বরণ বের হয়ে যাবে) ত্বরণ জানা থাকলে গতির সূত্রগুলো ব্যবহার করে তার বেগ কিংবা অতিক্রান্ত দূরত্ব বের করা সম্ভব। অন্যভাবে

আমরা বলতে পারি যে যদি আমরা কোনো বস্তুকে গভীর দেখি এবং তার ভরণ্টাকু বের করতে পারি তাহলে তার স্বর জানা থাকলে তার উপর কভটকু বল প্রয়োগ করা হয়েছে সেটিও বের করা সহজ।

এবাবে আমরা কয়েকটি উদাহরণ দেখি।



### উদাহরণ

**শর্ষ:** 5 kg ভরের একটি স্থির বস্তুর শুপর 100 N বল 10 s পর্যন্ত প্রয়োগ করা হলো। (a) বল প্রয়োগ করার কারণে ভরণ কত? (b) 10 s পরে বেগ কত? (c) 20 s পরে বেগ কত? (d) 20 s সময়ে কভটকু দূরত্ব অতিক্রম করেছে? (e) বেগ এবং অতিক্রান্ত দূরত্ব আফ একে দেখাও।

**উত্তর:** (a) ভরণ

$$a = \frac{F}{m} = \frac{100 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 20 \text{ m/s}^2$$

(b) 10s পরে বেগ

$$v = u + at = 0 + 20 \times 10 \text{ m/s} = 200 \text{ m/s}$$

(c) 10 s পর্যন্ত বল প্রয়োগ করা হয়েছে, এরপর বেহেতু আর বল প্রয়োগ করা হয়নি কাজেই 200 m/s বেগ পৌঁছানোর পর বেগ অপরিবর্তিত থাকবে। অর্থাৎ 20 s পরে বেগ 200 m/s

(d) 20 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব দূইবাবে বের করতে হবে।

প্রথম 10 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব:

$$s_1 = ut + \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^2 \text{ m} = 1000 \text{ m}$$

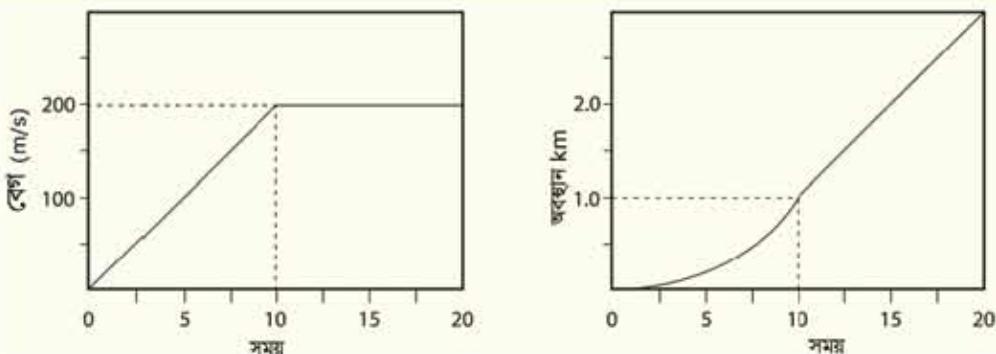
দ্বিতীয় 10 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব:

$$s_2 = vt = 200 \times 10 \text{ m} = 2000 \text{ m}$$

মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব

$$s = s_1 + s_2 = 1000 \text{ m} + 2000 \text{ m} = 3000 \text{ m} = 3 \text{ km}$$

(e) 3.06 চিঠ্ঠি দেখানো হয়েছে।



চিত্র 3.06: বেগ-সময় এবং অবস্থান-সময়ের দুটি ধোকা বা লেখচিত্র

**প্রশ্ন:** পিছর অবস্থা থেকে শুরু করে 10 সেকেন্ডে একটা বস্তু 100 m দূরত্ব অতিক্রম করতে 20 N বল দিতে হয়েছে। বস্তুটির ভর কত?

**উত্তর:**

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$u = 0$$

$$a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \times 100}{10^2} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$F = ma$$

$$m = \frac{F}{a} = \frac{20}{2} \text{ kg} = 10 \text{ kg}$$

### 3.7 মহাকর্ষ বল (Gravitational Force)

আমরা বল কী সেটা বলেছি (বেটা দূরপ্রের জগৎ দেয়) সেটা কেমন করে পরিমাপ করতে হবে সেটাও বলেছি (ভৱ আৰ দূৰপ্রের পুণকল) কিন্তু এখনো জোড়াদের সংজ্ঞাকাৰ কোনো বলের সাথে পরিচয় কৰিয়ে দিইনি। পদার্থবিজ্ঞানের একটি চমকপ্রদ বল হচ্ছে মহাকর্ষ বল, ভৱ আছে সে বলক যেকোনো

বস্তু অন্য বস্তুকে মহাকর্ষ বল দিয়ে আকর্ষণ করে। ধরা যাক, দুটি ভর  $m_1$  এবং  $m_2$  তাদের মাঝে  
দূরত্ব  $r$  তাহলে তাদের মাঝে যে বল সৃষ্টি হবে (চিত্র 3.07) সেটাকে যদি আমরা  $F$  বলি তাহলে

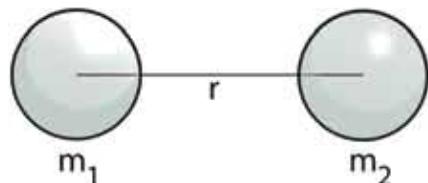
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

এখানে  $G$  হচ্ছে মহাকর্ষীয় পৃথক এবং তার মান হচ্ছে:

$$6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{kg}^{-2}$$

এখানে মনে রাখতে হবে  $m_1$  ভরটি  $m_2$  কে নিজের দিকে  $F$  বলে আকর্ষণ করে আবার  $m_2$  ভরটি  
 $m_1$  কে নিজের দিকে আকর্ষণ করে।

এই দুটো ভরের একটা যদি আমাদের পৃথিবী হয়  
এবং আমরা যদি থেরে নিহ তার ভর  $M$  এবং  
পৃথিবীর উপরে  $m$  ভরের অন্য একটা জিনিস রাখা  
হয় তাহলে পৃথিবী  $m$  ভরকে তার কেন্দ্রের দিকে  
 $F$  বলে আকর্ষণ করবে।



চিত্র 3.07: দুটি ভরের মাধ্যকর্ষণ বল

$$F = G \frac{mM}{R^2}$$

এই বলটিই আসলে বস্তুটির গুজন। মনে রাখতে হবে এখানে  $R$  পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে  $m$  ভরটি  
পর্যন্ত দূরত্ব। পৃথিবীগুঠ থেকে  $m$  ভরের দূরত্ব নয়। যেহেতু পৃথিবীর ব্যাসার্ধ অনেক (আপ্ত 6000  
km) কাজেই পৃথিবীর পৃষ্ঠে ছোটখাটো উচ্চতাকে ধর্তব্যের মাঝে আনার প্রয়োজন নেই। পৃথিবীর  
কেন্দ্র থেকে দূরত্ব যাপা হয় কারণ যদি সোলাকার কোনো বস্তু হয় তাহলে তার সমস্ত ভর  
কেন্দ্রবিন্দুতে জমা হয়ে আছে ধরে নিলে কোনো কুল হয় না। (তার কারণ পৃথিবীর প্রত্যেকটা বিন্দুই  
 $m$  ভরকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে এবং সবগুলো আকর্ষণ একত্র করা হলে মনে হয় যেন পৃথিবীর  
সমস্ত ভরটুকুই কেন্দ্রবিন্দুতে জমা হয়ে আছে)

পৃথিবীর মাধ্যকর্ষণ বলের জন্য  $m$  ভরটি একটি দূরণ অনুভব করবে। মাধ্যকর্ষণের জন্য যে দূরণ  
হয় সেটাকে  $a$  না লিখে  $g$  লেখা হয় সেটা আমরা আগেই বলেছি। কাজেই  $F = ma$  এর পরিবর্তে  
লিখতে পারি:

$$G \frac{mM}{R^2} = mg$$

ফিল্বা,

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

৫০ পৃথিবীর ভর  $M = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$ , পৃথিবীর ব্যাসার্ধ  $R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$

অতএব,

$$g = \frac{GM}{R^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}}{(6.37 \times 10^6)^2} \text{ m/s}^2 = 9.8 \text{ m/s}^2$$

আমরা এর আগের অধ্যায়েই পড়ির সমীকরণে  $g$  এর এই মান ব্যবহার করেছি, এখন তোমরা জানতে পারলে কেন  $g$  এর এই মান ব্যবহার করা হয়েছিল।



### উদাহরণ

অংশ: স্পেস স্টেশনের উচ্চতা পৃথিবীগৃহ থেকে আনুমানিক 100 km. সেখালে  $g$  এর মান কত?

উত্তর: স্পেস স্টেশনে মাধ্যাকর্ষণিক ক্রল  $g'$  হলে

$$g' = \frac{GM}{(R+r)^2}$$

এখালে  $R$  পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6000 km  
এবং স্পেস স্টেশনের উচ্চতা  $r =$   
100 km



চিত্র 3.08: মহাকাশবাসে অসমান এক্সোলট

$$g' = \frac{GM}{(R+r)^2} = \frac{GM}{R^2(1+r/R)^2} = \frac{g}{(1+r/R)^2}$$

$$g' = \frac{g}{1.016^2} = 9.49 \text{ m/s}^2$$

$g'$  এর মান যোগেই শূন্য নয় ভাবলে সেখালে মহাকাশচারীরা ওজনহীন (চিত্র 3.08) কেন?

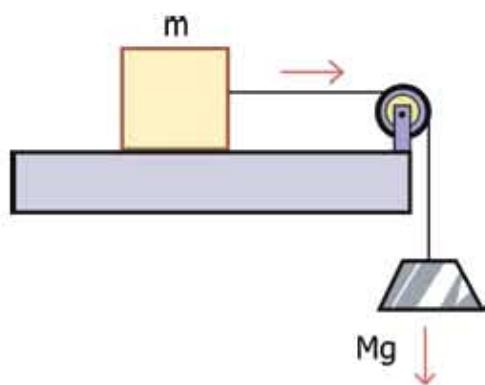
মাধ্যাকর্ষণিক ক্রল  $g$  জানা থাকলে আমরা খুব সহজেই ঘেকোনো ভৱ  $m$  এর জন্য মাধ্যাকর্ষণিক বল বের করতে পারব। সেটি হবে

$$F = G \frac{mM}{R^2} = m \frac{GM}{R^2} = mg$$

একটি বস্তুর উপর মাধ্যাকর্ষণনিষ্ঠ বলটি আসলে বস্তুটির ওজন। কাজেই একটি ভর ব্যবহার করে আমরা অন্য একটি বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করতে পারি। তখনে  $M$  ভর খুলিয়ে রাখার জন্য তার উপর মাধ্যাকর্ষণ বল  $Mg$  নিচের দিকে কাজ করছে। সেটি একটি কপিকল এবং সুতো দিয়ে টেবিলের উপর রাখা  $m$  ভরটির উপর প্রয়োগ করা হচ্ছে। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী  $m$  ভরটির একটি ফর্মুল হবে। অর্থাৎ

$$a = \frac{F}{m} = \frac{Mg}{m}$$

এই ফর্মুল ব্যবহার করে আমরা টেবিলের উপর রাখা বস্তুটির গতি বিশ্লেষণ করতে পারব।



চিত্র ৩.০৭: একটি বস্তুর ওজন অন্য বস্তুর উপরে বল প্রয়োগ করছে।



### উদাহরণ

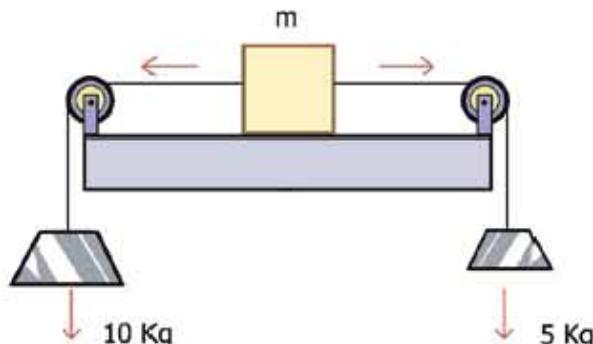
**প্রশ্ন:** ৩.১০ টিমে দেখানো উপায়ে একটি  $m$  ভরের দুই পাশে দুটি কপিকল ব্যবহার করে ১০ kg এবং ৫ kg ভরের দুটি ওজন খুলিয়ে দেওয়া হয়েছে।  $m$  ভরটির উপর কত বল কাজ করছে?

**উত্তর:** ১০ kg এবং ৫ kg ভর কোনো বল নয়, এগুলো ভর, কাজেই এগুলোকে প্রথমে  $g$  দিয়ে পৃথক দিয়ে বলে পরিণত করে নিতে হবে।

$$10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 98 \text{ N}$$

$$5 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 49 \text{ N}$$

কাজেই  $m$  ভরটির উপর বাম দিকে 98 N দিয়ে এবং ডান দিকে 49 N দিয়ে টানা হচ্ছে। বলা যায় দুটো যোগ হয়ে বাম দিকে 49 N বল কাজ করছে। ( $m$  ভরটির উপর আরেকটি  $mg$  বল সোজা নিচের দিকে কাজ করছে, কিন্তু সেটি টেবিলের প্রতিক্রিয়া বল দিয়ে কাটাকাটি হয়ে আছে। সেটি কেমন করে হয় তা একটু পরেই জানতে পারবে।)



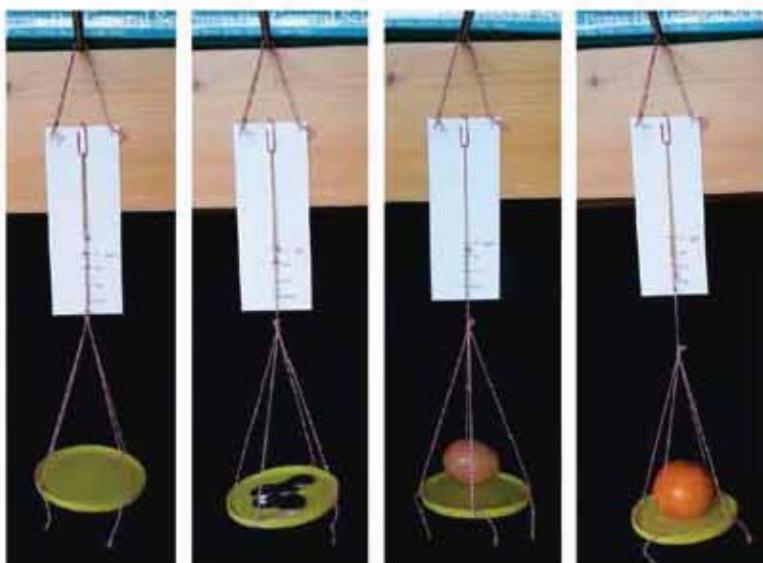
চিত্র ৩.১০: কপিকল দিয়ে একটি ভরকে দুইপাশ থেকে দুটি ওজনের মাধ্যমে বল প্রয়োগ করা হচ্ছে।



নিজে করো

### ৱাবাৰ ব্যাণ্ডেৰ ব্যালেন্স (Rubber Band Spring Balance)

ছেটখাটো জিনিসেৰ অজন মাপাৰ অজ্ঞ শিং ব্যালেন্স ব্যৱহাৰ কৰা হয়। ভোমাদেৱ সৰাৰ কাছে শিং ব্যালেন্স ধাৰাৰ সঢ়াবনা কৰ। কাজেই কাজ চালালোৱ অজ্ঞ তোমৰা একটা ৱাবাৰ ব্যাণ্ড দিয়ে শিং ব্যালেন্স তৈৱি কৰে নিতে পাৰবে। একটা কৌটাৰ প্লাস্টিকেৱ ঢাকলাকে অজন ৱাখাৰ পান হিসেবে ব্যৱহাৰ কৰতে পাৰো, চারপাশে চারটি ফুটো কৰে সুতা দিয়ে



চিত্ৰ 3.11: ৱাবাৰ ব্যাণ্ড দিয়ে তৈৱি শিং ব্যালেন্স।

বেঁধে নাও। সেটা ৱাবাৰ ব্যাণ্ডেৰ এক পাশ থেকে ঝুলিয়ে নাও। ৱাবাৰ ব্যাণ্ডেৰ অন্য পাশটি একটা পেপাৰ ক্লিপ দিয়ে একটা ৰোডেৰ সাথে লাগিয়ে নাও। ৰোডটা কোনো জায়গায় ঝুলিয়ে দাও।

ফুমি ৰে সুতা দিয়ে প্যানটি ৱাবাৰ ব্যাণ্ডেৰ সাথে ঝুলিয়ে দিয়েছ, সেখানে একটা কালো বিন্দু দিয়ে নাও। প্যানে কোনো ঘজন না থাকা অবস্থায় সুতাৰ কালো বিন্দুটি যেখানে থাকবে সেখানে ৰোডে একটা দাগ দাও, এটি শূন্য ভৱ। এবাৰে প্যানে পাঁচটি পাঁচ টাকাৰ কয়েন ৱাখো, একেকটি কয়েনেৰ ভৱ ৪ gm, কাজেই মোট ভৱ হবে ৪০ gm। তখন সুতাৰ কালো বিন্দুটি যেখানে থাকবে সেখানে আৱেকটি দাগ দাও, এটি হচ্ছে ৪০ gm।

এবাবে ০ থেকে ৪০ gm অংশটিতে একটি রেখা টেনে রেখাটি ৪ ভাগ করো, প্রতিটি ভাগ হচ্ছে ১০ gm করে। এখন রেখাটিকে আরো লম্বা করে আরও বেশি ভর মাপার জন্য কেলিব্রেট করে নাও। তুমি যতো নিখুঁতভাবে মাপতে চাও রেখাটিকে সেভাবে ভাগ করে নাও।

তোমার রাবার ব্যালেন্স তৈরি হয়ে গেছে, এখন এটি দিয়ে তুমি তোমার আশে পাশের ছোটখাটো জিনিসপত্রের ভর মেপে দেখতে পারবে। তোমার কাছে সত্যিকারের স্প্রিং ব্যালেন্স থাকলে আরো সুস্থিতভাবে ভর এবং সেখান থেকে ওজন বের করতে পারবে।

ক্রমিক সংখ্যা	বস্তুর নাম	ব্যালেন্স থেকে গ্রামে পাওয়া বস্তুর ভর m	কেজিতে বস্তুর ভর $M = m/1000 \text{ kg}$	বস্তুর ওজন $w = Mg$ নিউটন

### ৩.৮ নিউটনের তৃতীয় সূত্র (Newton's Third Law)

কোনো বল প্রয়োগ না করলে কী হয় সেটি আমরা জানতে পেরেছি নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে। বল প্রয়োগ করলে কী হয় সেটা আমরা জেনেছি নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র থেকে। যখন একটি বস্তু অন্য বস্তুর ওপর বল প্রয়োগ করে তখন বস্তু দুটির মাঝে কী ধরনের প্রতিক্রিয়া হয়, সেটি আমরা জানতে পারব নিউটনের তৃতীয় সূত্র থেকে। সূত্রটি এ রকম:

**নিউটনের তৃতীয় সূত্র:** যখন একটি বস্তু অন্য একটি বস্তুর ওপর বল প্রয়োগ করে তখন সেই বস্তুটির প্রথম বস্তুটির ওপর বিপরীত দিকে সমান বল প্রয়োগ করে।

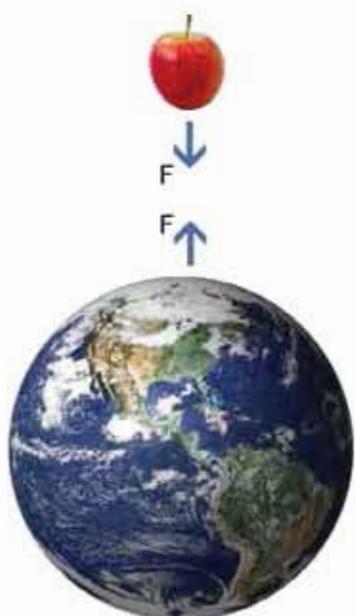
পদার্থবিজ্ঞানের বইয়ে সাধারণত যেভাবে নিউটনের তৃতীয় সূত্র লেখা হয়, “প্রত্যেকটি ক্রিয়ার (action) একটা সমান এবং বিপরীত প্রতিক্রিয়া (Reaction) থাকে”, আমরা এখানে সেভাবে লিখিনি। আমাদের এতক্ষণে যেহেতু বল সম্পর্কে খানিকটা ধারণা হয়েছে হঠাতে করে বলকে “ক্রিয়া” কিংবা “প্রতিক্রিয়া” বললে বিভ্রান্তি হতে পারে! তার চেয়ে বড় কথা যারা নতুন পদার্থবিজ্ঞান শেখে তাদের প্রথম প্রশ্নই হয় যে যদি সকল ক্রিয়ার (কোনো একটি বল) একটি বিপরীত প্রতিক্রিয়া

(আরেকটি বল) থাকে তাহলে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া একে অপরকে কাটাকাটি করে শূন্য হয়ে যাব না কেন? এ জন্য তৃতীয় সূত্রটিতে খুব স্পষ্ট করে লিখে দেওয়া দরকার, তৃতীয় সূত্র বলছে যে যদি দুটি বস্তু A এবং B থাকে তাহলে A বল B বলের উপর বল প্রয়োগ করে তখন B বল প্রয়োগ করে A এর উপর। বিপরীত দুটি বল তিনি ক্ষমতাতে কাজ করে, কখনোই এক ক্ষমতাতে নয়। যদি একই ক্ষমতাতে দুটি বল প্রয়োগ করা হতো শুধু তাহলেই একে অন্যকে কাটাকাটি করতে পারত। এখানে কাটাকাটির কোনো সুযোগ নেই।

কয়েকটা উদাহরণ দিলে বিষয়টা পরিষ্কার হবে। ধরা যাক উপর থেকে আমরা  $m$  ভরের একটা বস্তু (আপেল) উপর থেকে ছেড়ে দিয়েছি (চিত্র 3.12)। আমরা জানি পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণ বলের জন্য  $m$  ভর পৃথিবীর দিকে একটা বল  $F$  অনুভব করবে;

$$F = G \frac{mM}{R^2}$$

আমরা আসেই দেখেছি এই বলটাকে  $mg$  হিসেবে লেখা যায়।



চিত্র 3.12: একটি ভরকে পৃথিবী যেমন আকর্ষণ করে তরাটি পৃথিবীকেও সেভাবে আকর্ষণ করে।

নিউটনের তৃতীয় সূত্র শেখার পর আমরা জানি  $m$  ভরটিও বিশাল পুরো পৃথিবীটাকে নিজের দিকে আকর্ষণ করবে। সেই বলটিও  $F$  শুধু বিপরীত দিকে। আমরা এই বলটিকে নিয়ে মাথা ঘামাই না, তার কারণ এই বলটার কারণে পৃথিবীর ক্ষেত্রে ত্বরণ  $a$  হচ্ছে সেটা ইচ্ছে করলে বের করতে পারি:

$$F = Ma$$

এখানে  $M$  হচ্ছে পৃথিবীর ভর এবং  $a$  হচ্ছে পৃথিবীর ত্বরণ

কাজেই

$$a = \frac{F}{M} = \frac{mg}{M} = \left(\frac{m}{M}\right)g$$

যদি পৃথিবীর ভর  $M = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$  হয় তাহলে আমরা যদি  $1 \text{ kg}$  ভরের একটা বস্তুর উপর থেকে ছেড়ে দিই তার জন্য পৃথিবীর ত্বরণ হবে

$$a = 1.6 \times 10^{-24} \text{ m/s}^2$$

এটি এত সুজ যে কেউ এটা নিয়ে মাথা দ্বামায় না! তুমি যখন পরেরবার কোনো জায়গায় শাক দেবে তখন মনে রেখো নিচে পঞ্চার সময় পুরো পৃথিবীকে তুমি আকর্ষণ করে নিজের দিকে টেনে নিয়েছিলো (যত কমই হোক তুমি সারা পৃথিবীকে নিজের দিকে টেনেছিলে, সেটা নিয়ে একটু পর করতে পারো।)

নিউটনের তৃতীয় সূত্র বোবার সবচেয়ে সহজ উপায় হচ্ছে আমরা কীভাবে হাঁটি সেটা বোবা। আমরা সবাই হাঁটতে পারি এর পেছনে কী পদার্থবিজ্ঞান আছে সেটা না জেনেই সবাই হাঁটে। কিন্তু তোমরা যেহেতু পদার্থবিজ্ঞান শিখতে শুরু করেছ তোমাদের খুব সহজ একটা প্রয়োগ করা যায়। তুমি যেহেতু স্থির অবস্থা থেকে হাঁটতে পারো, কাজেই আসলে তোমার একটি ঝুরণ হচ্ছে, যার অর্থ তোমার উপর বল প্রয়োগ করা হচ্ছে। কিন্তু আমরা সবাই জানি কেউ আমাদের উপর বল প্রয়োগ করে না। আমরা নিজেরাই হাঁটি। কেমন করে সেটা সম্ভব?

নিউটনের তৃতীয় সূত্র না আলা থাকলে আমরা কখনোই হাঁটার বিষয়টা ব্যাখ্যা করতে পারতাম না। আমরা যখন হাঁটি তখন আমরা পা দিয়ে যাওয়া দিই (অর্ধাং বল প্রয়োগ করি) তখন মাটিতে ধাক্কা দিই (অর্ধাং বল প্রয়োগ করি) তখন মাটিটা নিউটনের তৃতীয় সূত্র অনুধাবী আমাদের শরীরে সমান এবং বিপরীত বল প্রয়োগ করে (চিত্র 3.13)। এই সমান এবং বিপরীত বলটা দিয়েই আমাদের ঝুরণ হয়, আমরা হাঁটি।

বিষয়টা যাদের বুকাতে একটু সমস্যা হচ্ছে তাদেরকে মনে করিয়ে দেওয়া যায়, শুন মাটিতে হাঁটি সোজা কিন্তু ঝুরখারে বালুর উপর হাঁটি সোজা না। তার কারণ বালুর উপর বল প্রয়োগ করা যায় না, বালু সরে যায়। তাই নিউটনের তৃতীয় সূত্রের পাণ্ডি বলটাও ঠিকভাবে পাওয়া যায় না। বাপ্পারটা আরো অনেক স্পষ্ট করে দেওয়া যায় যদি কাউকে অসম্ভব যস্তু একটা মেঘেতে সাবান পালি কিন্বা তেল দিয়ে পিঙ্গল করে হাঁটতে দেওয়া হয়। সেখালে অর্ধপ খুব কম, তাই আমরা পেছনে বল প্রয়োগ করতেই পারব না এবং সে জন্য তার প্রতিক্রিয়া হিসেবে আমাদের উপর কোনো বলও পাব না। তাই হাঁটতেও পারব না (বিশ্বাস না হলে সেটা করে দেখতে পারো)। বল প্রয়োগ করলে বিপরীত এবং সমান বল পাওয়া যায়, যদি প্রয়োগ করতেই না পারি তাহলে তার প্রতিক্রিয়া বল পাব কেমন করো? আর হাঁটির কেমন করো?

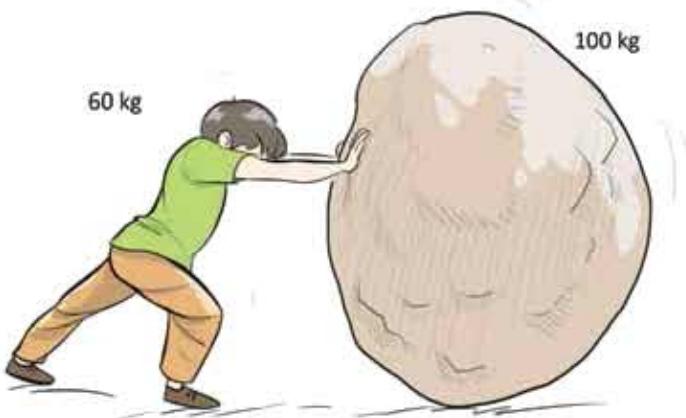


চিত্র 3.13: একজন মালুর হাঁটার সময় পা দিয়ে যখন মাটিকে ধাক্কা দেয় তখন মাটিও মানুষটিকে পাণ্ডি ধাক্কা দেয়।



### উদাহরণ

**শির্ষ:** (a) ধরা যাক তৃঐ সম্পূর্ণ দ্বর্ষপর্যাল একটা সমতলে দাঁড়িয়ে আছে। তোমার ওজন  $50 \text{ kg}$  এবং তোমার সামনে একটা  $100 \text{ kg}$  ভরের পাথর। তৃঐ ঠিক করলে তৃঐ পাথরটাকে  $50 \text{ N}$  বল দিয়ে ধাক্কা দিয়ে এক মাথা থেকে অন্য মাথায় নিয়ে যাবে।  $10 \text{ s}$  পরে পাথরটার বেগ কত হবে? (চিত্র 3.14)



চিত্র 3.14: একজন মানুষ যখন একটা পাথরকে ধাক্কা দেয় তখন পাথরটিও মানুষটিকে পাশ্চাত্য ধাক্কা দেয়।

**উত্তর:** তৃঐ যখন পাথরটাকে  $50 \text{ N}$  বল দিয়ে ধাক্কা দেবে পাথরটাও কিন্তু নিউটনের তৃতীয় সূত্র অনুসারী তোমাকে  $50 \text{ N}$  বল দিয়ে ধাক্কা দেবে। পাথরটার ক্রম হবে ডান দিকে

$$a = \frac{F}{m} = \frac{50}{100} \text{ m/s}^2 = 0.5 \text{ m/s}^2$$

ঠিক সে রূপে তোমারও ক্রম হবে বাম দিকে

$$a = \frac{F}{m} = \frac{50}{50} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$$

কাজেই তৃঐ এবং পাথর দুটি দুলিকে সরে যাবে। পাথরটাকে ধাক্কা দিয়ে এক মাথা থেকে অন্য মাথায় তৃঐ নিয়ে যেতে পারবে না! কারণ পাথর আর তোমার জ্বরের একটা দূরত্ব তৈরি হয়ে যাবে। কাজেই টানা  $10\text{s}$  পাথরটাকে ধাক্কা দেওয়া সম্ভব না। তবে পাথরটা নড়তে শুরু করার পর দ্বর্ষপর্যাল সমতলে নিজেই সরে অন্য পাতে পৌঁছে যাবে, তৃঐও সেরকম উল্টো দিকে পৌঁছাবে, আরো আগে।

প্রশ্ন: ধরা যাক তৃতীয়  $2\text{ s}$  পার্থক্যটাকে ধার্কা দিতে পেরেছে তখন কী হবে?

উত্তর:  $2\text{ s}$  এ পার্থক্যটার বেগ বেড়ে হবে:

$$v = u + at = 0 + 0.5 \times 2 \text{ m/s} = 1 \text{ m/s}$$

এরপর পার্থক্যটা  $1 \text{ m/s}$  সমবেগে যেতে থাকবে।

$2\text{ s}$  এ জোড়ার বেগ হবে:

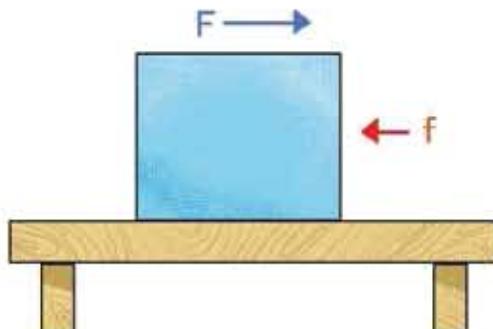
$$u + at = 0 + 1 \times 2 \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$$

এরপর তৃতীয়  $2 \text{ m/s}$  সমবেগে পেছনে সরে যেতে থাকবে।

### ৩.৯ ঘর্ষণ বল (Frictional Force)

আমরা এর আগে ঘনাকর্ত্ত্ব কিংবা মাধ্যাকর্ত্ত্ব বল এবং শিখন্তের বল নিয়ে আসোচনা করেছি, এবারে সম্পূর্ণ ক্ষিম একটি বল নিয়ে আসোচনা করব, সেটি হলো ঘর্ষণ বল।

ধরা যাক, একটা টেবিলে কোনো একটা কাঠের টুকরো রয়েছে এবং সেই কাঠের টুকরোর ওপর বল থামোগ করে দেখানে সুব্যবস্থা করতে চাই। ধরা যাক,  $3.15$  টিঙ্গে বেঙাবে দেখানো হয়েছে সেভাবে ভর্তিম উপর বাম থেকে ভালে  $F$  বল থামোগ করছি, দেখা যাবে কাঠের টুকরোর টেবিলের সাথে কাঠের টুকরোর ঘর্ষণের কারণে একটা ঘর্ষণ বল  $f$  তৈরি হয়েছে এবং সেটি ভাল থেকে বাম দিকে কাজ করে থামোগ করা বলটিকে কঠিনে দিচ্ছে।

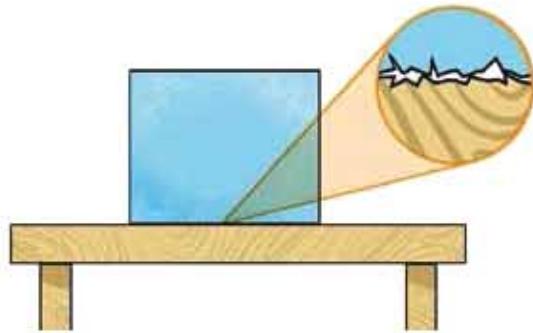


চিত্র ৩.15: একটি ভর্তির উপর বল থামোগ করতে ঘর্ষণের অন্ত্য বিপরীত দিকে একটি বল তৈরি হতে পারে।

এখন তৃতীয় বলি মনে করো ঘর্ষণের ফলে ভাল থেকে বাম দিকে একটা ঘর্ষণ বল তৈরি হয় কাজেই কাঠের টুকরোর ওপরেও বলি বাম দিকে বল থামোগ করি তাহলে থামোগ করা বল আর ঘর্ষণ বল একই দিকে হওয়ার কারণে বাড়তি একটা বল পেয়ে যাব। কিন্তু দেখা যাবে এবারেও ঠিক বিপরীত

দিকে ঘৰণ বল কাজ কৰছে। ঘৰণ বল সব সময়েই প্ৰযোগ কৰা বলেৱ বিপৰীত দিকে কাজ কৰোৱা কাৰ্তেৱ টুকুৱোৱ ওপৰে বাদি খালিকটা শুজল বসিয়ে দিই দেখা যাবে ঘৰণ বল আৱো বেড়ে গৈছে, বাদিও শুজল এবং ঘৰণ বল পৰম্পৰাবেৱ ওপৰ লৈছে।

ঘৰণ বল কীভাৱে তৈৰি হয় ব্যাপাৰটা বুৰাতে পাৱলৈই আমোৱা দেখব এতে অবাক হৰাৰ কিছু নেই। বাদিও আগামতন্ত্ৰিকে কাৰ্ত, টেবিলকে (কিংবা যে দুটো তলদেশেৱ মাবে ঘৰণ হচ্ছে) অনেক মসৃণ যনে হয় কিন্তু অশুবীকৃৎ বজা দিয়ে দেখলৈ দেখা যাবে (চিত্ৰ ৩.১৬) সব তলদেশেই এবড়োথেবড়ো এবং এই এবড়োথেবড়ো অশঙ্গুলো একে অন্যকে শৰ্ষ কৰে বা খৌজপুলো একে অন্যেৱ সাথে আটকে যাব, সেটাৱ কাৰণেই গতি বাধাৰ্থীকৃত হয়। এবং আমোৱা বলি বিপৰীত দিক থেকে ঘৰণ বলেৱ জন্য হয়েছে। বাদি দুটো তলদেশকে আৱো চাপ দেওয়া হয় তাহলে এবড়োথেবড়ো অংশ আৱো বেশি একে অন্যকে শৰ্ষ কৰবে, একটিৱ খৌজ অন্যটিৱ আৱো গঠীৱ খৌজে ঢুকে যাবে এবং ঘৰণ বল আৱো বেড়ে যাবে।



চিত্ৰ ৩.১৬: ঘৰণ প্ৰকৃতপৰকে দুটো এবড়োথেবড়ো পৃষ্ঠোৱ কাৰণে তৈৰি হয়।

ঘৰণেৱ জন্য তাপ সৃষ্টি হয়। সেটা অনেক সময়েই সমস্যা। যেমন গাড়িৱ সিলিন্ডাৰে পিস্টনকে ধৰালামা কৰাৱ সময়ে দেখাবলৈ ঘৰণেৱ জন্য তাপেৱ সৃষ্টি হয় আৱ সেই তাপ নিয়ন্ত্ৰণ কৰাৱ জন্য পাড়িৱ ইঞ্জিনকে শীতল রাখতে হয়। তাই দেখাবলৈ ঘৰণ কৰালোৱ জন্য নানা ধৰনেৱ ব্যৱস্থা নেওয়া হয়।

### ৩.৭.১ ঘৰণেৱ প্ৰকাৰভেদ

ঘৰণকে চাৰভাৱে ভাগ কৰা যাব। স্থিতি ঘৰণ, গতি ঘৰণ, আৰৰ্ত ঘৰণ এবং প্ৰবাহী ঘৰণ:

#### স্থিতি ঘৰণ (Static Friction):

দুটো বস্তু একে অন্যেৱ সাপেক্ষে স্থিৱ থাকা অবস্থায় যে ঘৰণ বল থাকে সেটা হচ্ছে স্থিতি ঘৰণ। স্থিতি ঘৰণেৱ জন্য আমোৱা হাটতে পাৰি, আমাদেৱ পা কিংবা ঝুঁতোৱ তলা আটিতে স্থিতি ঘৰণেৱ কাৰণে আটকে থাকে এবং পিছলে পঢ়ে বাই না!

#### গতি ঘৰণ (Sliding Friction):

একটি বস্তুৱ সাপেক্ষে অন্য বস্তু বখন চলমান হয় তখন যে ঘৰণ বল তৈৰি হয় সেটি হচ্ছে গতি ঘৰণ। সাইকেলেৱ ব্ৰেক চেপে ধৰলে সেটি সাইকেলেৱ চাকাকে চেপে ধৰে এবং সুৱল্প চাকাকে গতি

ঘর্ষণের কারণে ধাপিয়ে দেয়। গতি ঘর্ষণ ওজনের উপর নির্ভর করে, ওজন যত বেশি হবে গতি ঘর্ষণ তত বেশি হবে। যদি কোনো কিণুর ভর  $M$  হয় তাহলে তার ওজন একটি বল, যার পরিমাণ  $W = Mg$ । তাহলে গতি ঘর্ষণ  $f$  কে সিদ্ধতে পারি  $f = \mu W$  এখানে  $\mu$  গতি ঘর্ষণ সহগ।

### আবর্ত ঘর্ষণ (Rolling Friction):

একটি তলের উপর যখন অন্য একটি বস্তু পড়িয়ে বা চুরাতে চুরাতে তলে তখন সেটাকে বলে আবর্ত ঘর্ষণ। সবগুলো ঘর্ষণ বলের মধ্যে এটা সবচেয়ে ছোট তাই আমরা সব সময়ই সকল রুকম ধানবাহনের মাঝে চাকা লাগিয়ে নিই। চাকা লাগালো সুটকেস খুব সহজে টেনে নেওয়া যায়, যদি এর চাকা না থাকত তাহলে যেবের উপর টেনে নিতে আমাদের অনেক বেগ পেতে হতো।



### প্রবাহী ঘর্ষণ (Fluid Friction):

যখন কোনো বস্তু তরল বা বায়ুমৌলির পদার্থ (Fluid) এর ভেতর দিয়ে যায় তখন সেটি যে ঘর্ষণ বল অনুভব করে সেটি হচ্ছে প্রবাহী ঘর্ষণ। প্যারাস্যুট নিয়ে যখন কেউ ফ্লেন থেকে ঝাপিয়ে পড়ে তখন বাতাসের প্রবাহী ঘর্ষণের কারণে ধীরে ধীরে নিচে নেমে আসতে পারে (চিত্র 3.17)।

চিত্র 3.17: প্যারাস্যুট ব্যবহার করে এশোলো 15 সময়ে অবতরণ করছে।

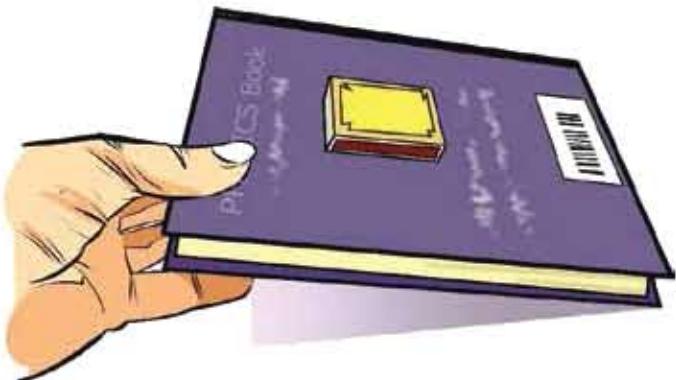


নিজে করো

একটা কাগজ উপর থেকে ছেড়ে দাও, নিচে পড়তে কতটুকু সময় লেগেছে অনুমান করো। এবারে কাগজটি দলামোচা করে ছেট একটা বলের মতো করে ছেড়ে দাও। এবারে নিচে পড়তে কত সময় লেগেছে? কেন?



## নিজে করো



চিত্র 3.18: পতি ঘর্ষণ সহগ পরিমাণ করা।

শিখি ঘর্ষণ এবং পতি ঘর্ষণ: কয়েকটা ম্যাচের খালি বাজ্র নিয়ে সেগুলোর ভেতরে মাটি করে বাজ্রগুলো ধ্বনিকটা তারী করে নাও। এবাবে একটা বইয়ের উপর একটা ম্যাচ বাজ্র রেখে বইটা ঢালু করতে থাকো (চিত্র 3.18)। শিখি ঘর্ষণের কারণে প্রথমে ম্যাচটি গড়িয়ে যাবে না। যখন বইটা ঢালু হতে থাকে তখন ঢালের দিকে একটা বল কাজ করতে থাকে, এই বলটা যে মুছুর্তে পতি ঘর্ষণের সমান হবে তখন ম্যাচ বাজ্রটা গড়িয়ে পড়তে শুরু করবে। তুমি দেখবে একটা নির্দিষ্ট কোণে গেলেই শুধু ম্যাচ বাজ্রটি নড়তে শুরু করবে। একটা ম্যাচ বাজ্রের ওপর আরো একটি বা কয়েকটি ম্যাচ বাজ্র রেখে পর্যাপ্তভাবে আবার ফরো, দেখবে অতিবাহিই একটা নির্দিষ্ট কোণে গেলেই ম্যাচ বাজ্রটি নড়তে শুরু করবে। একাধিক ম্যাচ বাজ্র রেখে তুমি বেশি বল প্রয়োগ করে ঘর্ষণ বাড়িয়ে দিছ সত্যি, কিন্তু ঢালু করার সময় একই মাত্রায় ঢালের দিকে বলটিও বেড়ে যাবে। কাজেই ঢালের কোণটির মানের পরিবর্তন হচ্ছে না। তুমি ইচ্ছে করলে দেখতে পারবে যে যদি  $\theta$  কোণে ম্যাচ বাজ্রগুলো গড়িয়ে যেতে শুরু করে তাহলে পতি ঘর্ষণ সহগ  $\mu$  এর মান হবে  $\tan \theta$ !

### 3.9.2 পতির উপর ঘর্ষণের অভাব

আমরা আগেই বলেছি ঘর্ষণ বল সব সময়ই প্রয়োগ করা বলের বিপরীত দিকে কাজ করে। সেজন্য স্থানীয়ভাবেই ঘর্ষণ বল গভিকে কমিয়ে দেয় এবং আমদের ধারণা হতে পারে আমরা সর্বক্ষেত্রে

বুঝি ঘর্ষণ কয়ানোর চেষ্টা করি। কিন্তু সেটি সজি নয়। তোমরা নিশ্চয়ই কখনো না কখনো কাদার মাঝে কোনো গাড়ি বা ট্রাককে আটকে যেতে দেখেছ। তখন গাড়ির চাকা সুরলেও ঘর্ষণ কর বলে কাদা থেকে গাড়ি বা ট্রাক উঠে আসতে পারে না। চাকা পিছলিয়ে যায়। তখন গাড়ি বা ট্রাকটিকে তুলে আনার জন্য অন্তর্ভুবে চাকা এবং কাদার মধ্যে ঘর্ষণ বাঢ়ানোর চেষ্টা করা হয়।

**টায়ারের শৃঙ্খল:** গাড়ির টায়ার এবং রাস্তার মাঝে ঘর্ষণ থাকে বলে রাস্তার উপর দিয়ে গাড়ি যেতে পারে, যদি এই ঘর্ষণ না থাকত তাহলে গাড়ির চাকা পিছলে যেত এবং গাড়ি সামলে যেতে পারত না। এই ঘর্ষণ বাঢ়ানোর জন্য গাড়ির টায়ারে অনেক ধরনের খৌজ কাটা হয় (চিত্র 3.19)। যারা গাড়ি চালাই তার সব সময় লক জাখে তাদের গাড়ির চাকার খৌজ করে মসৃণ হয়ে আছে কি না। যদি মসৃণ হয়ে থাকে তাহলে ত্রুক করার পরও গাড়ি না থেমে পিছলে এগিয়ে যাবে।

**রাস্তার অসূণ্ডকা:** গাড়ির টায়ারের সাথে রাস্তার ঘর্ষণ বাঢ়ানোর জন্য রাস্তাগুলো বিশেষভাবে তৈরি করা হয়। রাস্তা যদি ঠিক না থাকে তাহলে সেখানে গাড়ির চাকা পিছলিয়ে (Skid) যেতে পারে। শীতের দেশে তুবারগাতের পর রাস্তায় বরফ জমে গেলে রাস্তা অসূণ্ডক পিছল হয়ে যেতে পারে এবং দুর্ঘটনার পরিমাণ দল গুল থেকে বেশি হয়ে যায়। আমাদের দেশে রাস্তায় পানি জমে কিংবা ছোট নৃত্বিপাথের বা কাঁকড়ের কারণে রাস্তার ঘর্ষণ করে যেতে পারে। তোমরা সবাই পিচজালা পথ দেখেছ, এই পিচজালার কারণে টায়ারের সাথে রাস্তার ঘর্ষণ বেড়ে যায়। একইই সাথে বৃক্ষের পানি চুইয়ে রাস্তার ভেতরে যেতে পারে না বলে রাস্তা বেশি দিন ব্যবহার করা যায়।



চিত্র 3.19: ঘর্ষণ বাঢ়ানোর জন্য টায়ারে

অনেক ধরনের খৌজ কাটা হয়

**গতি নিয়ন্ত্রণ এবং ব্রেকিং বল:** যানবাহন চালানোর সবচেয়ে শর্করাজন অনুসারে গাড়ির গতি বাঢ়াতে এবং কমাতে হয়। গাড়ির গতি যখন কম থাকে তখন সেটি নিয়ন্ত্রণ করা সহজ হয়, তাই তোমরা সব সময়ই দেখে থাকবে রাস্তায় বাঁক লেওয়ার সময় বা অন্য গাড়িকে পাশ কাটিয়ে যাবার সময় ত্রুক করে গাড়ির গতি কমানো হয়।

গাড়ির ত্রুক প্যাডেলে চাপ দিলে সেই চাপটি চাকার সাথে জাগানো “সু” বা প্যাডে স্থানান্তরিত হয় এবং সেটি গাড়ির চাকার ভেতরের চাকতিতে চাপ দেয়। এই চাপের কারণে প্যাড এবং চাকতিতে ঘর্ষণ হয় এবং এই ঘর্ষণ কল গাড়ির চাকাকে থামিয়ে দেয়।

### ৩.৯.৩ ঘর্ষণ কমানো-বাড়ানো

আমরা এর মাঝে জেনে পেছি যে আমাদের প্রয়োজনে ঘর্ষণকে কখনো বাড়াতে হয় এবং কখনো কমাতে হয়।

#### ঘর্ষণ কমানো

ঘর্ষণ কমানোর জন্য আমরা বেসব কাজ করি সেগুলো হচ্ছে:

১. যে পৃষ্ঠাতে ঘর্ষণ হয় সেই পৃষ্ঠাকে বড় সভব মসৃণ করা। মসৃণ পৃষ্ঠা গতি ঘর্ষণ কম।
২. তেল মিল বা পিঙ্ক জাতীয় পদার্থ হচ্ছে পিছিদকারী পদার্থ বা মুক্তিকেন্ট। দুটি তলের মাঝখানে এই মুক্তিকেন্ট থাকলে ঘর্ষণ অনেকখানি কমে যাব।
৩. চাকা ব্যবহার করে ঘর্ষণ কমানো যাব। চাকা ব্যবহার করা হলে বড় গতি ঘর্ষণের পরিবর্তে অনেক ছোট আবর্ত ঘর্ষণ দিয়ে কাজ করা যাব। মুরগু চাকাতে বল বিভাগিং ব্যবহার করে (চিত্র ৩.২০) সরাসরি ঘর্ষণের বদলে ছোট স্টিলের বলগুলোর আবর্তন ঘর্ষণের সাহায্যে ঘর্ষণ অনেক কমানো সভব।
৪. পাড়ি, বিমান এ ধরনের মুক্তগামী যানবাহনের ডিজাইন এমনভাবে করা হয় যেন বাতাস ঘর্ষণ তৈরি না করে স্থিম লাইন করা পৃষ্ঠাদেশের উপর দিয়ে যেতে পাবে।
৫. যে দুটি পৃষ্ঠাদেশে ঘর্ষণ হয় তারা যদি খুব অল্প জাগরণ একে অন্যকে শপর্ছ করে তাহলে ঘর্ষণ কমানো যাব।
৬. আমরা দেখেছি ঘর্ষণর দুটো পৃষ্ঠা বল প্রয়োগ করা হলে ঘর্ষণ বেড়ে যাব, কাজেই সমস্তাবে আরোপিত বল কমানো হলে ঘর্ষণ কমানো যাব।

#### ঘর্ষণ বাড়ানো

ঘর্ষণ কমানোর জন্য যে প্রক্রিয়াগুলো করা হয় সেগুলো করা না হলে কিংবা তার বিপরীত কাজগুলো করা হলেই ঘর্ষণ বেড়ে যাব। তাই ঘর্ষণ বাড়ানোর জন্য আমরা বেসব কাজ করি সেগুলো হচ্ছে:

১. যে দুটো তলে ঘর্ষণ হচ্ছে সেগুলো অমসৃণ বা খসখলে করে তোলা।
২. যে দুটো তলে ঘর্ষণ হয় সেগুলো আঁচো জোরে চেপে থাকার ব্যবস্থা করা।
৩. ঘর্ষণর তল দুটোর মাঝে গতিকে ধারিয়ে স্থির করে ফেলা, কারণ স্থির ঘর্ষণ গতি ঘর্ষণ থেকে বেশি।



চিত্র ৩.২০: বল বিভাগিং ব্যবহার করে ঘর্ষণ অনেক কমানো সভব।

৪. ঘর্ষণত তলের মাঝে খাঁজ কাটা, বা চেউ খেলানো করা। তাহলে এটি তলদেশকে জোরে আঁকড়ে ধরতে পারে। গানি বা তরল থাকলে সেটি খাঁজে ঢুকে গিয়ে পৃষ্ঠদেশের ঘর্ষণ বাঢ়াতে পারে।
৫. বাতাস বা তরলের ঘনত্ব বাঢ়ানো।
৬. বাতাস বা তরলে ঘর্ষণত পৃষ্ঠদেশ বাড়িয়ে দেওয়া
৭. চাকা বা বল বিয়ারিং সরিয়ে দেওয়া।

### ৩.৯.৪ ঘর্ষণ: একটি প্রয়োজনীয় উপচর্ব

আমরা সবাই নিচয়ই মুক করেছি যে ঘর্ষণের কারণে তাপশক্তি তৈরি হয়। শীতের দিনে আমরা হাত অথবা হাত উন্মত্ত করি। গাড়ির ইঞ্জিন যে গরম হয়ে উঠে সেটিও ঘটে ঘর্ষণের কারণে। কাজেই ঘর্ষণের কারণে অপ্রয়োজনীয় তাপ সৃষ্টি করে শক্তির অপচয় হয়। গাড়ি, প্লেন, আহাজ, সাবমেরিনকে ঘর্ষণ বলকে পরামর্শ করে এগিয়ে যেতে হয়, সেখানেও অতিরিক্ত ছালানি খরচ করতে হয়। এভাবে দেখা হলে মনে হতে পারে ঘর্ষণ বুবি আমাদের জীবনের একটি উপচর্ব ছাড়া আর কিছু নয়।

আবার আমরা এর মাঝে দেখেছি ঘর্ষণ আছে বলেই আমরা হাঁটতে পারি, রাস্তায় গাড়ি চলতে পারে, কাগজে পেনসিল কলম দিয়ে লিখতে পারি, দালান গড়ে তুলতে পারি, প্যারাসুট দিয়ে নিরাপদে নিচে নামতে পারি। আমরা এ ধরনের অসংখ্য উদাহরণ দিতে পারি যেখানে ঘর্ষণ না থাকলে আমরা আমাদের প্রয়োজনীয় কাজগুলো করতে পারতাম না।

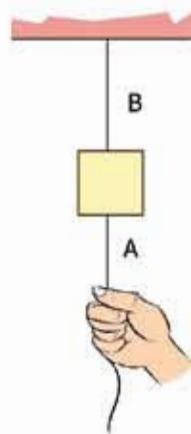
কাজেই ঘর্ষণকে উপচর্ব মনে করা হলেও আমাদের মনে নিতে হবে এটি আমাদের জীবনের জন্য খুবই প্রয়োজনীয় একটি উপচর্ব।



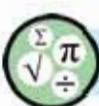
#### সাধারণ প্রশ্ন

১. চলন্ত ট্রেন থেকে নায়ার চেটা করলে তুমি কেন সামনের দিকে আঁচড় খেয়ে পড়?
২. চিত্র ৩.২১ এ দেখানো সূতায় ছাঁচকা টান দিলে A সূতাটি ছিঁড়বে, ধীরে ধীরে টান দিলে B সূতাটি ছিঁড়বে। কেন?

৩. বেশি ভরের বস্তুর ওজন বেশি বা বল বেশি তাই উপর থেকে ছেড়ে দিলে তার স্ফরণ বেশি হবে, কথাটি কি সত্যি?
৪. ভূমি একটি লিফটের ভেতর ওজন মাপার যন্ত্রের ওপর দাঁড়িয়ে আছে। লিফটের ক্যাবল ছিঁড়ে গেল। তোমার ওজন কত দেখাবে?
৫. পুরোপুরি ঘর্ষণহীন একটা পৃষ্ঠা একটা পাখরকে দড়ি দিয়ে বেঁধে টেনে নিজের দিকে আনার চেষ্টা করলে কী হবে?
৬. জড়তা কাকে বলে? জড়তা কর প্রকার?
৭. বল কাকে বলে?
৮. কোনো স্থির বস্তুর জড়তা কী হারা পরিমাপ করা হয়?
৯. সাম্য বল ও অসাম্য বল বলতে কী বোবা?
১০. কোনো বস্তুর ভরবেগ কাকে বলে?
১১. দেখাও যে, বল = ভর  $\times$  স্ফরণ।
১২. ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি বলতে কী বোবা?
১৩. ঘর্ষণ কাকে বলে? বিভিন্ন প্রকার ঘর্ষণের নাম লেখ।
১৪. ঘর্ষণ একটি প্রয়োজনীয় উপায়—এর স্বপক্ষে যুক্তি দাও।

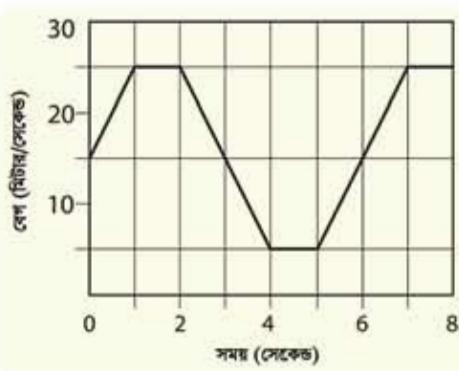


চিত্র ৩.২১: একটি ভরের সাথে শাখালো দুটি সূতা।



### গাণিতিক প্রশ্ন

১. চিত্র ৩.২২ এ দেখালো  $1\text{ kg}$  ভরের একটি বেগ-সময় সেখানিকা বা শ্রাফ দেখালো হোৱে। বল-সময় সেখানিকাটি আঁক।
২. স্থির অবস্থায় ধাকা  $5\text{ kg}$  ভরের একটা বস্তুর ওপর  $10\text{ N}$  বল  $2\text{ s}$  কাজ করেৱে। তার  $5\text{ s}$  পৰে  $20\text{ N}$  একটি বল  $3.5\text{ s}$  কাজ করেৱে। বস্তুটি কতটুকু সূরক্ষ অতিক্রম করেৱে?



চিত্র ৩.২২: বেগ-সময় সেখানিকা

৩. স্থির অবস্থার ঘোকা  $10 \text{ kg}$  ভরের একটি বস্তুর ওপর  $10 \text{ N}$  বল কাজ করেছে তার  $10 \text{ s}$  পরে  $20 \text{ N}$  বল বিপরীত দিকে  $5 \text{ s}$  কাজ করেছে। বস্তুটি কতটুকু দূরত্ব অভিক্ষম করেছে?
৪. একটি নৌকা থেকে ঝুমি  $10 \text{ m/s}$  বেগে ডৌরে শাক দিয়েছে। তোমার ভর  $50 \text{ kg}$ , নৌকার ভর  $100 \text{ kg}$  হলে নৌকাটি কোন দিকে কত বেগে যাবে?
৫. মেঝেতে রাখা একটি কাঠের টুকরোর ঘর্ষণ সহগ  $\mu$  এর মান  $0.01$ , কাঠের ভর  $10 \text{ kg}$  হলে সেটাকে নাড়াতে কত বল প্রয়োগ করতে হবে? কাঠের উপর  $100 \text{ kg}$  ভরের একটি পাথর রাখা হলে কত বল প্রয়োগ করে নাড়ালো সম্ভব? মেঝে ঘর্ষণহীন হলে কী হতো?



### বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তরটির পাশে ঠিক (✓) টিক দাও

১. বস্তু যে অবস্থায় আছে তিনিল সে অবস্থায় আকতে চাউলার যে প্রবণতা বা ধর্ম তাকে কী বলে?
 

(ক) বল	(খ) দ্রবণ
(গ) জড়তা	(ঘ) বেগ
২. বলের মাত্রা কোনটি?
 

(ক) $MLT^{-2}$	(খ) $MLT^{-1}$
(গ) $ML^{-2}T^2$	(ঘ) $M^{-1}LT^{-2}$
৩. ভরবেগের একক কোনটি?
 

(ক) $\text{kg m}$	(খ) $\text{kg m s}^{-1}$
(গ) $\text{kg m}^2\text{s}^{-1}$	(ঘ) $\text{kg m s}^{-2}$
৪.  $5 \text{ kg}$  ভরের একটি বস্তুর ওপর  $50 \text{ N}$  বল প্রয়োগ করা হলে, এর দ্রবণ হবে-
 

(ক) $12 \text{ ms}^{-2}$	(খ) $8 \text{ ms}^{-2}$
(গ) $13 \text{ ms}^{-2}$	(ঘ) $10 \text{ ms}^{-2}$
৫.  $10 \text{ kg}$  ভরের কোনো বস্তু  $10 \text{ ms}^{-1}$  বেগে গতিশীল হলে এর ভরবেগ হবে:
 

(ক) $10 \text{ kg ms}^{-1}$	(খ) $120 \text{ kg ms}^{-1}$
(গ) $100 \text{ kg ms}^{-1}$	(ঘ) $1 \text{ kg ms}^{-1}$



## সৃজনশীল প্রশ্ন

- কারুক  $10 \text{ kg}$  ভরের একটি বাল্ক একটি মেঝের উপর দিয়ে সমবলে টেলে নিল। বাল্ক ও মেঝের মধ্যকার ঘর্ষণ বলের মান হলো  $1.5 \text{ N}$ । বজ্জটিকে টেলে নেমান্ন এর ত্বরণ হলো  $0.8 \text{ ms}^{-2}$ । এরপর বজ্জটিকে ঘর্ষণবিহীন মেঝেতে একই বল প্রয়োগ করে টানা হলো।

(ক) সাম্য বল কাকে বলে?

(খ) ঘর্ষণ বল কেন উৎপন্ন হয়?

(গ) প্রথম ক্ষেত্রে বাল্কটির উপর অযুক্ত বলের মান নির্ণয় কর।

(ঘ) ঘর্ষণযুক্ত ও ঘর্ষণবিহীন মেঝেতে ত্বরণের কীভূগ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।
- সরলরেখিক পথে গতিশীল  $5 \text{ kg}$  ভরের একটি বস্তু  $5 \text{ m/s}$  বেগে অগ্র আঁকড়ি বস্তুকে আঘাত করে বিতীয় বস্তুটির ত্বরণের  $4 \text{ kg m/s}$  পরিমাণ পরিবর্তন করে। এই সংবর্ধের পর উভয় বস্তুর ভর অপরিবর্তিত থাকে।

(ক) পদার্থের কোন ধর্ম জড়ত্বার পরিমাপক?

(খ) অযুক্ত বল ত্বরণের পরিবর্তনের সমানুপাতিক বলতে কী বোঝা?

(গ) প্রথম বস্তুর শেষ বেগ কত হবে?

(ঘ) যখন ত্বরণের কোনো পরিবর্তন হয় না তখন গাণিতিক বিজ্ঞেষণের মাধ্যমে বিতীয় বস্তুটি সকার্ত্ত মন্তব্য করো।

# চতুর্থ অধ্যায়

## কাজ, ক্ষমতা ও শক্তি

### (Work, Power and Energy)



প্রস্তাবিত রূপসূর নিউক্লিয়ার শক্তি কেন্দ্র।

এই অধ্যায়ে আমরা দেখব একটি বল কীভাবে “কাজ” করে। পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় এই “কাজ” শব্দটির একটি সুনির্দিষ্ট অর্থ আছে। আমরা দেখব কোনো কিছুর উপর একটি বল কাজ করে সেটাকে পতিশীল করে পতিশ্চক্ষিত জন্ম দিতে পারে। এই পতিশ্চক্ষিত স্থিতিশ্চক্ষিতে রূপোভূতিত হতে পারে এবং শক্তির এই রূপাভূত খুবই স্বাভাবিক একটি প্রক্রিয়া এবং নানা ধরনের শক্তি একে অন্যটিতে রূপাভূতিত হতে পারে। বিজ্ঞানের অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হচ্ছে শক্তি এবং এই শক্তি মানবসম্যতার বিকাশে সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ কৃমিকা পালন করে। তাই কীভাবে প্রকৃতি থেকে এই শক্তি আহরণ করা যায় সেটি নিয়েও আলোচনা করা হবে।



## এ অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা

- কাজ ও শক্তিৰ সমৰ্ক ব্যাখ্যা কৰতে পাৱন।
- কাজ, বল ও সৱাগেৰ মধ্যে সমৰ্ক স্থাপন কৰতে পাৱন।
- গতিশক্তি ও বিভিন্ন শক্তিৰ ব্যাখ্যা কৰতে পাৱন।
- উৎসে শক্তিৰ বৃগতিৰ ব্যাখ্যা কৰতে পাৱন।
- অধৈনেতৃতিক, সামাজিক ও পরিবেশগত প্রভাৱ বিবেচনাৰ শক্তিৰ প্ৰধান উৎসসমূহেৰ অবদান বিজ্ঞাপণ কৰতে পাৱন।
- শক্তিৰ বৃগতিৰ এবং শক্তিৰ নিষ্পত্তিৰ মধ্যে সমৰ্ক ব্যাখ্যা কৰতে পাৱন।
- শক্তিৰ বৃগতিৰ ও ধৰ ব্যবহাৰ পরিবেশেৰ ভাৱসাম্য ব্যাহত কৰে ব্যাখ্যা কৰতে পাৱন।
- উদ্ভূত কাৰ্যকৰ্মে শক্তিৰ কাৰ্যকৰ ব্যবহাৰ ব্যাখ্যা কৰতে পাৱন।
- শক্তিৰ কাৰ্যকৰ ও নিৱাপন ব্যবহাৰে সচেতন হ'ব।
- ডৱ-শক্তিৰ সমৰ্ক ব্যাখ্যা কৰতে পাৱন।
- ক্ষমতা ব্যাখ্যা কৰতে পাৱন।
- কৰ্মদক্ষতা পৰিমাণ কৰতে পাৱন।

## 4.1 কাজ (Work)

আমরা দৈনন্দিন জীবনে কাজ শব্দটা অনেকভাবে ব্যবহার করি। একজন দারোয়ান গেটের সামনে একটি টুলে বসে সারাদিন বাসা পাহারা দিয়ে দাবি করতে পারেন তিনি অনেক কাজ করেছেন কিন্তু পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় সেটি কোনো কাজ নয়। পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় কাজ কথাটার সুনির্দিষ্ট অর্থ আছে। কোনো বস্তুর উপর যদি  $F$  বল প্রয়োগ করা হয় এবং বল প্রয়োগ করার সময়টুকুতে যদি বস্তুটি বলের দিকে  $s$  দূরত্ব অতিক্রম করে (অর্থাৎ সরণ হয়) তাহলে ঐ বল দিয়ে করা কাজের পরিমাণ  $W$  হচ্ছে:

$$W = Fs$$

কাজের একক  $J$  (জুল)

কাজের মাত্রা  $[W] = ML^2T^{-2}$

বল ভেষ্টের এবং অতিক্রান্ত দূরত্ব বা সরণ ভেষ্টের কিন্তু কাজের বেলায় এই দুটো ভেষ্টেরের গুণফল ক্ষেলার। আলাদা ভেষ্টের হিসেবে বল এবং অতিক্রান্ত দূরত্বের দিক একই দিকে হতে হবে এমন কোনো কথা নেই কিন্তু তোমাদের এই বইয়ে আমরা শুধু একই দিকে প্রয়োগ করা বল এবং অতিক্রান্ত দূরত্বের বিষয়টি আলোচনা করব।

তোমরা কি লক্ষ করেছ কাজ করার কথা বলার সময় আমরা বলেছি “বল”টি কাজ করেছে। একজন মানুষ বা একটি যন্ত্র হয়তো বল প্রয়োগ করে কোনো বস্তুকে ঠেলে খানিকটা দূরত্বে নিয়ে যায়। দৈনন্দিন জীবনের ভাষায় আমরা বলি মানুষটি বা যন্ত্রটি কাজ করেছে। পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় সব সময়েই কিন্তু মানুষ বা যন্ত্র নয় প্রয়োগ করা বলটি কাজ করে। এই বলটি হয়তো একটি মানুষ বা যন্ত্র প্রয়োগ করেছে।

ধরা যাক তুমি  $F$  বল প্রয়োগ করে একটা বস্তুকে  $s$  দূরত্বে ঠেলে নিয়ে বস্তুটিকে গতিশীল করে ছেড়ে দিয়েছ, বস্তুটি তখন আরো  $d$  দূরত্ব অতিক্রম করে শেষ পর্যন্ত থেমে গিয়েছে। কতটুকু কাজ হয়েছে?

কাজের পরিমাণ  $W = Fs$ , পরের  $d$  দূরত্ব অতিক্রম করার সময় কোনো বল প্রয়োগ করা হয়নি বলে তখন কোনো কাজ হয়নি।



## উদাহরণ

**প্রশ্ন:** তোমার ভর 50 kg তুমি 10 তলা বিভিন্নের উপরে উঠেছ, তুমি কত কাজ করেছ? (ধৃতি তলার উচ্চতা 3 m)

**উত্তর:** তোমার ভর 50 kg হলে গুরুত্ব 50 × 9.8 = 490 N এই গুরুত্ব একটা বল, সেটা নিচের দিকে কাজ করছে। তুমি যদি উপরে উঠতে চাও তাহলে তোমাকে এই বলের সমান একটা বল উপরের দিকে প্রয়োগ করে নিজেকে উপরে ফেলতে হবে।

কাজেই উপরের দিকে তোমার প্রয়োগ করা বল 490 N

উপরে দিকে অভিক্রান্ত দূরত্ব:  $10 \times 3 \text{ m} = 30 \text{ m}$

কাজেই সেই কাজের পরিমাণ  $490 \text{ N} \times 30 \text{ m} = 14700 \text{ J} = 14.7 \text{ kJ}$

ধরা যাক গতিশীল একটা বস্তু তোমার দিকে এগিয়ে আসছে, তুমি  $F$  বল প্রয়োগ করে বস্তুটিকে ধারানোর চেষ্টা করলে, বস্তুটি তোমাকে ঠেলে  $s$  দূরত্ব পেছনে নিয়ে পেল। তোমার প্রয়োগ করা বল কতটুকু কাজ করেছে? নিচেই লক্ষ করেছ এবারে অভিক্রান্ত দূরত্ব বলের দিকে নয়, বলের বিপরীত দিকে, কাজেই কাজের পরিমাণ

$$W = F(-s) = -Fs$$

অর্থাৎ কাজটি খণ্ডক বা নেগেটিভ। দৈনন্দিন কথাবার্তায় আমরা কাজ এবং অকাজ বলে ধাকি কিন্তু পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় পজিটিভ এবং নেগেটিভ কাজের অর্থ কী? কাজটি খণ্ডক বা পজিটিভ হলে বলা হয় বলটি কাজ করেছে। যদি খণ্ডক হয় তাহলে বলা হয় বলটির “উপর” কাজ করা হয়েছে বা বলের বিপুরে কাজ হয়েছে। সেটি বোঝার আগে আমাদের শক্তি সংজ্ঞাকে পরিষ্কার একটা ধারণা ধাকতে হবে।

## 4.2 শক্তি (Energy)

আমাদের দৈনন্দিন জীবনেও আমরা শক্তি শব্দটা অনেকভাবে ব্যবহার করি কিন্তু পদার্থবিজ্ঞানের ভাষাতে শক্তি শব্দটার একটা নির্দিষ্ট অর্থ আছে। সাধারণ যুক্তির ভাষায় বল প্রয়োগ করা আর শক্তি প্রয়োগ করার মাঝে কোনো পার্থক্য নেই, কিন্তু পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় এই দুটি বাক্যাত্মক সম্পূর্ণ ভিন্ন বিষয় বোঝায়। বল বলতে কী বোঝার সেটা আমরা আসের অধ্যায়ে পড়ে এসেছি, এই অধ্যায়ে শক্তি বলতে কী বোঝার সেটা নিয়ে আলোচনা করা হবে।

শক্তি বলতে কী বোবায় আমাদের সবার মাঝে তার একটা ভাসাভাসা থারপা আছে, কারণ আমরা কথাবার্তায় বিনোদ শক্তি, তাপ শক্তির কথা বলে থাকি। মাঝে মাঝে আমরা রাসায়নিক শক্তি বা নিউক্লিয়ার শক্তির কথাও শুনে থাকি। আলোকে শক্তি হিসেবে সেভাবে বলা না হলেও আমরা অনুমান করতে পারি আলোও হচ্ছে এক ধরনের শক্তি। দৈনন্দিন কথাবার্তায় যে শক্তিটার কথা খুব বেশি বলা হয় না, কিন্তু পদার্থবিজ্ঞানে অসংখ্যবার যে শক্তির কথা বলা হবে সেটা হচ্ছে গতিশক্তি কাজেই আমাদের থারপা হতে পারে প্রতৃতিতে বুবি অনেক ধরনের শক্তি আছে, কিন্তু যজ্ঞার বাপার হচ্ছে সব শক্তিই কিন্তু এক এবং আমরা শুধু এক ধরনের শক্তিকে অন্য ধরনের শক্তিতে রূপান্তর করিব তাহলে শক্তিটা কী?

শক্তি হচ্ছে কাজ করার সামর্থ্য! শুধু তাই না, যখন কোনো বস্তুর উপর কোনো বল প্রয়োগ করে ধনাচ্ছক কাজ করা হয় তখন সেই বলটি আসলে বস্তুটির মাঝে একটা শক্তি সৃষ্টি করে। বস্তুটির মাঝে বত্তুকু কাজ করা হয়েছে বস্তুটির মাঝে তত্ত্বকু শক্তি সৃষ্টি হয় এবং যে বল প্রয়োগ করছে তাকে ঠিক সেই পরিমাণ শক্তি দিতে হব।

কাজেই এবারে তুমি নিচয়ই ধীরাচ্ছক বা নেপেটিভ কাজের অর্থ বুঝতে পেরেছ। কোনো বল যদি কোনো বস্তুর উপর নেপেটিভ কাজ করে তাহলে বুঝতে হবে বস্তুর যেটুকু শক্তি ছিল সেখান থেকে ধানিকটা শক্তি সরিয়ে নেওয়া হয়েছে। যেটুকু ধীরাচ্ছক বা নেপেটিভ কাজ করা হয়েছে ঠিক তত্ত্বকু শক্তি সরিয়ে নেওয়া হয় এবং যে বল প্রয়োগ করেছে সে এই শক্তিটুকু কোনো না কোনোভাবে পেরে যাব। অর্থাৎ কোনো বস্তুর উপর

ধীরাচ্ছক কাজ করা  $\rightarrow$  বস্তুটিকে শক্তি দেওয়া

ধীরাচ্ছক কাজ করা  $\rightarrow$  বস্তুটি থেকে শক্তি সরিয়ে নেওয়া

তোমরা নিচয়ই বুঝতে পারছ শক্তির কোনো দিক নেই এবং এটি একটি ক্ষেত্রাত্ম। যেহেতু কাজ করে আমরা শক্তি তৈরি করি কিংবা শক্তি খরচ করে কাজ করি তাই দুটোরই একই একক এবং একই মাত্রা।

**শক্তির একক ] (জুল)**

**শক্তির মাত্রা [W] =  $ML^2T^{-2}$**



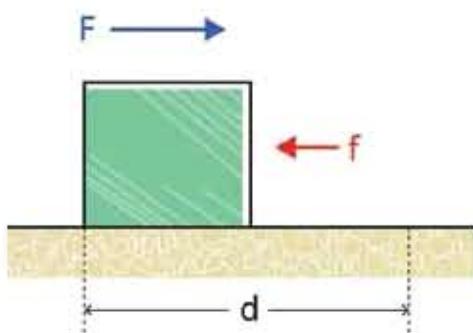
### উদাহরণ

**প্রশ্ন:** একটা বস্তুর উপর 100 N বল প্রয়োগ করে 10m নিয়ে গেছ। ঘর্ষণ বল যদি বিগরীত দিকে 10 N হয় তাহলে তুমি কতটুকু কাজ করছ? ঘর্ষণ বল কতটুকু কাজ করেছে? (চিত্র 4.01)

**উক্তি:** হৃষি  $W = F \times s = 100 \text{ N} \times 10 \text{ m} = 1000 \text{ J} = 1 \text{ kJ}$  কাজ কৰেছে।

**ঘৰ্ষণ বল**  $W = f \times s = -10 \text{ N} \times 10 \text{ m} = -100 \text{ J}$  কাজ কৰেছে।

তোমাৰ কাজেৰ কাৰণে গাঢ়িটা শক্তি অৰ্জন কৰেছে। ঘৰ্ষণ বলেৰ ফাৰমে শক্তি কৰ হয়েছে, হয়তো তাপ সৃষ্টি হয়েছে।



চিত্ৰ 4.01: একটি ভৱেৰ উপৰ বল প্ৰয়োগ কৰা  
হলে ঘৰ্ষণ বল উৎপন্ন দিকে কাজ কৰে।

### 4.3 শক্তিৰ বিভিন্ন রূপ

নানা ধৰনেৰ কাজেৰ জন্য আমৰা নানা ধৰনেৰ শক্তি ব্যবহাৰ কৰি। বেমন গালি গৱাম কৰাৰ জন্য তাপ শক্তিৰ প্ৰয়োজন হয়, দেখাৰ জন্য আমাদেৱ আলো শক্তি সাপে, আমৰা শুনি শব্দ শক্তি দিয়ে। বৈদ্যুতিক শক্তি দিয়ে আমৰা যান্ত্ৰিক চালাই আৰাৰ আসামনিক শক্তি ব্যবহাৰ কৰে তফ্ৰি কোৰ বিদ্যুৎ তৈৰি কৰি। তাৰী নিউক্লিয়াস ভেঙ্গে বা হালকা নিউক্লিয়াস জোড়া দিয়ে আমৰা বে নিউক্লিয়াস শক্তি পাই সেটা দিয়েও বিদ্যুৎ শক্তি তৈৰি কৰি। খাৰার থেকে পুটি নিয়ে আমাদেৱ শৰীৰে শক্তি তৈৰি হয়, আমৰা কাজকৰ্ম কৰি।

আমাদেৱ সজ্জতাৰ ইতিহাসটিই হচ্ছে শক্তি তৈৰি কৰে সেই শক্তি ব্যবহাৰেৰ ইতিহাস। আমৰা আমাদেৱ চাৰপাশে সেই শক্তিৰ নানা রূপকে দেখতে পাই, বেমন—বাণিক শক্তি, তাপ শক্তি, শব্দ শক্তি, আলোক শক্তি, চৌমক শক্তি, বিদ্যুৎ শক্তি, আসামনিক শক্তি, নিউক্লিয় শক্তি এবং সৌৰ শক্তি।

শক্তিৰ সবচেয়ে সাধাৰণ রূপ হচ্ছে বাণিক শক্তি, বস্তুৰ অবস্থান, আকাৰ এবং পতিৰ ফাৰমে যে শক্তি পাওয়া যায় তাকেই বাণিক শক্তি বলে। বাণিক শক্তিৰ দুটি রূপ হচ্ছে পারে গতিশক্তি এবং স্থিতিশক্তি।

#### 4.3.1 গতিশক্তি (Kinetic Energy)

আমৰা আগে বলেছি কাজ কৰাৰ সামৰ্থ্য হচ্ছে শক্তি। আমৰা সবাই আনি কোনো বস্তু গতিশীল হলে সেটা অন্য বস্তুকে ধৰকা দিয়ে সেটাকেও গতিশীল কৰে খালিকটা দূৰত্ব ঠিলে নিয়ে যেতে পাৰে। অন্য বস্তুকে গতিশীল কৰে হেজাৰ অৰ্থ নিচৰই সেখানে বল প্ৰয়োগ হয়েছে এবং সেই বলেৰ জন্য খালিকটা দূৰত্ব বাঁওয়াৰ অৰ্থ নিচৰই সেখানে কাজ হয়েছে। কাজেই আমৰা নিচিতভাৱে বলতে পাৰি

গতির জন্য বস্তুর যে শক্তি হয় সেটা নিশ্চয়ই এক ধরনের শক্তি বা গতিশক্তি। আগের অধ্যায়ে আমরা বলেছি যে আমরা রাস্তাঘাটে যে ভয়ংকর দুর্ঘটনা ঘটতে দেখি সেখানে যে ক্ষয়ক্ষতি হয় তার প্রধান কারণ এই গতিশক্তি। একটা বাস-ট্রাক বা গাড়ি যখন প্রচণ্ড বেগে ছুটতে থাকে তখন তার অনেক বড় গতিশক্তি থাকে। দুর্ঘটনার সময় এই পুরো শক্তিটার কারণে গাড়ি ভেঙেচুরে যায়, প্রচণ্ড ধাক্কায় মানুষ মারা যায়।

একটা বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করে কাজ করা হলে সেখানে কতটুকু গতিশক্তি হবে সেটা আমরা খুব সহজে বের করতে পারি।

ধরা যাক  $F$  বল প্রয়োগ করে  $m$  ভরের একটা বস্তুকে  $s$  দূরত্ব সরানো হলো। তাহলে এই  $F$  বলের সম্পাদিত কাজ  $W$  হচ্ছে

$$W = Fs$$

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র থেকে আমরা জানি  $F = ma$  গতির সমীকরণ থেকে আমরা জানি স্থির অবস্থা থেকে শুরু করা হলে

$$s = \frac{1}{2}at^2 \text{ এবং } v = at$$

$$\text{কাজ } W = Fs = mas = ma \times \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}ma^2t^2 = \frac{1}{2}mv^2$$

কাজেই আমরা বলতে পারি  $F$  বল কোনো বস্তুকে  $s$  দূরত্বে নিয়ে গেলে তার ভেতরে যে শক্তির সংগ্রাহ হয় সেটি হচ্ছে

$$T = \frac{1}{2}mv^2$$

গতিশক্তিতে  $v$  টি বর্গ হিসেবে আছে, কাজেই কোনো বস্তুর গতিশক্তিকে দ্বিগুণ বাড়াতে আমাদের চার গুণ বেশি শক্তি দিতে হয়।

$$\text{গতির সমীকরণ শেখার সময় আমরা দেখেছিলাম } v^2 = u^2 + 2as$$

$$\text{দুইপাশে } \frac{1}{2}m \text{ দিয়ে গুণ করলে সূত্রটি দাঁড়ায়: } \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mu^2 + mas$$

$ma$  এর পরিবর্তে যদি আমরা  $F$  লিখি এবং  $Fs$  এর পরিবর্তে  $W$  লিখি তাহলে সূত্রটি দাঁড়ায়:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mu^2 + W$$

অর্থাৎ কোনো বস্তু যদি  $u$  বেগে থাকে তাহলে তার গতি  $\frac{1}{2}mu^2$  এবং তার উপর  $W$  কাজ করা হলে

গতিশক্তি বেড়ে হয়  $\frac{1}{2}mv^2$ . গতির এই সমীকরণটি উল্লেখ করার সময় আমরা বলেছিলাম যে পরে

আমরা এর একটি চমকপ্রদ বৃগৎ দেখেব। এটি হচ্ছে সেই বৃগৎ অর্ধাং গতির সমীকরণটি আসলে গতিশক্তির একটি সমীকরণ ছাড়া কিছু নয়।



### উদাহরণ

**শর্ষ:** 10 kg ভরের একটা নিম্ন বস্তুর ওপর 10 s যাপী 10 N বল প্রয়োগ করা হয়েছে (a) বস্তুটির গতিশক্তি কত? (b) 20 s পরে গতিশক্তি কত? (c) যদি পুরো 20 s বল প্রয়োগ করা হয় তাহলে গতিশক্তি কত?

**উত্তর:** 10 N বল প্রয়োগ করলে হুরণ:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{10N}{10kg} = 1 \text{ m/s}^2$$

কাজেই 10s পরে বেগ

$$v = at = \frac{1 \text{ m}}{\text{s}^2} \times 10 \text{ s} = 10 \text{ m/s}$$

(a) কাজেই গতিশক্তি

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^2 \text{ J} = 500 \text{ J}$$

(b) 10 s পর্যন্ত হুরণ হবে এর পরে হুরণ নেই বলে বেগ অপরিবর্তিত কাজেই 20 s পরে গতিশক্তি একই থাকবে।

(c) পুরো 20 s বল প্রয়োগ করা হলে  $v = at = 1 \text{ m/s}^2 \times 20 \text{ s} = 20 \text{ m/s}$

কাজেই গতিশক্তি

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 20^2 \text{ J} = 2000 \text{ J}$$

**শর্ষ:** 10 kg ভরের একটি বস্তুকে বল প্রয়োগ করে গতিশীল করার তার গতিশক্তি হয়েছে 80 J, বস্তুটির বেগ কত?

**উত্তর:** গতিশক্তি

$$\frac{1}{2}mv^2 = 80 \text{ J}$$

$$v^2 = \frac{2 \times 80 \text{ J}}{\text{m}} = \frac{160 \text{ m}^2}{10 \text{ s}^2}$$

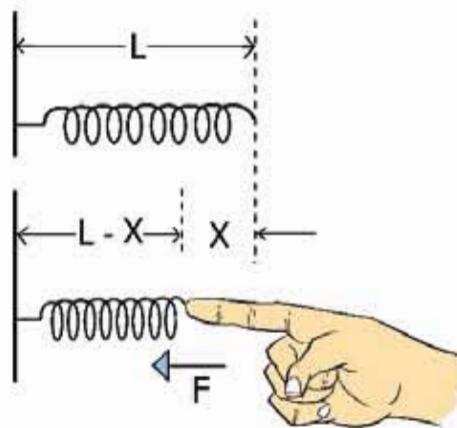
$$v = 4 \text{ m/s}$$

### 4.3.2 विभव शक्ति (Potential Energy)

काज सकार्के बलाते लिये आमरा बलेहिलाम यथन कोनो बल कोनो किन्हीं घण्ठाव परिचित काज करते तथन सेखाने शक्तिर सृष्टि हव। गतिशक्ति सकार्के बलाव समर आमरा तार एकटा उदाहरणाव दियेहिलाम, देखिरेहिलाम एकटा बन्धन घण्ठाव बल प्रयोग करते सेटाके खानिकटा दूरहे लिये गेले गतिशक्ति  $\frac{1}{2}mv^2$  वेढे याय।

एवारे एमन एकटा उदाहरण देवाया हव, येथाने बल प्रयोग करते खानिकटा दूरफ अतिक्रम कराव परव कोनो गतिशक्ति तैरिह वेब ना। मने करो टेबिले एकटा शंख 4.02 चिये देखानो उपाये वाखा आहे, तुम्ही शिंद्याव खोला माझाव आफ्तुल लिये  $F$  बल प्रयोग करते शिंद्याके  $x$  दूरहे संकृचित करते दियेह। ए रकम अवघाव तोमाव हात वा शंख कोनोठाइ गतिशील ना, ताई कोधाओ कोनो गतिशक्ति नेही! येहेतु येदिके  $F$  बल प्रयोग कराव हयेहे अतिक्राप्त दूरहे  $x$  सेही दिके, ताई काजटी परिचित, आमादेव काजेव संज्ञा अनुभावी एखाने शक्ति सृष्टि हुवाव कथा। किन्तु सेही शक्तिकोधाव? कोनो किन्हीं गतिशील नय, ताई एखाने निश्चिततावे कोनो गतिशक्ति नेही।

आमरा यावा शंख बाबहाव करेहि तावा अनुभाव करते पारहि ये संकृचित शिंद्याव भेत्र निश्चयही शक्तिकूळ शुकिरे रवेहे। कारण आमरा जाणि संकृचित शिंद्याव सामने एकटा  $m$  उरेव बन्धु रेखे शिंद्या छेडे दिले शिंद्या भरटाव घण्ठाव बल प्रयोग करते एकटा दूरहे अतिक्रम कराते पारत, याव अर्थ काज कराते पारत। अर्थात एटी एकटी शक्ति, गतिशक्ति ना हलेव एटी अन्य एक धरनेव शक्ति। एই धरनेव सकित शक्तिके बले विभव शक्ति (Potential Energy)। एই शक्तिके कोनो बन्धुव अवघाव वा अवघावानेव जल्य तैरिह हव।



चिऱ 4.02: शिंद्याव शिंद्यावाव एवं बल प्रयोग करते संकृचित करा।

একটি শিল্পের ধূবক যদি  $k$  হয় এবং শিল্পটিকে যদি তার শির অবস্থার সাপেক্ষে  $x$  দূরত্ব সংকুচিত করা হয় তাহলে তার ঘেরে শক্তি সঞ্চিত হয়

$$V = \frac{1}{2} kx^2$$



নিজে করো

**নিজে করো:** শিল্পকে  $x$  দূরত্ব সংকুচিত কিংবা প্রসারিত করলে সেটি  $F = -kx$  বল প্রয়োগ করে, এটি ব্যবহার করে  $V = \frac{1}{2} kx^2$  বের করা সম্ভব। তুমি কি বের করতে পারবে? (যেহেতু বলটি শিল্পের দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে তাই গড় বল বের করে মোট দূরত্ব দিয়ে পুণ দাও।)



উদাহরণ

প্রশ্ন: 10 kg ভরের একটা বস্তু 10 m/s বেগে একটা শিল্পের উপর পড়ল। শিল্প ধূবক  $k = 100,000 \text{ J/m}^2$  সেটি কভিটুকু সংকুচিত হবে?

উত্তর: বস্তুটির পতিশক্তি

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^2 \text{ J} = 500 \text{ J}$$

এই শক্তিটুকু শিল্পটাকে সংকুচিত করবে অর্থাৎ

$$\frac{1}{2}kx^2 = 500 \text{ J}$$

কাজেই

$$x^2 = \frac{2 \times 500}{100,000} \text{ m}^2 = \frac{1}{100} \text{ m}^2$$

$$x = 0.1 \text{ m}$$

আমরা বখন কোনো কিছুকে উপরে ঢালি তখনো সেটা বিভব শক্তি অর্জন করে। এক টুকরো পাথর উপর থেকে ছেড়ে দিলে সেটা নিচে নামার সময় তার পতি বাড়তে থাকে তাই সেটার মাঝে পতিশক্তির জন্য হয়। এটি সম্ভব হয় কারণ পাথরটা বখন উপরে ছিল তখন এই “উপরে” অবস্থানের জন্য তার

যাবে এক থরনের বিভব শক্তি জমা হয়েছিল। একটা পার্থক্যে উপরে তোলা হলে তার ভেজের কী পরিমাণ বিভব শক্তি জমা হয়, এখন সেটাও আমরা বের করতে পারি। বুঝতেই পারছ একটা বস্তুকে উপরে তুলতে হলে বে পরিমাণ কাজ করতে হব সেটাই বিভব শক্তি হিসেবে পার্থক্যের মাঝে জমা হয়ে যাবে। কাজের পরিমাণ  $W$  হলে

$$W = Fh$$

এখানে  $F$  হচ্ছে প্রস্তুত বল এবং  $h$  হচ্ছে উচ্চতা।  $F$  বলটি আয়ানের প্রয়োগ করতে হব উপরের দিকে এবং অভিক্রান্ত দূরত্বে উপরের দিকে, কাজেই  $F$  পজিটিভ। উপরে তোলার জন্য বে বল প্রয়োগ করতে হয় তার মান নিচের বলের মতো পরিবর্তন হয় না এবং এই বলটি পার্থক্যটির ওজনের সমান। পার্থক্যটির ওজন  $mg$  হলে

$$F = mg$$

এবং

$$W = mgh$$

মনে রাখতে হবে, পার্থক্যটির ওজন একটি বল এবং সেটি নিচের দিকে কাজ করে। পার্থক্যটিকে উপরে তুলতে হলে এই ওজনের সমান একটা বল আয়ানের উপরের দিকে প্রয়োগ করতে হয়।

$m$  ভরের একটা পার্থক্যে  $h$  উচ্চতায় তুলে তার ভেজের বিভব শক্তি সৃষ্টি করে যদি পার্থক্যটিকে ছেড়ে দিই তাহলে সেটা যখন নিচের দিকে  $h$  দূরত্ব সেমে আসবে, যখন তার ভেজের কী পরিমাণ পতিষ্ঠিত জমা নেবে?

শক্তির নিয়ন্তার কারণে তার বিভব শক্তির পুরোটাকুই গতিশক্তিতে পরিণত হবে। আমরা জানি পতিষ্ঠিত হচ্ছে  $\frac{1}{2}mv^2$  তাই আমরা লিখতে পারি:

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$v^2 = 2gh$$

সঙ্গে কথা বলতে কি আমরা পড়ান্ত বস্তুর সরীকরণ বের করার সময় হুবহু এই সূত্রটি ইতিমধ্যে একবার বের করেছিলাম। শক্তির ধারণা দিয়ে সক্ষৰ্ম অন্যান্যে আমরা আবার একই সূত্র বের করেছি।



### উদাহরণ

ধর: 10 kg ভরের একটা বস্তুকে 100 m/s বেলে উপরের দিকে ছুড়ে দিলে এটা কত উপরে উঠবে?

**উত্তর:** এটি আগে গতি সূত্র দিয়ে বের করা হয়েছে। এখন শক্তির রূপান্তর দিয়ে বের করা যেতে পারে।

গতিশক্তি:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 100^2 \text{ J} = 50,000 \text{ J}$$

বস্তুটি যখন  $h$  উচ্চতায় পৌঁছাবে তখন যদি পুরো গতিশক্তিটি বিভব শক্তিতে রূপান্তরিত হয় তাহলে,

$$mgh = 50,000 \text{ J}$$

$$h = \frac{50,000 \text{ J}}{mg} = \frac{50,000}{10 \times 9.8} \text{ m} = 510 \text{ m}$$

তোমাদের বোঝানোর জন্য এখানে  $10 \text{ kg}$  ভর কথাটি বলা হয়েছে। এটা কিন্তু ভরের উপর নির্ভর করে না। যেকোনো ভরকে  $100 \text{ m/s}$  বেগে উপরে ছুড়ে দিলে আমরা এই উত্তর পাব। কাজেই আমরা ইচ্ছে করলে  $v^2 = 2gh$  সূত্রটি ব্যবহার করে সরাসরি করে ফেলতে পারতাম!

**প্রশ্ন:**  $5 \text{ kg}$  ভরের একটা বস্তুকে  $50 \text{ m/s}$  বেগে উপরের দিকে ছুড়ে দিলে কোন উচ্চতায় এর বিভব শক্তি এবং গতিশক্তি সমান হবে?

**উত্তর:** বস্তুটির প্রাথমিক গতিশক্তি

$$T_0 = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 50^2 \text{ J} = 6,250 \text{ J}$$

যখন গতিশক্তি বিভব শক্তির সমান হবে তখন সেই  $h$  উচ্চতায় আমরা বলতে পারি

$$\text{গতিশক্তি} = \text{বিভব শক্তি}$$

$$\text{গতিশক্তি} + \text{বিভব শক্তি} = \text{প্রাথমিক গতিশক্তি}$$

$$\text{বিভব শক্তি} = \text{গতিশক্তি} = \text{প্রাথমিক গতিশক্তি}/2$$

$$mgh = \frac{6250 \text{ J}}{2}$$

$$h = \frac{6250 \text{ J}}{2 \times mg} = \frac{6250}{2 \times 5 \times 9.8} \text{ m} = 63.78 \text{ m}$$

তোমরা নিশ্চয়ই অনুমান করছ এই সমস্যাটিও আসলে ভরের মানের উপর নির্ভর করে না।

## ৪.৪ শক্তির বিভিন্ন উৎস (Sources of Energy)

পৃথিবীর সভ্যতার ইতিহাসকে সহজভাবে বলা যায় শক্তি ব্যবহারের ইতিহাস। মোটামুটিভাবে বলা যায়, কোন দেশ কতটা উন্নত, সেটা বোঝার একটা সহজ উপায় হচ্ছে মাথাপ্রতি তাঙ্গা কতটুকু বিদ্যুৎ শক্তি ব্যবহার করে তার একটা হিসাব মেওয়া। পৃথিবীর বিভিন্ন ধরনের শক্তির মূল ৪.০৩ টিক্কে দেখানো হয়েছে।

### ৪.৪.১ অনবায়নযোগ্য শক্তি (Non-Renewable Energy)

পৃথিবীর সভ্যতার ইতিহাসটা যেহেতু শক্তি ব্যবহারের ইতিহাস, তাই আমরা দেখতে পাই সারা পৃথিবীতেই সব দেশ সব জাতির ভেতরেই শক্তির জন্য এক ধরনের স্কুধা কাছ করছে। যে দেশাবে পারছে, সেতাবে শক্তির অনুসন্ধান করছে, শক্তিকে ব্যবহার করছে।



চিত্র ৪.০৩: শক্তির বিভিন্ন উৎস।

**জ্বালানি শক্তি (তেল, গ্যাস এবং কয়লা):** এই মুহূর্তে পৃথিবীর শক্তির সবচেয়ে বড় উৎস হচ্ছে তেল, গ্যাস বা কয়লা। তেল গ্যাস বা কয়লা তিনটিই হচ্ছে ফসিল জ্বালানি, অর্ধেৎ সংক্ষ-কোটি বছর আগে পাহাড়গাঁা মাটির নিচে ঢাপা পড়ে দীর্ঘদিনের তাপ আর চাপে এই মূল নিয়েছে। মাটির নিচ থেকে কয়লা, তেল আর গ্যাসকে ফুলতে হয়। মাটির নিচ থেকে যে তেল তোলা হয় (Crude Oil) আধিক অবস্থায় সেগুলো অনেক ঘন থাকে, রিফাইনারিতে সেগুলো পরিশোধন করে প্রেস্ট্রিল, ডিজেল বা কেরোসিনে রূপান্বর করা হয় এবং সাথে সাথে আরো ব্যবহারযোগ্য পদার্থ বের হয়ে আসে। মাটির নিচ থেকে যে গ্যাস বের হয় সেটি মূলত মিথেন  $CH_4$ , এর সাথে জলীয়বাল্ক এবং অন্যান্য গ্যাস মেশুলো থাকতে পারে এবং সেগুলো আলাদা করে নিতে হয়। আমাদের বাংলাদেশের গ্যাস দূলনামূলকভাবে অনেক পরিমাণে এবং সরাসরি ব্যবহার করার উপযোগী।

**নিউক্লিয়ার শক্তি:** অনেক দেশ নিউক্লিয়ার শক্তিকে ব্যবহার করছে, সেখানেও এক ধরনের জ্বালানির দরকার হয়, সেই জ্বালানি হচ্ছে ইউরেনিয়াম। তেল, গ্যাস, কয়লা বা ইউরেনিয়াম, এই শক্তিগুলোর মাঝে একটা মিল রয়েছে, এগুলো ব্যবহার করলে খরচ হয়ে যায়। মাটির নিচে কতটুকু তেল, গ্যাস, কয়লা আছে কিংবা পৃথিবীতে কী পরিমাণ ইউরেনিয়াম আছে মানুষ এর মাঝে সেটা অনুমান করে বের করে ফেলেছে। দেখা গেছে পৃথিবীর মানুষ যে হারে শক্তি ব্যবহার করছে যদি সেই হারে শক্তি ব্যবহার করতে থাকে তাহলে পৃথিবীর শক্তির উৎস তেল, গ্যাস, কয়লা বা ইউরেনিয়াম দিয়ে টেনেটুনে বড়জোর দুই শত বছর চলবে। তারপর আমাদের পরিচিত উৎস যাবে ফুরিয়ে। তখন কী হবে পৃথিবীর মানুষ সেটা নিয়ে খুব বেশি দুর্ভাবনায় নেই, তার কারণ মানুষ মোটামুটি নিশ্চিতভাবেই জানে বিজ্ঞান আর প্রযুক্তি ব্যবহার করে এর মাঝে অন্য কিছু বের করে ফেলা হবে। যেমন নিউক্লিয়ার ফিউসান, যেটা ব্যবহার করে সূর্য কিংবা নক্ষত্রের তাদের শক্তি তৈরি করে। ফিউসানের জন্য জ্বালানি আসে হাইড্রোজেনের একটা আইসোটোপ থেকে, আর পানির প্রত্যেকটা অণুতে দুটো করে হাইড্রোজেন, কাজেই সেটা ফুরিয়ে যাবার কোনো আশঙ্কা নেই।

#### 4.4.2 নবায়নযোগ্য শক্তি (Renewable Energy)

শুধু যে ভবিষ্যতে নতুন ধরনের শক্তির ওপর মানুষ ভরসা করে আছে তা নয়, এই মুহূর্তেও তারা এমন শক্তির ওপর ভরসা করে আছে, যেগুলো ফুরিয়ে যাবে না। সেই শক্তি আসে সূর্যের আলো থেকে, সমুদ্রের জোয়ার-ভাটা কিংবা ঢেউ থেকে, উন্মুক্ত প্রান্তরের বাতাস থেকে, পৃথিবীর গভীরের উভক্ষ ম্যাগমা থেকে কিংবা নদীর বহমান পানি থেকে। আমাদের বুঝতে কোনো অসুবিধা হয় না যে এই শক্তিগুলো বলতে গেলে অফুরন্ট। এগুলোকে বলা হয় নবায়নযোগ্য (Renewable Energy) শক্তি—অর্থাৎ যে শক্তিকে নবায়ন করা যায়, যে কারণে এটা ফুরিয়ে যাবার কোনো আশঙ্কা নেই।

এই মুহূর্তে পৃথিবীর সব মানুষ যে পরিমাণ শক্তি ব্যবহার করে তার পাঁচ ভাগের এক ভাগ হচ্ছে এই নবায়নযোগ্য শক্তি। যত দিন যাচ্ছে মানুষ ততই পরিবেশ সচেতন হচ্ছে। তাই এ রকম শক্তির ব্যবহার আরো বেড়ে যাচ্ছে।

**জলবিদ্যুৎ:** পৃথিবীর পুরো শক্তির পাঁচ ভাগের এক ভাগ হচ্ছে নবায়নযোগ্য শক্তি। সেই এক ভাগের বেশির ভাগ হচ্ছে জলবিদ্যুৎ, নদীতে বাঁধ দিয়ে বিদ্যুৎ তৈরি করা। নদীর পানি যেহেতু ফুরিয়ে যায় না তাই এ রকম বিদ্যুৎকেন্দ্রের শক্তির উৎসও ফুরিয়ে যায় না। এটা হচ্ছে প্রচলিত ধারণা। কিন্তু নদীতে বাঁধ দেওয়া হলে পরিবেশের অনেক বড় ক্ষতি হয়, সে কারণে পৃথিবীর মানুষ অনেক সতর্ক হয়ে গেছে। যাদের একটু দূরদৃষ্টি আছে তারা এ রকম জলবিদ্যুৎকেন্দ্র আর তৈরি করে না।

**বায়োমাস:** জলবিদ্যুতের পর সবচেয়ে বড় নবায়নযোগ্য শক্তি আসে বায়োমাস (Biomass) থেকে, বায়োমাস বলতে বোঝানো হয় লাকড়ি, খড়কুটো এসবকে। পৃথিবীর একটা বড় অংশের মানুষের

কাছে তেল, গ্যাস, বিদ্যুৎ নেই, তাদের দৈনন্দিন জীবন কাটে লাকড়ি, খড়কুটো জ্বালিয়ে। এই দরিদ্র মানুষগুলোর ব্যবহারিক শক্তি পৃথিবীর পুরো শক্তির একটা বড় অংশ। যদিও শুকনো গাছ খড়কুটো পুড়িয়ে ফেললে সেটা শেষ হয়ে যায়। তারপরও বায়োমাসকে নবায়নযোগ্য শক্তির উৎস বলার কারণ নতুন করে আবার গাছপালা জন্মানো যায়। তেল, গ্যাস বা কয়লার মতো পৃথিবী থেকে এটা চিরদিনের জন্য অদৃশ্য হয়ে যায় না।

নবায়নযোগ্য শক্তির এই দুটি রূপ, জলবিদ্যুৎ আর বায়োমাসের পর গুরুত্বপূর্ণ শক্তির উৎসগুলো হচ্ছে সৌরশক্তি, বায়ুশক্তি, বায়ো ফুরেল আর জিওথার্মাল।

**সৌরশক্তি:** শুনে অনেকেই অবাক হয়ে যাবে, মাত্র এক বর্গকিলোমিটার এলাকায় সূর্য থেকে আলো তাপ হিসেবে প্রায় হাজার মেগাওয়াট শক্তি পাওয়া যায়, যেটা একটা নিউক্লিয়ার শক্তি কেন্দ্রের কাছাকাছি। সূর্য থেকে আসা আলো আর তাপের একটা অংশ বায়ুমণ্ডলে শোষিত হয়ে যায়, রাতের বেলা সেটা থাকে না, মেঘ বৃক্ষের কারণে সেটা অনিয়ন্ত্রিত। তা ছাড়াও শক্তিটা আসে তাপ কিংবা আলো হিসেবে, বিদ্যুতে রূপান্তর করার একটা ধাপ অতিক্রম করতে হয়। তারপরও বলা যায় এটা আমাদের খুব নির্ভরশীল একটা শক্তির উৎস। সূর্যের তাপকে ব্যবহার করে সেটা দিয়ে বিদ্যুৎ তৈরি করা যায়। তার চেয়ে বেশি জনপ্রিয় পদ্ধতি হচ্ছে সেটাকে সরাসরি বিদ্যুতে রূপান্তর করা। আজকাল পৃথিবীর একটা পরিচিত দৃশ্য হচ্ছে সোলার প্যানেল, বাসার ছাদে লাগিয়ে মানুষ তার নিজের প্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ নিজের বাসায় তৈরি করে নেয়।

**বায়ুশক্তি:** সৌরশক্তির পরই যেটি খুব দুট গুরুত্বপূর্ণ স্থান দখল করে ফেলছে সেটা হচ্ছে বায়ুশক্তি। আমাদের দেশে আমরা এখনো বায়ু বিদ্যুতের বিশাল টারবাইন দেখে অভ্যস্ত নই কিন্তু ইউরোপের অনেক দেশেই সেটা খুব পরিচিত একটা দৃশ্য। যেখানে বায়ু বিদ্যুতের বিশাল টারবাইন বসানো হয়, সেখান থেকে শুধু একটা খান্দা উপরে উঠে যায়, তাই মোটেও জায়গা নষ্ট হয় না, সেজন্য পরিবেশবাদীরা এটা খুব পছন্দ করেন। একটা বায়ু টারবাইন থেকে কয়েক মেগাওয়াট পর্যন্ত বিদ্যুৎ পাওয়া সম্ভব। বাতাস ব্যবহার করে যে শক্তি তৈরি করা হয় প্রতিবছর তার ব্যবহার বাড়ছে প্রায় ত্রিশ শতাংশ, এই সংখ্যাটি কিন্তু কোনো ছোট সংখ্যা নয়।

**বায়োকুর্য়েল:** পৃথিবীর মানুষ বহুদিন থেকে পান করার জন্য অ্যালকোহল তৈরি করে আসছে—সেটা এক ধরনের জ্বালানি। ভুট্টা, আখ এ ধরনের খাবার থেকে জ্বালানির জন্য অ্যালকোহল তৈরি করা মোটামুটি একটা গ্রহণযোগ্য পদ্ধতি। রান্না করার জন্য আমরা যে তেল ব্যবহার করি সেটা ডিজেলের পরিবর্তে ব্যবহার করা যায়। পৃথিবীতে অনেক ধরনের গাছপালা আছে যেখান থেকে সরাসরি জ্বালানি তেল পাওয়া যায়। পৃথিবীর অনেক দেশেই এটা নিয়ে গবেষণা হচ্ছে, অনেক দেশই (যেমন ব্রাজিল) এ ধরনের বায়োকুর্য়েল বেশ বড় আকারে ব্যবহার করতে শুরু করেছে।

**ভূতাপীয়:** নবায়নযোগ্য শক্তির গুরুত্বপূর্ণ আরেকটি হচ্ছে ভূতাপীয় বা জিওথার্মাল (Geothermal) শক্তি। আমাদের পৃথিবীর ভেতরের অংশ উত্তপ্ত অঘঘেঘেগিরি দিয়ে যখন সেটা বের হয়ে আসে তখন আমরা সেটা টের পাই। তাই কেউ যদি কয়েক কিলোমিটার গভর্ত করে যেতে পারে তাহলেই তাপশক্তির একটা বিশাল উৎস পেয়ে যায়। প্রক্রিয়াটা এখনো সহজ নয়, তাই ব্যাপকভাবে ব্যবহার শুরু হয়নি। কোনো কোনো জায়গায় তার ভূ-প্রকৃতির কারণে যেখানে এ ধরনের শক্তি সহজেই পাওয়া যায় সেখানে সেগুলো ব্যবহার শুরু হয়েছে।

#### 4.4.3 শক্তির রূপান্তর এবং পরিবেশের উপর প্রভাব

সারা পৃথিবীতেই এখন মানুষেরা পরিবেশ নিয়ে সচেতন হয়ে উঠেছে। উন্নতির জন্য দরকার শক্তি, কিন্তু শক্তির জন্য যদি পরিবেশকে ধ্বংস করে দেওয়া হয় আধুনিক পৃথিবীর মানুষ কিন্তু সেটা মেনে নেয় না। পৃথিবীর মানুষ এখন যেকোনো শক্তি যেকোনোভাবে ব্যবহার করতে প্রস্তুত নয়। পৃথিবীর সর্বনাশ না করে, প্রকৃতির সাথে বিরোধ না করে তারা পৃথিবীর মাঝে লুকানো শক্তিটুকু ব্যবহার করতে চায়।

শক্তির রূপান্তরে পরিবেশের উপর প্রভাবের সবচেয়ে বড় উদাহরণ হচ্ছে ফসিল জ্বালানি বা তেল, গ্যাস এবং কয়লা। এই তিনিটিতেই কার্বনের পরিমাণ অনেক বেশি এবং এগুলো পুড়িয়ে যখন তাপশক্তি তৈরি হয় তখন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরি হয়, যেটি একটি গ্রিনহাউস গ্যাস। অর্থাৎ এই গ্যাস পৃথিবীতে তাপকে ধরে রাখতে পারে এবং এ কারণে পৃথিবীর তাপমাত্রা ধীরে ধীরে বেড়ে যাচ্ছে, যেটি বৈশ্বিক উষ্ণতা নামে পরিচিত। বৈশ্বিক উষ্ণতার কারণে মেরু অঞ্চলের বরফ গলে গিয়ে সমুদ্রপৃষ্ঠের উচ্চতা বেড়ে যাচ্ছে। সেকারণে পৃথিবীর যেসব দেশের নিম্নাঞ্চল প্লাবিত হবে এবং কৃষিজমি লবণ্যান্ত হয়ে পরিবেশের উপর ক্ষতিকর প্রভাব ফেলবে, তার মাঝে বাংলাদেশ একটি। এই মুহূর্তে পৃথিবীর সব দেশ মিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড নিঃসরণের পরিমাণ কমানোর চেষ্টা করছে।

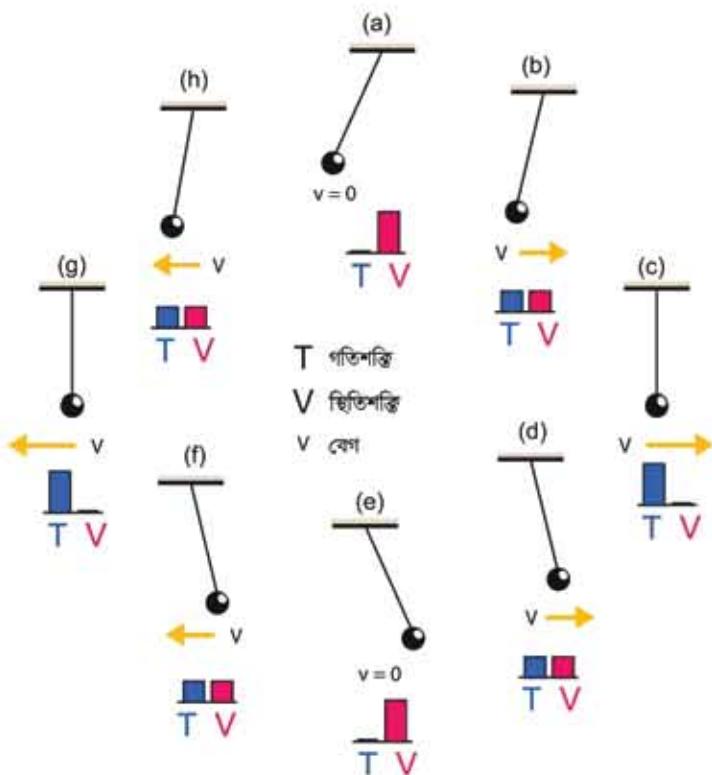
নিউক্লিয়ার বিদ্যুৎকেন্দ্রে কার্বন ডাই-অক্সাইডের নিঃসরণ হয় না, কিন্তু নিউক্লিয়ার বর্জ্য অত্যন্ত তেজস্ক্রিয় এবং এদের তেজস্ক্রিয়তার মাত্রা নিরাপদ মাত্রায় পৌঁছানোর জন্য লক্ষ লক্ষ বছর সংরক্ষণ করতে হয় যেটি পরিবেশের জন্য ঝুঁকিপূর্ণ। আধুনিক প্রযুক্তির কারণে নিউক্লিয়ার শক্তিকেন্দ্র অনেক নিরাপদ হলেও মাঝে মাঝে মানুষের ভুল কিংবা প্রাকৃতিক দুর্ঘটনার কারণে এখানে বড় দুর্ঘটনা ঘটে মারাত্মক পরিবেশ বিপর্যয় ঘটতে পারে। তার দুটি উদাহরণ হচ্ছে প্রাক্তন সোভিয়েত ইউনিয়নের চেরনোবিল এবং জাপানের ফুকুশিমার দুর্ঘটনা।

তুলনামূলকভাবে পরিবেশের উপর নবায়নযোগ্য শক্তির প্রভাব কম, তবে জলবিদ্যুতের জন্য যখন নদীতে বাঁধ দেওয়া হয় তখন একদিকে বিস্তীর্ণ অঞ্চল প্লাবিত হয়ে পরিবেশের ক্ষতি হয়, অন্যদিকে পানির প্রবাহ কমে যাবার কারণে বাঁধের পরবর্তী এলাকায় তীব্র খরার সৃষ্টি হতে পারে।

## ୪.୫ ଶତିର ନିଭ୍ୟତା ଏବଂ ବୃଦ୍ଧିତର (Conservation and Transformation of Energy)

### ୪.୫.୧ ଶତିର ନିଭ୍ୟତା

ଆମରା ଆମାଦେର ଦୈଲ୍ୟଦିନ ଜୀବନେ ଚାରଗାଣେ ସେ ଶତି ଦେଖି ଦେବି ଅବିନନ୍ଦର । ଏଇ କୋଣେ କୁହା ନେଇ, ଏହି ଶୁଣୁ ଏକଟି ବୁଲ୍ ଥିକେ ଅନ୍ୟ ବୁଲ୍ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ । ଏକଟା ପାଥର ଉପରେ ତୁଳନେ ତାର ଯାଏବେ ସିଦ୍ଧିଶତି ବା ବିଭବ ଶତିର ଜଣ ହୁଏ । ପାଥରଟା ଛେଡ଼ ଦିଲେ ବିଭବ ବା ସିଦ୍ଧିଶତି କମାତେ ଥାକେ ଏହି ପତିଶତି ବାଢ଼ାତେ ଥାକେ । ଯାଟି ଶର୍ଷ କରାର ପୂର୍ବ ମୁହଁରେ ପୁରୋ ଶତିଟାଇ ଗତିଶତିରେ ବୃଦ୍ଧିତରିତ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଯାଟିକେ ଶର୍ଷ କରାର ପର ପାଥରଟି ସବ୍ଲ ଥେମେ ଯାଇ ତଥନ ତାର ଭେତରେ ପତିଶତିର ଥାକେ ନା ବିଭବ ଶତି ଥାକେ ନା, ତାହାରେ ଶତିଟା କୋଥାର ଯାଏ ?



ଛିତ୍ର ୪.୦୪: ଏକଟି ପ୍ରେମୁଳାଯ ଦୂଳହେ, ଯୋଟ ଶତିଟାକୁ ଗତିଶତି ଏବଂ ବିଭବ ଶତିର ଯାଏବେ ସ୍ଥାନ ବନ୍ଦ କରାଇ ।

তোমরা নিশ্চয়ই লক্ষ করেছ পাথরটা যখন মেঝেতে আঘাত করে তখন সেটি শব্দ করে যেখানে আঘাত করেছে সেখানে তাপের সৃষ্টি করে অর্থাৎ গতিশক্তিকু শব্দ কিংবা তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে যায়।

বিভব এবং গতিশক্তির ভেতরে রূপান্তরের উদাহরণটি চমৎকার (চিত্র 4.04)। একটি ছোট পাথরকে সূতা দিয়ে বেঁধে ঝুলিয়ে দিয়ে যদি আমরা একপাশে একটু টেনে নিই তাহলে সেটি তার স্থির অবস্থা থেকে একটু উপরে উঠে যায় বলে তার ভেতর এক ধরনের স্থিতিশক্তির জন্ম হয়। এখন পাথরটা ছেড়ে দিলে তার ভেতরকার অসাম্য বলের জন্য সেটি তার স্থির অবস্থার দিকে যেতে থাকে এবং তার মাঝে গতির সঞ্চার হয়। ঠিক মাঝখানে যখন পৌঁছায় তখন তার বেগ থাকে সবচেয়ে বেশি তাই সেটি থেমে না গিয়ে অন্যদিকে যেতে থাকে এবং বেগ নিঃশেষ না হওয়া পর্যন্ত উপরে উঠতে থাকে অর্থাৎ তার ভেতরে আবার স্থিতিশক্তির জন্ম হয়। যখন এটি সবচেয়ে উঁচুতে পৌঁছে গিয়ে থেমে যায় তখন তার স্থিতিশক্তির জন্য সেটি আবার স্থির অবস্থার দিকে যেতে থাকে। এভাবে পাথরটি দুলতে থাকে এবং স্থিতিশক্তি থেকে গতিশক্তি এবং গতিশক্তি থেকে স্থিতিশক্তির মাঝে রূপান্তর হতেই থাকে। ঘৰণ এবং অন্যান্য কারণে শক্তি ক্ষয় না হলে এই প্রক্রিয়াটি অনন্তকাল ধরে চলতে থাকত!

কাজেই শক্তির রূপান্তর খুবই স্বাভাবিক একটা প্রক্রিয়া। শুধু বিভব শক্তি এবং গতিশক্তির মাঝে যে রূপান্তর হতে পারে তা নয়। আমাদের পরিচিত সব শক্তিই এক রূপ থেকে অন্য রূপে যেতে পারে। আমরা আমাদের দৈনন্দিন জীবনে চারপাশে যে শক্তি দেখি সেটি সৃষ্টিও হয় না ধ্বংসও হয় না, শুধু তার রূপ পরিবর্তন করে। এটাই হচ্ছে শক্তির নিত্যতার সূত্র।

#### 4.5.2 শক্তির রূপান্তর

আমরা আমাদের চারপাশে শক্তির রূপান্তরের অনেক উদাহরণ দেখি, যেমন:

##### (a) বিদ্যুৎ বা তড়িৎ শক্তি

শক্তির রূপান্তরের উদাহরণ দিতে হলে আমরা সবার আগে বিদ্যুৎ বা তড়িৎ শক্তির উদাহরণ দিই, তার কারণ এই শক্তিকে সবচেয়ে সহজে অন্যান্য শক্তিতে রূপান্তর করা যায়। শুধু তা-ই নয়, এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় বিদ্যুৎ শক্তি সরবরাহ করা সবচেয়ে সহজ। তাই আমাদের চারপাশে নানা ধরনের শক্তি থাকার পরও আমরা আমাদের বাসায় অন্য কোনো শক্তি সরবরাহ না করে সবার প্রথমে তড়িৎ শক্তি বা ইলেক্ট্রিসিটি সরবরাহ করে থাকি। আমরা আমাদের দৈনন্দিন জীবনে বৈদ্যুতিক পাখা বা অন্যান্য মোটরে তড়িৎ বা বৈদ্যুতিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হতে দেখি। (যদিও চৌম্বক শক্তি আসলে বিদ্যুৎ বা তড়িৎ শক্তি থেকে ভিন্ন কিছু নয়, তার পরেও আমরা মোটর বা বৈদ্যুতিক পাখার ভেতরে বিদ্যুৎ শক্তিকে প্রথমে চৌম্বক শক্তিতে রূপান্তর করে সেখান থেকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তর হতে দেখি।) বৈদ্যুতিক ইন্সি বা হিটারে এটা তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। বাল্ব, টিউবলাইট

বা এলেক্ট্রিচিয়েল ডিভাইসে তড়িৎ শক্তি আলোতে বৃপ্তান্তরিত হয়। শব্দশক্তি তৈরি করার জন্য সাধারণত কোনো কিছুকে কাঁপাতে হয়। সেটি এক ধরনের যান্ত্রিক শক্তি। তারপরও আমরা বলতে পারি স্পিকারে বিদ্যুৎ শক্তি শব্দশক্তিতে বৃপ্তান্তরিত হয়। আমরা সবাই আমাদের মোবাইলে টেলিফোনের ব্যাটারিকে বিদ্যুৎ দিয়ে চার্জ করি, যেখানে আসলে তড়িৎ শক্তি রাসায়নিক শক্তিতে বৃপ্তান্তরিত হয়।

### (b) রাসায়নিক শক্তি

শক্তি বৃপ্তান্তরের উদাহরণ হিসেবে গুরুত্বপূর্ণ শক্তি নিশ্চয়ই রাসায়নিক শক্তি। আমরা আমাদের বাসায় রান্না করার জন্য যে গ্যাস ব্যবহার করি সেটা রাসায়নিক শক্তির তাপ শক্তিতে বৃপ্তান্তরের উদাহরণ। সে কারণে আমাদের বাসায় বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করার সাথে সাথে গ্যাসও সরবরাহ করা হয়। রাসায়নিক শক্তিকে তাপে বৃপ্তান্তর করার কারণে আমরা আলোও পেয়ে থাকি। মোমবাতির আলো তার একটা উদাহরণ। গ্যাস, পেট্রল, ডিজেল বা এ ধরনের জ্বালানি ব্যবহার করে আমরা নানারকম ইঞ্জিনে যান্ত্রিক শক্তিতে বৃপ্তান্তরিত হতে দেখি। যদিও ভালো করে দেখলে আমরা দেখব রাসায়নিক শক্তি প্রথমে তাপশক্তি এবং সেই তাপশক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে বৃপ্তান্তরিত হচ্ছে। তবে আধুনিক প্রযুক্তির যুগে রাসায়নিক শক্তির বৃপ্তান্তরের সবচেয়ে বড় উদাহরণটি হচ্ছে ব্যাটারি, যেখানে এই শক্তি বৈদ্যুতিক শক্তিতে বৃপ্তান্তরিত হয়। মোবাইল টেলিফোন থেকে শুরু করে গাড়ি কিংবা ঘড়ি থেকে মহাকাশযান এমন কোনো জায়গা খুঁজে পাওয়া যাবে না যেখানে ব্যাটারি ব্যবহার করে রাসায়নিক শক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে বৃপ্তান্তরিত করা হয়নি। রাসায়নিক শক্তির সবচেয়ে চমকপ্রদ উদাহরণ অবশ্য আমাদের বা জীবন্ত প্রাণীর শরীর, যেখানে খাদ্য থেকে রাসায়নিক শক্তি যান্ত্রিক কিংবা বিদ্যুৎ শক্তিতে বৃপ্তান্তরিত হয়।

### (c) তাপশক্তি

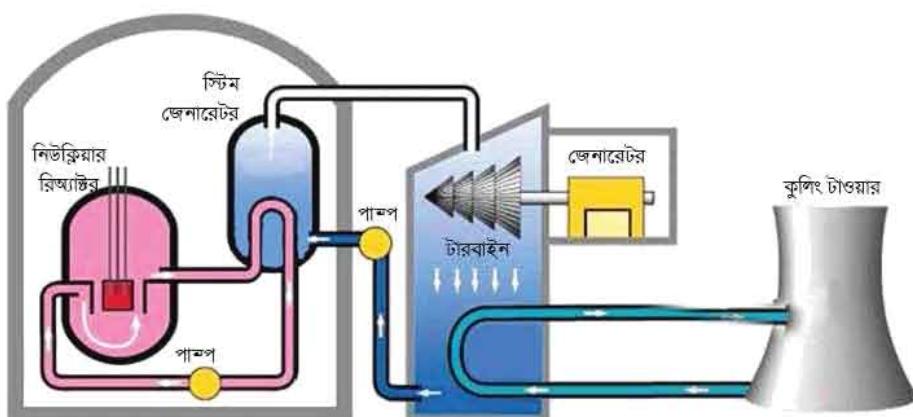
পরিমাণের দিক থেকে বিবেচনা করলে নিঃসন্দেহে পৃথিবীতে সবচেয়ে বেশি শক্তির বৃপ্তান্তর হয় তাপশক্তি থেকে। যাবতীয় যন্ত্রের যাবতীয় ইঞ্জিনে তাপশক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে বৃপ্তান্তর করা হয়। থার্মোকাপলে (Thermocouple) দুটি ভিন্ন ধাতব পদার্থের সংযোগস্থলে তাপ প্রদান করে সরাসরি তাপ থেকে বিদ্যুৎ উৎপাদনের উদাহরণ থাকলেও প্রকৃত পক্ষে প্রায় সবক্ষেত্রেই তাপশক্তি থেকে যান্ত্রিক শক্তি এবং যান্ত্রিক শক্তি দিয়ে বিদ্যুৎ শক্তি তৈরি করা হয়। (পরিবেশ রক্ষা করার জন্য আমরা আজকাল শক্তির অপচয় করতে চাই না। তাই তাপ দিয়ে আলো তৈরি হয় সে রকম লাইট বল্ব ব্যবহার না করে আজকাল বেশি বিদ্যুৎসাধারণী বাল্ব ব্যবহার করা হয়।) আমরা মোমবাতির শিখায় রাসায়নিক শক্তিতে সৃষ্টি তাপের কারণে উত্পন্ন গ্যাসের কণা বা বাল্বের ফিলামেন্টে তাপকে আলোক শক্তিতে বৃপ্তান্তরিত হতে দেখি।

#### (d) যান্ত্রিক শক্তি

জেনারেটরে যখন বিদ্যুৎ তৈরি হয় তখন আসলে যান্ত্রিক শক্তি ব্যবহার করে তারের কুণ্ডলীকে চৌম্বক ক্ষেত্রে শূরিয়ে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর করা হয়। ঘর্ষণের কারণে সব সময়ই তাপশক্তি তৈরি হচ্ছে, সেখানে আসলে যান্ত্রিক শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হচ্ছে।

#### (e) আলোক শক্তি

আলো হচ্ছে বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ এবং এই তরঙ্গের একটা নির্দিষ্ট মাত্রার তরঙ্গাদৈর্ঘ্য আমরা চোখে দেখতে পাই, সেটাকে আমরা আলো বলি। এর চেয়ে বেশি এবং কম তরঙ্গাদৈর্ঘ্যও প্রকৃতিতে রয়েছে এবং আমরা নানাভাবে তৈরিও করছি। যেমন মাইক্রোওয়েভ ওভেনে আমরা এই বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গকে তাপশক্তিতে রূপান্তর করি। আজকাল সোলার সেল ব্যবহার করে সরাসরি আলো থেকে বিদ্যুৎ তৈরি করা হয়। এখন যদিও ফটোগ্রাফিক কাগজ ধীরে ধীরে উঠে যাচ্ছে কিন্তু আমরা সবাই জানি আলোক সংবেদী ফটোগ্রাফির ফিল্মে আলোর উপস্থিতি রাসায়নিক শক্তির জন্ম দেয়।



চিত্র 4.05: নিউক্লিয়ার শক্তি কেন্দ্রের গঠন।

#### (f) ভর

তোমরা নিচ্যই বিভিন্ন ধরনের শক্তির রূপান্তরের মাঝে হঠাতে করে ভর শব্দটি দেখে চমকে উঠেছ। আমরা যখন শক্তিকে বোঝাই তখন কখনো সরাসরি ভরকে শক্তি হিসেবে কল্পনা করি না। কিন্তু আইনস্টাইন তাঁর আপেক্ষিক সূত্র দিয়ে দেখিয়েছেন  $E = mc^2$  এবং এই সূত্রটি দিয়ে ভরকে শক্তিতে রূপান্তরের সম্ভাবনার কথা জানিয়েছেন। নিউক্লিয়ার বোমাতে ভর থেকে শক্তি রূপান্তর করা হয়েছিল, সেখানে প্রচণ্ড তাপ, আলো এবং শব্দ শক্তি হিরেশিমা ও নাগাসাকি শহর ধ্বংস করে দিয়েছিল। শক্তির রূপান্তরের এই পদ্ধতিটি শুধু বোমাতে নয়, নিউক্লিয়ার বিদ্যুৎকেন্দ্রেও ব্যবহার করা হয়। সরাসরি

তাপশক্তি তৈরি হলেও সেই তাপকে ব্যবহার করে বাস্প এবং বাস্পকে ব্যবহার করে টারবাইন ঘুরিয়ে সেই টারবাইন দিয়ে জেনারেটরে বিদ্যুৎ তৈরি করা হয় (চিত্র 4.05)।

শক্তির এই ধরনের বৃপ্তির আমাদের চারপাশে ঘটতে থাকলেও আমাদের একটি খুব গুরুত্বপূর্ণ বিষয় জানা দরকার। শক্তি থাকলেই কিন্তু সব সময় সেই শক্তি ব্যবহার করা যায় না। পৃথিবীর সমুদ্রে বিশাল পরিমাণ তাপশক্তি রয়েছে, সেই শক্তি আমরা ব্যবহার করতে পারি না। (যুর্ণিকড় মাঝে মাঝে সেই শক্তি নগর লোকালয় ধ্বংস করে দেয়!) আবার যখনই শক্তিকে একটি রূপ থেকে অন্য রূপে পরিবর্তন করা হয় তখন খানিকটা হলেও শক্তির অপচয় হয়। মূলত এই অপচয়টা হয় তাপশক্তিতে এবং সেটা আমরা ব্যবহার করার জন্য ফিরে পাই না। শক্তির এই অপচয়টি আসলে প্রযুক্তির সীমাবদ্ধতা নয়। এটি পদার্থবিজ্ঞানের বেঁধে দেওয়া নিয়ম।

বিজ্ঞান শেখার প্রাথমিক পর্যায়ে অনেকেই এটা জানে না এবং তারা এক শক্তিকে অন্য শক্তিতে বৃপ্তির করে অনন্তকাল চলার উপযোগী একটা মেশিন তৈরি করার চেষ্টা করে (একটি মোটর জেনারেটরকে ঘুরিয়ে বিদ্যুৎ তৈরি করছে সেই বিদ্যুৎ দিয়েই আবার মোটরটিকে ঘোরানো হচ্ছে। এটি অনন্তকাল চলার একটি মেশিনের উদাহরণ। যেটি কখনোই কাজ করবে না।)

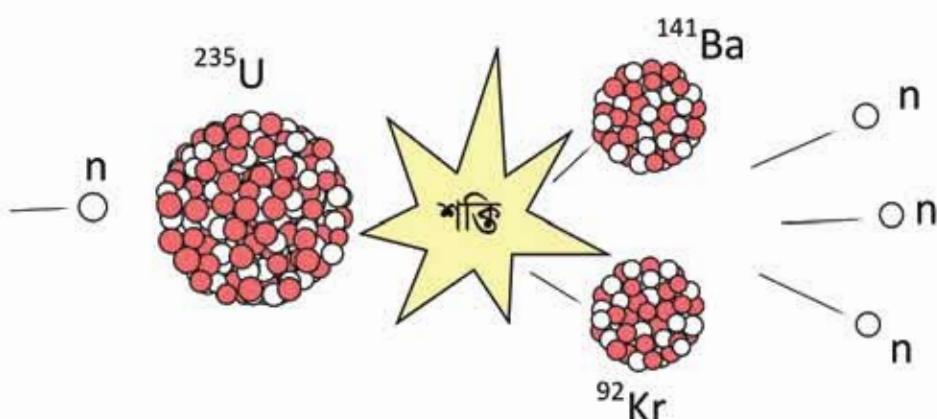
## 4.6 ভর ও শক্তির সম্পর্ক (Relation between mass and energy)

তোমরা জানো বিজ্ঞানী আইনস্টাইনের থিওরি অব রিলেটিভিটিতে বলা হয়েছে যে বস্তুর ভর আর শক্তি একই ব্যাপার, এবং ভর  $m$  কে যদি শক্তিতে বৃপ্তির করা যায় তাহলে সেই শক্তি  $E$  এবং এর পরিমাণ হচ্ছে  $E = mc^2$ , যেখানে  $c$  হচ্ছে আলোর বেগ। আলোর বেগ ( $3 \times 10^8$  m/s) বিশাল, সেটাকে বর্গ করা হলে আরো বিশাল হয়ে যায়, যার অর্থ অল্প এককু ভরকে শক্তিতে বৃপ্তির করতে পারলে আমরা বিশাল শক্তি পেয়ে যাব, নিউক্লিয়ার শক্তিকেল্পে ঠিক এই ব্যাপারটিই করা হয়।

নিউক্লিয়ার শক্তিকেল্পে যেসব জ্বালানি ব্যবহার করা হয় তার একটি হচ্ছে ইউরেনিয়াম 235 এখানে 92টি প্রোটন এবং 143টি নিউট্রন রয়েছে। প্রকৃতিতে এর পরিমাণ খুব কম, মাত্র 0.7%, এর অর্ধায় 703,800,000 (704 মিলিয়ন) বছর। এই ইউরেনিয়াম 235 নিউক্লিয়াস খুব সহজেই আরেকটা নিউট্রনকে গ্রহণ করতে পারে (যদি সে নিউট্রনের গতি কম হয়) তখন ইউরেনিয়াম 235 পুরোপুরি অস্থিতিশীল হয়ে যায়, এটা তখন  $Kr^{92}$  এবং  $Ba^{141}$  এই দুটো ছেট নিউক্লিয়াসে ভাগ হয়ে যায়। তার সাথে সাথে আরো তিনটা নিউট্রন বের হয়ে আসে (চিত্র 4.06) যেটা নিচের সমীকরণে দেখানো হয়েছে।



কেউ যদি সমীকৰণের বায় পাশে যা আছে তাৰ ভৱ বেৱ কৱে এবং সেটাকে জ্বাল পাশে যা আছে তাৰ ভৱেৱ সাথে ভুলনা কৱে তাহলে দেখবে জ্বাল পাশে ভৱ কম, যেটুকু ভৱ কম সেইভু আসলে  $E = mc^2$  এৰ পতি হিসেবে বেৱ হৈব এসেছে।



চিত্ৰ ৪.০৬: নিউক্লিয়াৰ বিক্ৰিয়াৰ পতি উৎপাদন।

এই বিক্ৰিয়াৰ বে তিনটি নিউক্লিন বেৱ হৈব এসেছে, তাৰা আসলে প্ৰচণ্ড পতিতে বেৱ হৈব আসে, তাই খুব সহজে অন্য ইউরোনিয়াম ( $^{235}_{92}U$ ) সেগুলো ধৰে গাখতে পাৰে না। কোনোভাৱে যদি এগুলোৰ পতিপতি কথালো যাব তাহলে সেগুলো অন্য ইউরোনিয়াম ( $^{235}_{92}U$ ) নিউক্লিয়াসে আটকা পড়ে সেটাকেও তেওঁ দিয়ে আৱো কিছু পতি এবং আৱো তিনটি নতুন নিউক্লিন বেৱ কৰবে। নিউক্লিয়াৰ পতিকেজ্জে এই কাৰ্য্যটি কৰা হয় তাই বেৱ হয়ে আসা নিউক্লিনগুলোৰ পতি কৰে আসাৰ পৰ সেগুলো আৰাৰ অন্য নিউক্লিয়াসকে জেওঁ দেৱ এবং এভাৱে চলতোই থাকে। এই পতিকাৰে বলে চেইন রিঅকশন (Chain Reaction)।

এই পতিতিতে প্ৰচণ্ড তাপশক্তি বেৱ হৈব আসে, সেই তাপশক্তি ব্যবহাৰ কৱে পানিকে বাল্কীভূত কৱে সেই বাল্প দিয়ে টাৰবাইল খুলিয়ে জেলারেটৱ থেকে বিদ্যুৎ তৈৰি কৰা হয় এবং এ রকম বিদ্যুৎকেজ্জকে আমৰা বলি নিউক্লিয়াৰ বিদ্যুৎকেজ্জ। এৱকম একটা বিদ্যুৎকেজ্জ থেকে খুব সহজেই হাজাৰ মেগাওয়াট বিদ্যুৎ পাওৱা সম্ভব। তবে এই নিউক্লিয়াৰ বিক্ৰিয়াৰ পৰ যে বৰ্জ্য পদাৰ্থ তৈৰি হয় সেগুলো ভয়কৰ রকম তেজক্ষিয়, তাই সেগুলো পতিকাৰ কৰাৰ সময় অনেক রকম সাৰখানতা নিতে হয়। নিউক্লিয়াৰ বিক্ৰিয়াৰ পৰ যে বাঢ়তি নিউক্লিন বেৱ হয় কোনোভাৱে সেগুলোকে অন্য কোথাও শোষণ কৰিয়ে নিতে পাৰলৈই নিউক্লিয়াৰ বিক্ৰিয়া বন্ধ হৈব যাব। নিউক্লিনকে শোষণ কৰাৰ অন্য বিশেষ ধৰনেৰ রক নিউক্লিয়াৰ রিঅকশনে থাকে সেগুলোকে বলে কন্ট্ৰোল রক। সেগুলো দিয়ে নিউক্লিয়াৰ রিঅকশনকে নিয়ন্ত্ৰণ কৰা হয়।

## 4.7 ক্ষমতা (Power)

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ক্ষমতা শব্দটা অনেক ব্যবহার হয় এবং সব সময়ই যে শব্দটা ভালো কিছু বোঝানোর জন্য ব্যবহার হয় তা নয়! কিন্তু পদার্থবিজ্ঞানে ক্ষমতা শব্দটার সুনির্দিষ্ট অর্থ আছে, ক্ষমতা হচ্ছে কাজ করার হার। অর্থাৎ  $t$  সময়ে  $W$  কাজ করা হয়ে থাকলে ক্ষমতা  $P$  হচ্ছে:

$$P = \frac{W}{t}$$

আমরা আগেই দেখেছি কাজ করার অর্থ হচ্ছে শক্তির রূপান্তর। শক্তির যেহেতু ধ্বংস নেই তাই কাজ করার মাঝে দিয়ে শক্তির রূপান্তর করা হয় মাত্র। তাই ইচ্ছে করলে আমরা বলতে পারি ক্ষমতা হচ্ছে শক্তির রূপান্তরের হার। কাজ বা শক্তি যেহেতু ক্ষেত্রে তাই ক্ষমতাও ক্ষেত্রে।

পদার্থবিজ্ঞান শিখতে গিয়ে আমরা নানা ধরনের রাশি সম্পর্কে জেনেছি, তাদের এককের নাম জেনেছি এবং চেটো করেছি প্রায় প্রত্যেক ক্ষেত্রে সেই রাশিটির মাত্রা সম্পর্কে জানতে। ক্ষমতা রাশিটির একক এবং মাত্রা হচ্ছে

**ক্ষমতার একক:  $W$  (ওয়াট)**

**ক্ষমতার মাত্রা:  $[P] = ML^2T^{-3}$**

এখানে এটি আমরা প্রথম জানলেও এর এককটি আমাদের খুব পরিচিত। যদি প্রতি সেকেন্ডে 1 জুল কাজ করা হয় তাহলে আমরা বলি 1 ওয়াট ( $W$ ) কাজ করা হয়েছে বা শক্তির রূপান্তর হয়েছে। আমরা যদি  $100 W$  এর একটা বাতি জ্বালাই তার অর্থ এই বাতিতে প্রতি সেকেন্ডে  $100 J$  শক্তি ব্যয় হচ্ছে। যখন আমরা খবরের কাগজ পড়ি, দেশে  $1000 MW$  নিউক্লিয়ার বিদ্যুৎকেন্দ্র তৈরি হবে তার অর্থ সেই নিউক্লিয়ার শক্তিকেন্দ্রে প্রতি সেকেন্ডে  $1000 \times 10^6 J$  বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হবে।

## 4.8 কর্মদক্ষতা (Efficiency)

আমরা একটু আগে বলেছিলাম যে শক্তিকে তার একটি রূপ থেকে অন্য রূপে রূপান্তরিত করার বেলায় সব সময়ই খানিকটা শক্তির অপচয় হয়। কাজেই সব সময়ই আমরা যে পরিমাণ কাজ করতে চাই তার সমপরিমাণ শক্তি দিলে হয় না, একটু বেশি শক্তি দিতে হয়। আমরা আমাদের দৈনন্দিন জীবনে নানা ধরনের যন্ত্র ব্যবহার করি। নানা ধরনের ইঞ্জিন ব্যবহার করি। তার সব সময়েই দেখা যায় সেগুলোতে ঘর্ষণ বা অন্যান্য কারণে শক্তির অপচয় হয়। সেজন্য প্রায় সময়ই একটি যন্ত্র বা ইঞ্জিন কতটুকু দক্ষতার সাথে শক্তি ব্যবহার করছে আমাদেরকে তার পরিমাপ করতে হয়। সেজন্য আমরা

কর্মদক্ষতা বলে একটি নতুন রাশি ব্যবহার করে থাকি। কর্মদক্ষতাকে শতকরা হিসাবে এভাবে সেখা যায়:

**কর্মদক্ষতা হচ্ছে:**

$$= \frac{\text{কাজের পরিমাণ}}{\text{গ্রন্থ শক্তি}} \times 100$$

$$= \frac{\text{গ্রন্থ শক্তি} - \text{শক্তির অপচয়}}{\text{গ্রন্থ শক্তি}} \times 100$$



### উদাহরণ

ঘঁঞ্চ: 1000 W এর একটি মোটর ব্যবহার করে 15 s এ একটি 10 kg ভরের বস্তুকে 10 m উপরে তোলা হলো শক্তির অপচয় কত? কর্মদক্ষতা কত?

উত্তর: কাজের পরিমাণ:  $10 \times 9.8 \times 10 \text{ J} = 9,800 \text{ J}$

গ্রন্থ শক্তি:  $1000 \times 15 \text{ J} = 15,000 \text{ J}$

শক্তির অপচয়:  $15,000 \text{ J} - 9,800 \text{ J} = 5,200 \text{ J}$

$$\text{কর্মদক্ষতা} = \frac{9,800 \text{ J}}{15,000 \text{ J}} \times 100\% = 65.3\%$$

তোমরা শুনে অবাক হবে একটা বিদ্যুৎকেজ্জে বিদ্যুৎ উৎপাদন করার সময় প্রতিটি খাপেই শক্তির অপচয় হয় এবং সবগুলো অপচয় হিসেবে নেওয়ার পর বিদ্যুৎকেজ্জের কর্মদক্ষতা 30% এ নেমে আসতে পারে।

ঘঁঞ্চ: প্রত্যেকটি খাপে 10% অপচয় হলে চার খাপে কত কর্মদক্ষতা?

উত্তর:  $0.9 \times 0.9 \times 0.9 \times 0.9 = 0.6561$

কিংবা 65.6%



## অনুসন্ধান 4.01

### শারীরিক ক্ষমতা

**উদ্দেশ্য:** শিক্ষার্থীর শারীরিক ক্ষমতা বের করা।

**যত্নশাস্তি:** একটি ঘড়ি এবং রূলার

**কাজের ধারা:**

- একটি দালান হার সিঁড়ি দিয়ে দোতলা কিংবা তলায় উঠা সহিত।
- দালানের সিঁড়ির সংখ্যা এবং সিঁড়ির উচ্চতা মেপে দুটি পুঁথি দিয়ে নিচে থেকে দোতলা কিংবা তলায় উচ্চতা বের করো।
- একটি গুজন মাপার যাজ্ঞে তোমার ভর মাপো।
- ভূমি বক্ত মূল সহিত সিঁড়ি দিয়ে উপরে উঠ, ঘড়ি ব্যবহার করে কভটুকু সময় সেগোহে মেপে নাও।
- একইভাবে প্রেপির অন্য শিক্ষার্থীদের ভর মেপে সিঁড়ি দিয়ে উপরে উঠার সময়ের তথ্য সংগ্রহ করে নিচের ছকে বসাও।
- তোমার এবং তোমার বন্ধুদের শারীরিক ক্ষমতা বের করো।

**ছাদের উচ্চতা:**  $h = \dots\dots\dots\dots$

**অভিকর্ষজ ত্বরণ:**  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

শিক্ষার্থীর নাম	ভর (m) kg	ছাদে উঠার সময় (t) s	ক্ষমতা = $\frac{mgh}{t}$ W	গড় ক্ষমতা

সকল শিক্ষার্থীর গড় ক্ষমতা বের করে দেখো তোমার শারীরিক ক্ষমতা প্রেপির সকল শিক্ষার্থীদের গড় শারীরিক ক্ষমতা থেকে বেশি না কম।

## ৪.৯ উন্নয়ন কার্যক্রমে শক্তির ব্যবহার (Role of Energy in Development)

একটি দেশের উন্নয়নের সাথে শক্তির ব্যবহারের খুব ঘনিষ্ঠ সম্পর্ক রয়েছে। সত্ত্বি কথা বলতে কি একটি দেশ কতটুকু উন্নত সেটি বোঝার প্রথম মাপকার্ট হিসেবে শক্তির ব্যবহারকে বিবেচনা করা যেতে পারে।

আমাদের দেশের উন্নয়নের জন্য আমাদের সবার প্রথম শিক্ষার দিকে নজর দেওয়া উচিত। এই দেশে বিপুল সংখ্যক ছেলেমেয়ে স্কুল-কলেজ এবং বিশ্ববিদ্যালয়ে লেখাপড়া করে। তাদের শিক্ষা প্রতিষ্ঠানগুলো ভালোভাবে চালানোর জন্য সেখানে প্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ সরবরাহ নিশ্চিত করতে হয়। তাদের পড়াশোনা করার জন্য রাতে আলোর দরকার হয় এবং বিদ্যুৎ সরবরাহ নিশ্চিত করা না হলে ছেলেমেয়েদের লেখাপড়া ক্ষতিগ্রস্ত হয়। উচ্চশিক্ষার বেলায় ল্যাবরেটরি ব্যবহার করতে হয়, কম্পিউটার এবং নেটওয়ার্ককে সচল রাখতে হয় যার জন্য বিদ্যুৎ সরবরাহের কোনো বিকল্প নেই।

আমাদের দেশের অর্থনীতিতে কৃষি খুব গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। দেশটি ছোট বলে কৃষি উপযোগী ভূমির পরিমাণ কম এবং সেটি আরো কমে আসছে। এই কৃষিভূমিতে দুই বা ততোধিক ফসল ফলিয়ে আমাদের দেশ খাদ্য স্বয়ংসম্পূর্ণতা অর্জন করেছে। এ কারণে শুধু প্রাকৃতিক কৃষির উপর অপেক্ষা না করে কৃষি জমিতে পানি সেচের ব্যবস্থা করতে হয় এবং শক্তির সরবরাহ ছাড়া সেটি কোনোভাবে সম্ভব না। পানি সেচের জন্য পান্থ চালাতে বিদ্যুৎ কিংবা জ্বালানির প্রয়োজন হয়। চাষাবাদের জন্য সারের প্রয়োজন হয় এবং সার কারখানায় বিদ্যুৎ এবং গ্যাস সরবরাহ ছাড়া প্রয়োজনীয় উৎপাদন সম্ভব নয়। জমি চাষ করার জন্য এবং ফসলকে প্রক্রিয়া করার জন্য ট্রাইল ব্যবহার করা হয় এবং ট্রাইলের জন্য প্রয়োজনীয় জ্বালানির সরবরাহ থাকতে হবে।

কৃষির পর স্বাস্থ্যসেবা নিশ্চিত করার জন্য শক্তির সরবরাহ প্রয়োজন। সুস্থ দেহে থাকার জন্য একটি স্বাস্থ্যকর পরিবেশ দরকার হয়। বাংলাদেশের মতো ঘনবসতিপূর্ণ এলাকায় স্বাস্থ্যসম্মত পরিবেশ তৈরি এবং বর্জ্য প্রক্রিয়াজাত করার জন্য শক্তির দরকার হয়। বিশুদ্ধ পানি সরবরাহ করার জন্য শক্তির দরকার হয়। চিকিৎসাসেবার জন্য হাসপাতালে এক মুহূর্তের জন্য বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ থাকতে পারে না।

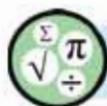
শিক্ষা, কৃষি এবং স্বাস্থ্য ছাড়াও দেশের যোগাযোগ ব্যবস্থা, শিল্প, কলকারখানা এবং অবকাঠামো গড়ে তোলার জন্য শক্তির দরকার হয়। সে কারণে সঠিক পরিকল্পনা করে দেশে বিদ্যুৎকেন্দ্র গড়ে তুলতে হবে যেন ভবিষ্যতে শক্তির ঘাটতি না হয়। শক্তির অপচয় বন্ধ করতে হবে এবং নতুন কৃপ খনন করে গ্যাস অনুসন্ধান চালিয়ে যেতে হবে। দেশে বিদ্যুৎ প্রয়োজন অনেক বেড়ে যাওয়ার কারণে নিউক্লিয়ার শক্তি কেন্দ্র স্থাপন করা সম্ভাব্য সমাধান হিসেবে বিবেচনা করা যায়।

## অনুশীলনী



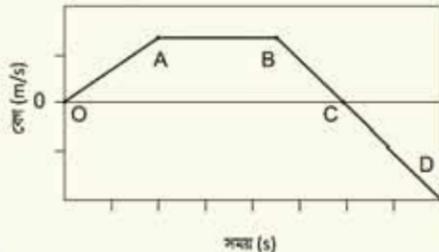
### সাধারণ প্রশ্ন

১. যর্দপজনিত বল দিয়ে করা কাজ সব সময়ই নেগেটিভ হয় কেন?
২. একটা শিংহকে কেটে দুটুকরো করলে টুকরোগুলোর শিংহ ধূবক  $k$  কি বাঢ়বে না কমবে?
৩. পৃথিবী চলন রাখতে কি শক্তির প্রয়োজন নাকি ক্ষমতার প্রয়োজন?
৪. ভরকে কি শক্তি হিসেবে বিবেচনা করা যাবে?
৫. বেগ ১ শতাংশ বাড়লে গতিশক্তি কত শতাংশ বাড়বে?
৬. একটি দেয়ালাইয়ের কাঠি দেয়ালাই বাজে ৫ N বলে ঘৰা হলো। কাঠিটিকে ৫ cm টানা হলো।
  - (ক) কাঠি ঘৰাতে কত শক্তি ঘৰ হলো?
  - (খ) কাঠি টানতে যদি  $0.5\text{ s}$  সময় লাগে তাহলে কত ক্ষমতা লাগল?
৭. একটি জলবিদ্যুৎ প্রকল্পের রিজার্ভের সমূজ সমতল থেকে  $800\text{ m}$  উচুতে এবং পান্তির স্টেশনটি  $250\text{ m}$  উচুতে অবস্থিত। রিজার্ভের পানি পাইপের মাধ্যমে এসে পান্তির স্টেশনের টাৰ্বিন ঘূরায়। রিজার্ভে  $2 \times 10^8$  লিটার পানি আছে। যদি ১ লিটার পানির ভর  $1\text{ kg}$  হয়, তবে রিজার্ভের পানিতে কত বিভিন্ন শক্তি সঞ্চিত আছে।
৮.  $40\text{ kg}$  ভরের এক বালক সিঁড়ি দিয়ে  $12\text{ s}$  ছাদে ঝঠে। সিঁড়িতে ধাপের সংখ্যা ২০টি এবং অতিটি ধাপের উচ্চতা  $20\text{ cm}$ ।
  - (ক) এই বালকের শক্তি কত?
  - (খ) বালকটি মোট কত উচ্চতার আরোহণ করেছিল?
  - (গ) ছাদে ঝঠতে সে কত কাজ করল?
  - (ঘ) সিঁড়ি দিয়ে দৌড়ে ঝঠতে সে কত ক্ষমতা কাজে লাগাল?
৯. যে সকল পান্তির স্টেশন ছীরাপ ছালানি ব্যবহার করে তাদের চেয়ে নিউক্লিয় শক্তি উৎপাদনের একটি অন্ত বড় সুবিধা হচ্ছে যে, একে গ্রিনহাউস গ্যাস উৎপন্ন করে না।
  - (ক) নিউক্লিয় শক্তি ব্যবহারের অন্তান্ত সুবিধাগুলো কী কী?
  - (খ) নিউক্লিয় শক্তি ব্যবহারের অসুবিধাগুলো কী কী?

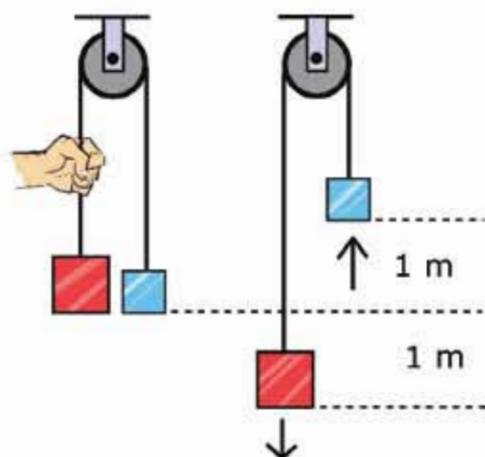


## গাণিতিক প্রশ্ন

- একটা বস্তুর ওপর বিভিন্ন সময় বিভিন্ন বল প্রয়োগ কৰাৰ কাৰণে তাৰ বেগেৰ পৱিবৰ্তন হয় এবং সেটি  $4.07 \text{ টি} \text{ মে} \text{ দেখানো হয়েছে। } OA, AB, BC \text{ এবং } CD \text{ এৰ মধ্যে কখন পজিটিভ কাজ কৰন নেগেটিভ কাজ বা কখন শূন্য কাজ কৰা হয়েছে?}$
- $50 \text{ kg}$  ভৱেৰ একটি মেয়ে  $10 \text{ s}$  এ সিঁড়ি বেঞ্চে  $5 \text{ m}$  উপরে উঠেছে। সে কভার কীভৰ কাজ কৰেছে? তাৰ ক্ষমতা কত?
- $5 \text{ kg}$  ভৱেৰ একটা স্থিৰ বস্তুৰ ওপৰ  $10 \text{ s}$  একটি বল প্রয়োগ কৰাৰ পৰ তাৰ গতিশক্তি হলো  $500 \text{ J}$ . কী পৱিমাণ বল প্রয়োগ কৰা হয়েছিল?
- একটি কণিকলোৱ (চিত্ৰ 4.08) এক পাশে  $10 \text{ kg}$  এবং অন্য পাশে  $5 \text{ kg}$  ভৱেৰ দুটি বস্তুকে ঠিক  $5 \text{ m}$  উপরে স্থিৰ অবস্থাৰ ধৰে রাখা হয়েছে। দুটি দুটিকে ছেড়ে দিলে, তখন  $10 \text{ kg}$  ভৱটি নিচেৰ দিকে এবং  $5 \text{ kg}$  ভৱটি উপরেৰ দিকে উঠতে শুৱু কৰবে। যখন  $10 \text{ kg}$  ভৱটি  $1 \text{ m}$  নিচে এবং  $5 \text{ kg}$  ভৱটি  $1 \text{ m}$  উপরে উঠেছে তখন তুম দুটিৰ বেগ কত?
- $100 \text{ m}$  ওপৰ থেকে  $5 \text{ kg}$  ভৱেৰ একটি বস্তু ছেড়ে দেওয়া হয়েছে, কোন উচ্চতাৰ বস্তুটিৰ গতিশক্তি তাৰ বিভিন্ন শক্তিৰ বিশুণ হবে?



চিত্ৰ 4.07: বেগ সময় দেখচিৰ।



চিত্ৰ 4.08: দুটি ভিন্ন ভৱ কণিকল দিবে ঘোলানো।



## বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তরটির পাশে ঠিক (✓) চিহ্ন দাও

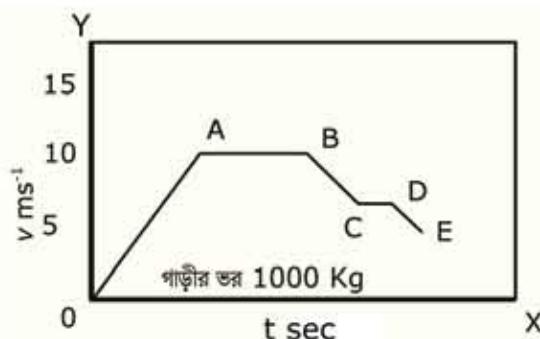
১. কাজের একক কোণটি?

- (ক) জুল                                  (খ) নিউটন  
 (গ) কেলভিন                              (ঘ) ওয়াট

২. 5 kg ভরের একটি বস্তুকে 20 cm, 30 cm, 40 cm ও 50 cm উপরে রাখা হলো। কোন অবস্থানে তার বিস্তৰ শক্তি সবচেয়ে বেশি?

- (ক) 20 cm                                    (খ) 30 cm  
 (গ) 40 cm                                    (ঘ) 50 cm

নিচের গেরিচিয় (চিত্র 4.09) অনুসারে 3 ও 4 নং প্রশ্নের উত্তর দাও।



চিত্র 4.09: বেগ-সময় গেরিচিয়

৩. চিত্র 4.10 গেরিচিয়ের কোন অংশে বেগ-সময়ের সমান্তরালে বৃদ্ধি পাই?

- (ক) OA অংশে                            (খ) AB অংশে  
 (গ) CD অংশে                            (ঘ) DE অংশে

৪. সর্বোচ্চ গতিশক্তি কত?

- (ক)  $1.25 \times 10^5 \text{ J}$                             (খ)  $5.0 \times 10^4 \text{ J}$   
 (গ)  $1.25 \times 10^4 \text{ J}$                             (ঘ)  $6.2 \times 10^3 \text{ J}$

৫. শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি থেকে পাওয়া যাবে?

- (i) শক্তির সৃষ্টি ও বিনাশ নাই, মহাবিশ্বের মোট শক্তি নির্দিষ্ট ও অপরিবর্তনীয়
- (ii) অনবাধনযোগ্য শক্তি মুক্ত নিষ্ঠায় হয়ে যাবে, তাই নবাধনযোগ্য শক্তি ব্যবহার করতে হবে
- (iii) শক্তিকে রক্ষা করতে এবং কার্যকর ব্যবহার এবং সিস্টেম লস করানো জরুরি

নিচের কোনটি সঠিক

- |              |                 |
|--------------|-----------------|
| (ক) i        | (খ) ii          |
| (গ) ii ও iii | (ঘ) i, ii ও iii |

৬. একটি বস্তুকে টান টান করলে এবং মধ্যে কোন শক্তি জমা থাকে?

- |              |                     |
|--------------|---------------------|
| (ক) গতিশক্তি | (খ) বিভব শক্তি      |
| (গ) জাপশক্তি | (ঘ) রাসায়নিক শক্তি |



### সূজনশীল প্রশ্ন

১. 40 kg ভরের একটি বালক এবং 60 kg ভরের একজন যুবক একটি ভবনের নিচতলা থেকে এক সাথে দৌড় শুরু করে দৌড়ে একই সময়ে ছাদের একই জায়গায় পৌঁছাল। দৌড়ের সময় উভয়ের বেগ ছিল  $30 \text{ m/min}$ ।

- (ক) ক্ষমতা কী?
- (খ)  $50 \text{ J}$  কাজ বলতে কী বোবায়?
- (গ) যুবকদের গতিশক্তি নির্ধার করো।
- (ঘ) ছাদে উঠার ক্ষেত্রে দূজনের ক্ষমতা সমান ছিল কিনা গাণিতিক বুঝিসহ যাচাই করো।

২. জেনি একটি বাড়ির 5 তলায় থাকে। প্রতিটি সিঁড়ির উচ্চতা 20 সেমি এবং প্রতি তলার 22টি সিঁড়ি থাকলে 5 তলার উঠতে জেনির 4 মিনিট সময় লাগে। এই 5 তলায় উঠতে সুস্থিতার 4.5 মিনিট সময় লাগে। এখানে উল্লেখ্য যে, জেনির ভর 64 কেজি এবং সুস্থিতার ভর 75 কেজি।

- (ক) শক্তির প্রধান উৎস কী?
- (খ) কাজ ও শক্তি এবং মধ্যে দুটি মিল লিখ।
- (গ) জেনি কী পরিমাণ কাজ সঞ্চালন করেছিল হিসাব করো।
- (ঘ) জেনি ও সুস্থিতার মধ্যে কার ক্ষমতা বেশি? উভয়ের স্বপ্নেকে যুক্তি দাও।

# পঞ্চম অধ্যায়

## পদার্থের অবস্থা ও চাপ (State of Matter and Pressure)



এভারেস্ট বিজয়ী নিষাঠ যত্নযাত্রার এভারেস্ট অ্যাক্সেল শিলিঙ্গ ক্ষবহার করে নিউজাল-ওয়াল নিম্নে।

কঠিন, তরল এবং বায়বীয় পদার্থের এই তিনটি অবস্থার সাথে আমরা পরিচিত। এর মাঝে তরল এবং বায়বীয় পদার্থ “প্রযাহিত” হতে পারে তাই এই দুটোকে প্রযাহীণ বলা হয়ে থাকে। এই অস্থারে আমরা পদার্থ তার তিন অবস্থাতে কীভাবে চাপ প্রয়োগ করে সেটি বিশ্লেষণ করে দেখব। সুন্ধ তাই নয়, পদার্থের একটি বিশেষ ধর্ম হচ্ছে স্থিতিস্থাপকতা। কঠিন, তরল এবং বায়বীয় অবস্থার স্থিতিস্থাপকতার ধর্ম কীভাবে কাজ করে সেটি নিয়েও আলোচনা করা হবে।

কঠিন, তরল এবং বায়বীয় ছাড়াও “ঢাঙ্গমা” নামে পদার্থের আরো একটি অবস্থা আছে, কেন এটিকে পদার্থের চতুর্থ অবস্থা বলা হয়, আমরা সেটিও বোঝার চেষ্টা করব।



## এ অধ্যায় পাঠ শেবে আমরা

- বল ও ক্ষেত্ৰফলের পরিবৰ্তনের সাথে চাপের পরিবৰ্তন ব্যাখ্যা কৰতে পাৱৰ।
- স্থিৰ তরলের মধ্যে কোনো বিন্দুতে চাপের বাণিজলা পরিমাপ কৰতে পাৱৰ।
- তরলে নিমজ্জিত বস্তুৰ উৎৰফুলী চাপেৰ অনুভূতি ব্যাখ্যা কৰতে পাৱৰ।
- প্যাসকেলেৰ সূত্ৰ ব্যাখ্যা কৰতে পাৱৰ।
- প্যাসকেলেৰ সূত্ৰে ব্যবহাৰিক ক্লিমা প্ৰদৰ্শন কৰতে পাৱৰ।
- আকিমিজিসেৱ সূত্ৰ ব্যাখ্যা কৰতে পাৱৰ।
- ঘনত্ব ব্যাখ্যা কৰতে পাৱৰ।
- দৈনন্দিন জীবনে ঘনত্বেৰ ব্যবহাৰ ব্যাখ্যা কৰতে পাৱৰ।
- বস্তু কেন পানিতে ভাসে তা ব্যাখ্যা কৰতে পাৱৰ।
- বাহলাদেশে নৌপথে দুষ্টিলার কাৰণ বিশ্লেষণ কৰতে পাৱৰ।
- বায়ুমণ্ডলেৰ চাপ ব্যাখ্যা কৰতে পাৱৰ।
- তরল স্ফৰ্তনেৰ উচ্চতা ব্যবহাৰ কৰে বায়ুমণ্ডলীৰ চাপ পরিমাপ কৰতে পাৱৰ।
- উচ্চতা বৃক্ষিৰ সাথে বায়ুমণ্ডলেৰ চাপেৰ পরিবৰ্তন বিশ্লেষণ কৰতে পাৱৰ।
- আৰহাওয়াৰ উপৱ বায়ুমণ্ডলেৰ চাপেৰ পরিবৰ্তন বিশ্লেষণ কৰতে পাৱৰ।
- পীড়ন ও বিকৃতি ব্যাখ্যা কৰতে পাৱৰ।
- ছুকেৱ সূত্ৰ ব্যাখ্যা কৰতে পাৱৰ।
- পদাৰ্থেৰ আণবিক গতিতত্ত্ব ব্যাখ্যা কৰতে পাৱৰ।
- পদাৰ্থেৰ প্লাজমা অৰূপৰ্থা ব্যাখ্যা কৰতে পাৱৰ।

## 5.1 ଚାପ (Pressure)

ଆମରୀ ଆମାଦେର ଦୈନିକିନ କଥାବାର୍ତ୍ତରେ ଚାପ ଶବ୍ଦଟା ନାନାଭାବେ ବ୍ୟବହାର କରିଲେଓ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନେ ଚାପ ଶବ୍ଦଟାର ଏକଟା ସୁନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅର୍ଥ ବ୍ୟବହାର କରିଲେଛି । ଆମରୀ ଆପେର ଅଧ୍ୟାଯର ପୁଲୋଡ଼େ ନାନା ସମୟ ନାନା ଧରନେର ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରାର କଥା ବସେଇ, ତବେ ବଳଟି ଠିକ କୀତାବେ ପ୍ରୋଗ କରା ହେବ, ଲେଟି ବଳା ହେଯିନି । ସେମନ ଭୂମି ଏକଟା ପାଥରକେ ଏକ ହାତେ ଢେଲେ ପାଇଁ, ଦୁଇ ହାତେ ଢେଲେ ପାଇଁ କିମ୍ବା ତୋମାର ସାରା ଶରୀର ଲିଯେ ଢେଲେ ପାଇଁ (ଚିତ୍ର 5.01) । ପ୍ରତ୍ୟେକବାର ଭୂମି ସମାନ ପରିମାଣ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିଲେଓ ଚାପ କିମ୍ବୁ ହେବେ ଭିନ୍ନ । ପ୍ରଥମ କେବେ ଭୂମି ତୋମାର ହାତେର ତାଲୁର କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭେତ୍ରର ଦିଯେ ବଳ ପ୍ରୋଗ କରେଇ, ଯଦି ତୋମାର ପ୍ରୋଗ କରା ବଳ ହେବ  $F$  ଏବଂ ହାତେର ତାଲୁର କ୍ଷେତ୍ରର ହେବାର  $A$  ତାହଲେ ଚାପ  $P$  ହେବେ ।

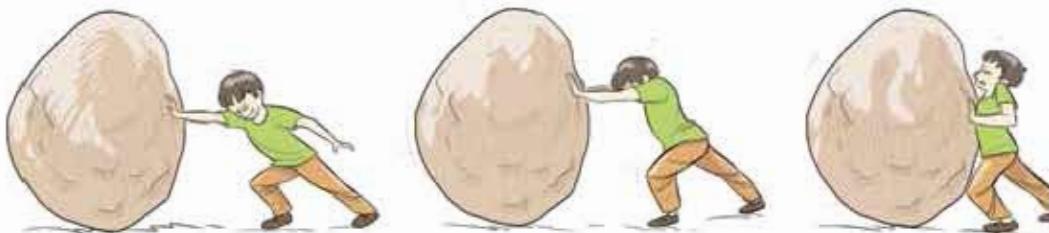
$$P = \frac{F}{A}$$

ଚାପେର ଏକକ  $\frac{N}{m^2}$  ଅଧିକା  $Pa$  (ପ୍ରାସରେଲ)

ଚାପେର ମାତ୍ରା  $[P] = ML^{-1}T^{-2}$

କାଜେଇ ହିତୀୟ କେତେ ଦୁଇ ହାତ ବ୍ୟବହାର କରାର ବଳ ପ୍ରୋଗକାରୀ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ବିଗୁଣ ବେଡ଼େ ଥାବେ ବଳେ ଚାପ ଅର୍ଥେକ ହେଁ ଥାବେ, ତୃତୀୟ କେତେ ସାରା ଶରୀର ବ୍ୟବହାର କରେ ବଳ ପ୍ରୋଗ କରାର ବଳ ପ୍ରୋଗକାରୀ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଆରୋ ବେଡ଼େ ଥାବେ ତାହିଁ ଚାପ ଆରୋ କମେ ଥାବେ ।

ବଳ ଏକଟି ଡେଟର, ତାହିଁ ତୋମାଦେର ଧାରଣା ହତେ ପାଇଁ ଚାପ  $P$  ବୁଝି ଡେଟରା କିମ୍ବୁ ମଜାର ବ୍ୟାପାର ହେବେ ଚାପ  $P$  କିମ୍ବୁ ଏକଟା କ୍ଷେତ୍ରର ଜାଣି ଏବଂ ଆମରୀ ସଦି ସଠିକଭାବେ ଲିଖିତେ ତାହିଁ ତାହଲେ ଏଟି ଦେଖା ଉଚିତ ଏକାବେ ।



ଚିତ୍ର 5.01: କତ୍ତୁକୁ ଆଯାଗର ବଳ ପ୍ରୋଗ କରା ହେବେ ତାର ଉପରେ ଚାପ ନିର୍ଭର କରେ ।

$$F = PA$$

অর্থাৎ ক্ষেত্রফলকেই প্রেরণ হিসেবে ধরা হয়। ক্ষেত্রের পরিমাণ আর দিক ধারণে হয়, ক্ষেত্রফলের পরিমাণটুকু হচ্ছে ক্ষেত্রের পরিমাণ, ক্ষেত্রফলের উপর লম্ব হচ্ছে ক্ষেত্রের দিক।

চাপ ক্ষেত্রের হওয়ার কারণে এর কোনো দিক নেই। এটি খুবই প্রয়োজনীয়, কারণ চাপ ধারণাটি কঠিন পদার্থ থেকে অনেক বেশি প্রয়োজনীয় তরঙ্গ কিংবা বায়বীয় পদার্থ। তরঙ্গ বা বায়বীয় পদার্থ যখন চাপ প্রয়োগ করে তখন আসলে সেটি দিকের উপর নির্ভর করে না। এই বিষয়টি আমরা একটু পরেই দেখব।



### উদাহরণ

**প্রজ্ঞ:** ধরা যাক তোমার ভর 50 kg, তোমার শরীরের এক পাশের ক্ষেত্রফল  $0.5 \text{ m}^2$  এবং দুই পাশের তলার ক্ষেত্রফল  $0.03 \text{ m}^2$ । তুমি চিত হয়ে শুয়ে থাকলে মেঝেতে কত চাপ প্রয়োগ করবে এবং দাঁড়িয়ে থাকলে মেঝেতে কত চাপ প্রয়োগ করবে?

**উত্তর:** ভর  $50 \text{ kg}$  কাছেই ওজন  $50 \times 9.8 \text{ N} = 490 \text{ N}$

যখন শুয়ে থাকো তখন চাপ

$$P = \frac{490 \text{ N}}{0.5 \text{ m}^2} = 980 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

যখন দাঁড়িয়ে থাকো তখন চাপ

$$P = \frac{490 \text{ N}}{0.03 \text{ m}^2} = 16,333 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

দেখতেই পাই শুয়ে পড়লে অনেক কম চাপ দেওয়া হয়। এজন্য যানুষ যখন চোরাবালিতে পচে তখন নিজেকে বাঁচানোর জন্য সব সময় শুয়ে পড়তে হয় যেন সে অনেক কম চাপ দেব এবং চোরাবালিতে সহজে ফুরে না যাব।

আবার এর উল্টোটাও সত্ত্ব, বল প্রয়োগ করার অংশটুকুর ক্ষেত্রফল যদি কম হয় তাহলে চাপ বেড়ে যায়। একটি পেরেকের সূচালো মুখের ক্ষেত্রফল খুবই কম তাই এটি যখন কাঠ বা দেয়ালে স্পর্শ করে পেছনের চওড়া যাথায় হাতুড়ি দিয়ে আঘাত করা হয় তখন বলটি সূচালো যাথা দিয়ে কাঠ বা দেয়ালে চাপ দেয়। সূচালো যাথার ক্ষেত্রফল যেহেতু খুবই কম তাই চাপটি খুবই বেশি এবং অনায়াসে কাঠ বা দেয়ালে ফুরে যেতে পারে। ছুরির বেলাতেও এই কথাটি সত্ত্ব। তার ধারালো যাথা খুব সবু বলে সেই যাথা দিয়ে কোনো কিছুতে অনেক চাপ দিতে পারে এবং সহজেই সেটি ব্যবহার করে কাটা সম্ভব।

চাপের এককের আরেকটি নাম প্যাসকেল (Pa), 1 N বল  $1 \text{ m}^2$  ক্ষেত্রফলের উপর প্রয়োগ করলে  $1 \text{ Pa}$  (1 প্যাসকেল) চাপ প্রয়োগ করা হয়।

## ৫.২ ঘনত্ব (Density)

ভূল এবং বায়বীয় পদার্থের চাপ বোঝার আগে আমাদের ঘনত্ব সম্পর্কে ধারণাটি অনেক শক্ত ধারা দরকার। ঘনত্ব হচ্ছে একক আয়তনে ভরের পরিমাণ অর্থাৎ কোনো বস্তুর তার যদি  $m$  এবং আয়তন  $V$  হয় তাহলে তার ঘনত্ব

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ঘনত্বের একক  $\text{kg/m}^3$  অথবা  $\text{gm/cc}$   
ঘনত্বের মাত্রা [ $P$ ] =  $ML^{-3}$

টেবিল ৫.০১ এ তোমাদের পরিচিত কয়েকটি পদার্থের ঘনত্ব দেওয়া হলো। এখানে একটা বিবর ঘনে রাখা তালো, তাপমাত্রা বাড়লে কিংবা কমলে পদার্থের আয়তন বাঢ়বে কিংবা কমতে পারে। যেহেতু ভরের কোনো পরিবর্তন হয় না তাই পদার্থের ঘনত্ব তাপমাত্রার সাথে পরিবর্তন হতে পারে। সেজল্য পদার্থের ঘনত্বের কথা বলতে হলে সাধারণত সেটি কোন তাপমাত্রার মাপা হয়েছে সেটিও বলে দিতে হয়।

টেবিল ৫.০১: বিভিন্ন পদার্থের ঘনত্ব

পদার্থ	ঘনত্ব ( $\text{gm/cc}$ )
বাতাস	0.00127
কর্ক	0.25
কাঠ	0.4 - 0.5
যানবসেহ	0.995
পানি	1.00
কাচ	2.60
লোহা	7.80
পারদ	13.6
সোনা	19.30



### উদাহরণ

ধর: 1 kg পানিতে 0.25 kg স্বপ্ন গুলো নেওয়ার পর তার আয়তন হলো 1200 cc এই পানির ঘনত্ব কত?

উত্তর: 1 cc হচ্ছে  $1 \text{ cm}^3$  কাজেই

$$1 \text{ cc} = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

কাজেই লবণ গোলা পানির ঘনত্ব

$$\rho = \frac{1 \text{ kg} + 0.25 \text{ kg}}{1200 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 1.04 \text{ kg/m}^3$$

**প্রশ্ন:** জর্ডনের ডেড সি (Dead sea) এর ঘনত্ব  $1.24 \text{ kg/liter}$  এই সমুদ্রের  $1 \text{ kg}$  পানির আয়তন কত?

**উত্তর:**  $1 \text{ litre}$  হচ্ছে  $1000 \text{ cc}$  বা  $10^{-3} \text{ m}^3$  কাজেই জর্ডনের ডেড সি এর পানির ঘনত্ব

$$\rho = 1.24 \frac{\text{kg}}{\text{liter}} = \frac{1.24 \text{ kg}}{10^{-3} \text{ m}^3} = 1.24 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

কাজেই  $1 \text{ kg}$  পানির আয়তন:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{1 \text{ kg}}{1.24 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}} = 0.81 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

কিংবা  $0.81 \text{ liter}$

**প্রশ্ন:** নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব কত?  $1 \text{ চা চামচ নিউক্লিয়াসের ভর কত?}$

**উত্তর:** নিউক্লিয়াস তৈরি হয় নিউট্রন আর প্রোটন দিয়ে। তাদের একটার ভর  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ , তাদের ব্যাসার্ধ আনুমানিক  $1.25 \text{ fm} = 1.25 \times 10^{-15} \text{ m}$  কাজেই নিউট্রন কিংবা প্রোটনের ঘনত্ব বের করতে পারলে সেটাকেই নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব হিসেবে ধরতে পারি!

নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব

$$\rho = \frac{m}{\frac{4\pi}{3}r^3} = \frac{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}}{\frac{4\pi}{3}(1.25 \times 10^{-15} \text{ m})^3} = 0.204 \times 10^{18} \text{ kg/m}^3$$

এই সংখ্যাটি যে কত বিশাল সেটা তোমাদের অনুমান করা দরকার। এক চা চামচে মোটামুটি  $1 \text{ cc}$  জিনিস ধরে, কাজেই এক চা-চামচ নিউক্লিয়াসের ভর:

$$m = 0.204 \times 10^{18} \text{ kg/m}^3 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 2 \times 10^{11} \text{ kg}$$

এটা মোটামুটিভাবে পৃথিবীর সব মানুষের সম্মিলিত ভর।

আবার অন্যভাবেও এটা দেখতে পারি। একটা পরমাণুতে নিউক্লিয়াসে নিউটন-প্রোটন থাকে, বাইরে থাকে ইলেক্ট্রন। ইলেক্ট্রনের ভর নিউটন-প্রোটনের ভর থেকে প্রায় 1800 গুণ কম, কাজেই যেকোনো জিনিসের ভরটা আসলে নিউক্লিয়াসের ভর। ইলেক্ট্রনগুলোকে না ধরলে খুব একটা ক্ষতি বৃদ্ধি হয় না। কিন্তু আমরা চারপাশে যেসব দেখি তার আকার কিন্তু নিউক্লিয়াসের আয়তন নয়। তার আয়তন এসেছে পরমাণুর আয়তন থেকে। খুব ছোট একটা নিউক্লিয়াসকে ঘিরে তুলনামূলকভাবে অনেক বড় একটা কক্ষপথে ইলেক্ট্রন ঘূরতে থাকে। নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ থেকে পরমাণুর ব্যাসার্ধ প্রায় এক লক্ষ গুণ বড়।

কাজেই আমরা অন্যভাবে বলতে পারি, পৃথিবীর সব মানুষকে একত্র করে যদি কোনোভাবে চাপ দিয়ে তাদের শরীরের যে কয়টি পরমাণু আছে সেগুলো ভেঙে সমস্ত নিউক্লিয়াস একত্র করে ফেলা যায় তাহলে সেটা একটা চা চামচে এঁটে যাবে!

### 5.2.1 দৈনন্দিন জীবনে ঘনত্বের ব্যবহার

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ঘনত্ব একটা গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। সেটা অনেক সময় আমরা আলাদা করে লক্ষ করি না। যেমন ধরা যাক চুলোতে একটা পাত্রে আমরা যখন পানি গরম করতে দিই, কিছুক্ষণের মাঝেই পানি টগবগ করে ফুটতে থাকে। তার কারণ পাত্রের নিচের অংশে যে পানি থাকে সেটি যখন চুলোর আগুনে উত্তৃত হয়ে প্রসারিত হয় তখন তার ঘনত্ব কমে যায়। ঘনত্ব কম বলে সেই পানিটা উপরে উঠে যায় এবং আশেপাশের শীতল পানি নিচে এসে জমা হয়। একটু পর উত্তৃত হয়ে সেটাও উপরে উঠে যায় এবং এভাবে চলতেই থাকে এবং কিছুক্ষণেই পানিটা ফুটতে থাকে (এই পদ্ধতিতে পানি কিংবা গ্যাসকে গরম করার পদ্ধতির নাম কনভেকশন বা পরিচলন)। যদি উত্তৃত করার পর পানির ঘনত্ব কমে না যেত তাহলে সেটি উপরে উঠে যেত না এবং চুলোর আগুনে শুধু পাত্রের নিচের পানি গরম করতে পারতাম এবং পুরো পাত্রের পানি উত্তৃত করা সম্ভব হতো না।

গ্রীষ্মকালের প্রচণ্ড রোদের মাঝে যারা পুরুরের পানিতে ঝাঁপ দিয়েছে তারা নিশ্চয়ই লক্ষ করেছে পুরুরের উপরের পানিটা উষ্ণ হলেও নিচের পানি শীতল। এখানে তাপটুকু এসেছে উপর থেকে এবং পানি গরম হওয়ার পর ঘনত্ব কমে গিয়ে উপরেই রয়ে গেছে, পুরুরের পুরো পানি সমানভাবে উত্তৃত হতে পারেনি।

বিভিন্ন অনুষ্ঠানের উদ্বোধনীতে আমরা বেলুন ওড়াতে দেখেছি। এই বেলুনকে ওড়ানোর জন্য তার ভেতর বাতাস থেকে হালকা কোনো গ্যাস ঢোকাতে হয়। নিরাপত্তার দিক থেকে বিবেচনা করা হলে সেটি নিষ্ক্রিয় হিলিয়াম গ্যাস দিয়ে ভরার কথা কিন্তু হিলিয়াম গ্যাস তুলনামূলকভাবে অনেক ব্যয়বহুল বলে প্রায় সময়েই হাইড্রোজেন গ্যাস দিয়ে কাজ সারা হয়, যেটি যথেষ্ট বিপজ্জনক। শুধু তাই নয়,

জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত যিখেন গ্যাস বাতাস থেকে হালকা বলে অনেক সময় এই গ্যাস দিয়েও গ্যাস বেলুন তৈরি করে ব্যবহৃত কৰা হয়, যেটি সমান বিপজ্জনক।

আমরা অনেক সময় কানুস গুড়তে দেখেছি। এই কানুসের নিচেও একটা আগুন জ্বালানো হয়, সেটি কানুসকে আলোকোভল কৰার সাথে সাথে তেতুরের বাতাসকে উৎপন্ন করে হালকা করে উপরে নিয়ে যায়।

একটি ডিম ভালো না পচা সেটা ইচ্ছে করলে পানিতে ফুটিয়ে বের কৰা যায়। যথেষ্ট পচা হলে তাৰ ঘনত্ব পানি থেকে কম হবে এবং সেটি পানিতে ভেঙ্গে উঠবৈ।

### ৫.৩ তরলের ভেতৱ চাপ (Pressure in Liquids)

যারা পানিতে ঝাঁপাঝাঁপি কৰেছে তাৰা সবাই জানে পানিৰ গভীৰে গোলে এক ধৰণেৰ চাপ অনুভব কৰা যায় (যদিও বায়ুমণ্ডল আমাদেৱ শৃঙ্খল একটা চাপ দেয় কিন্তু আমৰা সেটা অনুভব কৰি না। কাৰণ আমাদেৱ শৰীৱত সমান পৱিত্ৰ চাপ দেয়।) পানি কিবো অন্য কোনো তরলেৰ গভীৰে গোলে ঠিক কভাটুকু চাপ অনুভব কৰা যাবে সেটি ইতিহাসে তোমাদেৱ বলা হয়েছে। তোমাৰ উপৰে তরলেৰ যে স্তৰটুকু ধৰকৰে তাৰ শৰ্কন থেকেই তোমাৰ উপৰেৰ চাপ নিৰ্ণয় কৰতে হবে। ধৰা যাক তুমি তরলেৰ  $h$  গভীৱত চাপ নিৰ্ণয় কৰতে চাইছ। সেখানে  $A$  কেবলক্ষেৱ একটি পৃষ্ঠ কল্পনা কৰে নাও (চিত্ৰ ৫.০২)। তাৰ উপৰে তরলেৰ যে স্তৰটুকু হবে সেখানকাৰ তৰলটুকুৰ শৰ্কন  $A$  পৃষ্ঠে বল প্ৰয়োগ কৰবে।

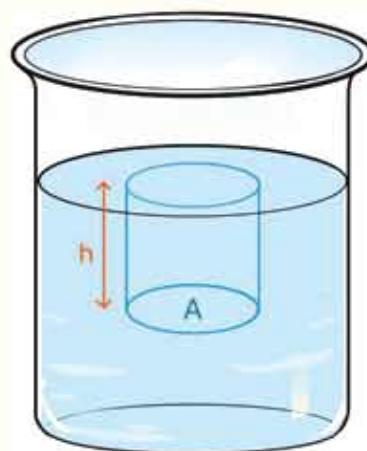
$A$  পৃষ্ঠৰ উপৰেৰ তৰলটুকুৰ আন্তৰণ  $Ah$  তরলেৰ ঘনত্ব বৰি  $\rho$  হয় তাৰে এই তরলেৰ শৰ্কন বা বল

$$F = mg = (Ah\rho)g$$

কাজেই চাপ:

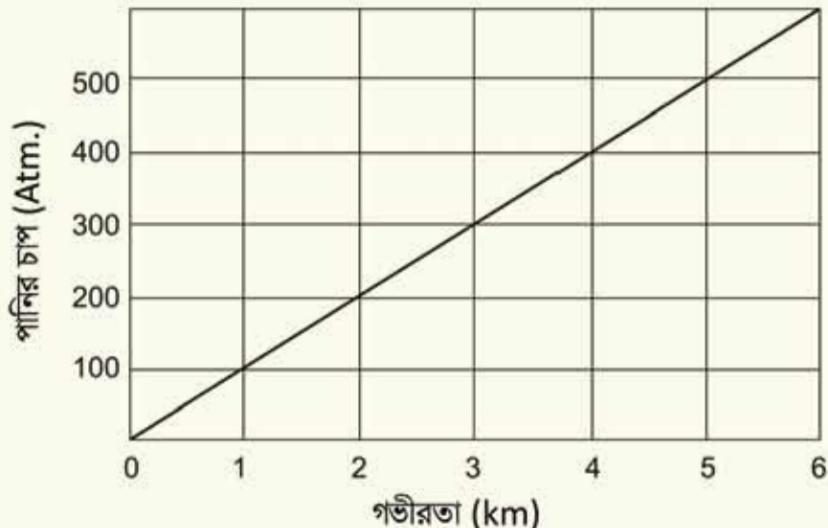
$$P = \frac{F}{A} = \frac{Ah\rho g}{A} = h\rho g$$

অৰ্থাৎ নিৰ্দিষ্ট ঘনত্বেৰ তৰলে গভীৱত সাথে সাথে চাপ বাঢ়তে থাকে। পানিৰ বেলায় আনুমানিক প্ৰতি দশ মিটাৰ গভীৱতৰ বাতাসেৰ চাপেৰ সমপৰিমাণ চাপ বেড়ে যাব।



চিত্ৰ ৫.০২: তৰলেৰ উচ্চতাৰ জন্য নিচেৰ পৃষ্ঠে চাপ সৃষ্টি হয়।

বাতাস বা গ্যাসকে যে রূক্ষ চাপ দিয়ে সংকুচিত করে তার ঘনত্ব বাড়িয়ে হেলা যাব তরলের বেশাম কিন্তু সেটি সত্য নহ (কঠিনের বেশার তো নহই!) তরলকে চাপ দিয়ে সে রূক্ষ সংকুচিত করা যাব না তাই তার ঘনত্ব বাঢ়ানো কিংবা কমানো যাব না। ৫.০৩ টিক্সে সমুদ্রের পৃষ্ঠাদেশ থেকে সমুদ্রের গভীরতায় গেলে কীভাবে পানির চাপ বাঢ়তে থাকে সেটা দেখানো হয়েছে। যেহেতু পানির ঘনত্ব প্রায় সমান তাই চাপটা সমান হাবে বাঢ়বে। সমুদ্রপৃষ্ঠ শূল্য থেকে শূরু করে সমুদ্রের তলদেশে সেটি অনেক বেড়ে গেছে।



চিত্র ৫.০৩: পানির গভীরতার সাথে সাথে পানির চাপ বেড়ে বাব।



### উদাহরণ

প্রশ্ন: তিমি মাছ সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে 2,100 m গভীরতার বেতে পারে, সেটি কত চাপ সহ্য করতে পারে?

উত্তর: তিমি মাছ

$$P = \frac{2,100 \text{ m}}{10 \text{ m/atm}} = 210 \text{ atm}$$

চাপ সহ্য করতে পারে।

**প্রশ্ন:** পানির নিচে প্রতি 33 ft (10 m) গভীরতায় 1 atm চাপ বেড়ে যায়। ডাইভাররা সর্বোচ্চ 1,000 ft (330 m) গভীর পর্যন্ত গিয়েছে, সেখানে তাদের কতটুকু চাপ সহ্য করতে হয়েছে?

**উত্তর:** প্রতি 10 m এ 1 atm বা 1 bar চাপ বেড়ে গেলে 330 m গভীরতায়

$$\frac{330 \text{ m}}{10 \text{ m/atm}} = 33 \text{ atm}$$

ডাইভারদের 33 atm চাপ সহ্য করতে হবে।

**প্রশ্ন:** কেরোসিন (ঘনত্ব  $800 \text{ kg m}^{-3}$ ), পানি (ঘনত্ব  $1000 \text{ kg m}^{-3}$ ) এবং পারদ (ঘনত্ব  $13,600 \text{ kg m}^{-3}$ ) এই তিনটি তরলের জন্য 50 cm নিচে চাপ বের করো

**উত্তর:** চাপ  $P = h\rho g$

কেরোসিনের জন্য

$$P = 0.50 \text{ m} \times 800 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ N kg}^{-1} = 3,920 \text{ N m}^{-2}$$

পানির জন্য

$$P = 0.50 \text{ m} \times 1000 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ N kg}^{-1} = 4,900 \text{ N m}^{-2}$$

পারদের জন্য

$$P = 0.50 \text{ m} \times 13,600 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ N kg}^{-1} = 666,400 \text{ N m}^{-2}$$

**প্রশ্ন:** কেরোসিন, পানি এবং পারদ এই তিনটি তরলের কত গভীরতায় 1 atm এর সমান চাপ হবে?

**উত্তর:** আমরা জানি পারদের জন্য 76 cm গভীরতায় 1 atm চাপ হয়। পানির ঘনত্ব পারদ থেকে 13.6 গুণ কম কাজেই পানির গভীরতা 13.6 গুণ বেশি হবে। অর্থাৎ পানির গভীরতা:

$$76 \text{ cm} \times 13.6 = 1034 \text{ cm} = 10.34 \text{ m}$$

কেরোসিনের ঘনত্ব পানির ঘনত্ব থেকে 0.8 গুণ কম কাজেই কেরোসিনের জন্য গভীরতা পানির গভীরতা থেকে  $1/0.8 = 1.25$  গুণ বেশি হবে

$$10.34 \text{ m} \times 1.25 = 12.92 \text{ m}$$

### 5.3.1 আকিমিডিসের সূত্র এবং প্লিবত্তা

তোমরা সবাই নিশ্চয়ই আকিমিডিসের সূত্র এবং সেই সূত্রের প্রয়োগ পদ্ধতি জানো। সূত্রটি সহজ, কোনো বস্তু তরলে নিমজ্জিত করলে সেটি যে পরিমাণ তরল অপসারণ করে সেইটুকু তরলের সমান শুভল বস্তুটির শুভল থেকে কমে যাব। আমরা এখন এই সূত্রটি বের করব। 5.04 টিপ্পে দেখানো হয়েছে খানিকটা তরল পদার্থে একটা সিলিঙ্গার ভোবানো রয়েছে। (এটি সিলিঙ্গার না হয়ে অন্য থেকোনো আকৃতির বস্তু হতে পারত, আমরা হিসাবের সুবিধার জন্য সিলিঙ্গার নিয়েছি) ধরা যাক সিলিঙ্গারের উচ্চতা  $h$  এবং উপরের ও নিচের প্রস্থচ্ছেদের ফ্রন্টফল  $A$ । আমরা কল্পনা করে নিই সিলিঙ্গারটি এমনভাবে তরলে ফুটিয়ে রাখা হয়েছে যেন তার উপরের পৃষ্ঠার গভীরতা  $h_1$  এবং নিচের পৃষ্ঠার গভীরতা  $h_2$ .

আমরা অনেকবার তোমাদের বলেছি যে তরল (কিংবা বায়বীয়) পদার্থে চাপ কোনো নির্দিষ্ট দিকে কাজ করে না। এটি সব দিকে কাজ করে। কাজেই সিলিঙ্গারের উপরের পৃষ্ঠে নিচের দিকে যে চাপ কাজ করে তার পরিমাণ

$$P_1 = h_1 \rho g$$

এবং নিচের পৃষ্ঠে উপরের দিকে যে চাপ কাজ করে তার পরিমাণ

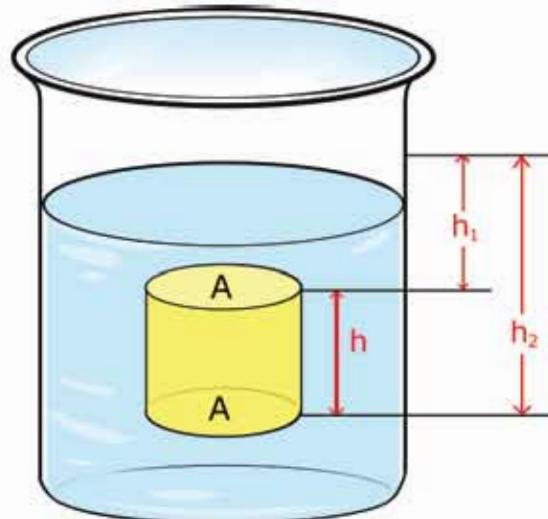
$$P_2 = h_2 \rho g$$

কাজেই সিলিঙ্গারে উপর পৃষ্ঠে নিচের দিকে এবং নিচের পৃষ্ঠে উপরের দিকে প্রয়োগ করা বল যথাক্রমে:

$$F_1 = AP_1 = Ah_1 \rho g$$

$$F_2 = AP_2 = Ah_2 \rho g$$

চারপাশের পৃষ্ঠার উপর কতটুকু বল প্রয়োগ হয়েছে সেটা নিয়ে আমাদের মাথা দাঢ়াতে হবে না, কারণ সিলিঙ্গারটি একদিক থেকে যে বল অনুভব করে অন্যদিক থেকে ঠিক তার বিপরীত পরিমাণ বল



চিত্র 5.04: একটি বস্তু যতটুকু তরল অপসারিত করে তার সমপরিমাণ শুভল হারাব।

অনুভব করে এবং একে অন্যকে কাটাকাটি করে দেয়। যেহেতু  $h_2$  এর মান  $h_1$  থেকে বেশি তাই দেখতে পাইছি  $F_2$  এর মান  $F_1$  থেকে বেশি। কাজেই মোট বলটি হবে উপরের দিকে এবং তার পরিমাণ:

$$F = F_2 - F_1 = A(h_2 - h_1)\rho g$$

$$F = Ah\rho g$$

যেহেতু  $Ah$  হচ্ছে সিলিঙ্গারের আয়তন,  $\rho$  তরলের ঘনত্ব এবং  $g$  যাখা কর্ষণজনিত ত্বরণ, কাজেই উপরের দিকে প্রয়োগ করা বলের পরিমাণ হচ্ছে সিলিঙ্গারের আয়তনের সমান তরলের ওজন। ঠিক যেটি আকৃমিকভাবে সূত্র নামে পরিচিত। উর্ধমুখী এই বলটিকে ফ্লুভটি (Buoyancy) বলে।



### নিজে করো

একটি ঝাবার ব্যাডের এক মাথায় একটা বড় আঙুল বা অন্য কোনো ফল বেঁধে ঝুলিয়ে দেখো ঝাবার ব্যাডটি কতখানি লম্বা হয়ে আছে। এবাবে আঙুল কিংবা ফলটি পানিতে ঝুঁকিয়ে নাও দেখবে ঝাবার ব্যাডটি বেশ খানিকটা সংকুচিত হয়ে গেছে, কারণ ঝুঁক্ষণ অবস্থায় ফলটির ওজন অনেক কম।

### ৫.৩.২ বস্তুর ভেসে ধাকা বা ঝুঁকে যাওয়া

এখন তোমরা নিচেরই বুরাতে পেরেছ কেন একটা বস্তু ভেসে ধাকে আবার অন্য একটা বস্তু ঝুঁকে যায়। তোমরা জানো একটা বস্তু পানিতে ডোবানো হলে ফ্লুভটির কারণে সেটা বক্টুকু পানি সরিয়েছে উপরের দিকে সেই পানির ওজনের সমপরিমাণ বল অনুভব করে। সেই বলটি বস্তুটির ওজনের বেশি হলে বস্তুটা ভেসে ধাকবে। ঠিক যে পরিমাণ ঝুঁকে ধাককে বস্তুর সমান ওজনের পানি অগ্রসারণ করবে ততটুকুই ঝুঁকে, বাকি অংশটুকু পানিতে ঝুঁকে যাবে না।

যদি বস্তুটির ওজন অগ্রসারিত পানির ওজন থেকে বেশি হব তাহলে সেটি পানিতে ঝুঁকে যাবে। তবে পানিতে ঝুঁকে ধাকা অবস্থায় তার ওজন কিন্তু সঠিকান্ব ওজন থেকে কম হবে।

যদি কোনোভাবে বস্তুটির ওজন অগ্রসারিত পানির ওজনের ঠিক সমান করে ফেলা যায় তাহলে বস্তুটাকে পানির ভেতরে যেখানেই রাখা হবে সেটা সেখানেই ধাকবে, উপরেও ভেসে উঠবে না, নিচেও ঝুঁকে যাবে না। সৈনিক জীবনে সে রকম কিছু চোখে না পড়লেও পানির নিচে দিয়ে ঢালে করার জন্য সাবধানে এটি করা হয়।



## ଉଦାହରଣ

**ପ୍ରଶ୍ନ:** ଏକ ଟୁକରୋ କାଠ ପାନିତେ ଡାସିଯେ ଦିଲେ ତାର କତ ଶତାଂଶ ଛୁବେ ଥାକବେ? (କାଠର ଘନତ୍ତ୍ଵ  $\rho = 0.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  ପାନିର ଘନତ୍ତ୍ଵ  $\rho_W = 10^3 \text{ kg/m}^3$ )

**ଉତ୍ତର:** କାଠକେ ଭେଦେ ଥାକିଲେ ହଳେ ତାର ଘୃବ୍ଲତ ଅଙ୍କେର ସମପରିମାଣ ପାନିର ଭର କାଠର ଭରର ସମାନ ହଜେ ହବେ। ଅର୍ଥାତ୍ ସଦି କାଠର ଆୟତନ  $V$  ହର ତାର ଭର  $V\rho$ , ଏବଂ ଯଦି କାଠର  $V_1$  ଅଂଶ ପାନିତେ ଛୁବେ ଥାକେ ତାହାଲେ ଦେଇ ପରିମାଣ ପାନିର ଭର  $V_1\rho_W$ , କାଜେଇ

$$V\rho = V_1\rho_W$$

$$\frac{V_1}{V} = \frac{\rho}{\rho_W} = \frac{0.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}{10^3 \text{ kg/m}^3} \times 100 = 50\%$$

**ପ୍ରଶ୍ନ:** 10kg ଭରର ଏକଟା କାଠ ନଦୀର ପାନିତେ ଭେଦେ ଭେଦେ ସମୁଦ୍ର ପେଲ। ନଦୀର ପାନିତେ ଦେଇ ଅର୍ଥକେ ଛୁବେଇଲ, ସମୁଦ୍ର କଟୁକୁ ଛୁବେବେ? (ସମୁଦ୍ର ପାନିର ଘନତ୍ତ୍ଵ  $\rho_S = 1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ )

**ଉତ୍ତର:** ନଦୀର ପାନିର ଘନତ୍ତ୍ଵ  $\rho_W = 10^3 \text{ kg/m}^3$

କାଠର ଆୟତନ  $V$  ଏବଂ ଘନତ୍ତ୍ଵ  $\rho$  ହଳେ କାଠର ଭର  $V\rho$   
ନଦୀର ପାନିତେ କାଠର ଅର୍ଥକେ ଛୁବେ ଥାକେ କାଜେଇ

$$V\rho = \frac{1}{2}V\rho_W$$

କାଠର ଘନତ୍ତ୍ଵ

$$\rho = \frac{1}{2}\rho_W = 0.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

ସମୁଦ୍ର ପାନିତେ  $V_1$  ପରିମାଣ ଛୁବେ ଥାକିଲେ

$$V\rho = V_1\rho_S$$

$$\frac{V_1}{V} = \frac{\rho}{\rho_S} = \frac{0.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}{1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} \times 100 = 48.5\%$$

**প্রশ্ন:** ধরা যাক আর্কিমিডিসের সোনার মুকুটের ওজন বাতাসে  $10 \text{ kg}$  এবং পানিতে ভুবিয়ে ওজন করলে  $9.4 \text{ kg}$  হয়েছে। মুকুটের ঘনত্ব কত?

**উত্তর:** মুকুটের আয়তন  $V$  ঘনত্ব  $\rho$  হলো

$$V\rho = 10 \text{ kg}$$

$$\text{এবং} \quad V\rho - V\rho_W = 9.4 \text{ kg}$$

$$V\rho_W = V\rho - 9.4 \text{ kg} = 10 \text{ kg} - 9.4 \text{ kg} = 0.6 \text{ kg}$$

$$V = \frac{0.6 \text{ kg}}{\rho_W} = \frac{0.6 \text{ kg}}{10^3 \text{ kg/m}^3} = 0.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{10 \text{ kg}}{V} = \frac{10 \text{ kg}}{0.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3} = 16,666 \text{ kg/m}^3$$

সোনার আসল ঘনত্ব  $19,300 \text{ kg/m}^3$  কাজেই বোঝাই যাচ্ছে এই মুকুটে খাদ মেশানো আছে।

### ৫.৩.৩ বাংলাদেশে নৌপথে দুর্ঘটনার কারণ

বাংলাদেশ নদীমাত্রক দেশ এবং অসংখ্য খাল-বিল, নদ-নদী পুরো দেশটিকে যুক্ত করে রেখেছে। সে কারণে নৌপথ দেশের অন্যতম যোগাযোগের মাধ্যম। অন্য যেকোনো যানবাহনের মতোই নৌকা, ট্রলার, লঞ্চ বা জাহাজ দুর্ঘটনায় পতিত হয় এবং মানুষের প্রাণহানি ঘটে। নৌপথে দুর্ঘটনার অনেক কারণ থাকতে পারে, তার মাঝে প্রধান কারণ হচ্ছে দুর্যোগপূর্ণ আবহাওয়া, অন্যকিছুর সাথে সংঘর্ষ, চালকের ত্রুটি, যন্ত্রপাতির ত্রুটি, নকশার ত্রুটি, ধারণক্ষমতার চেয়ে বেশি যাত্রী বহন, মালপত্রের অনিয়মিত সংরক্ষণ ইত্যাদি।

আবহাওয়ার সংকেত যথাযথভাবে অনুসরণ করে দুর্যোগপূর্ণ আবহাওয়ার বিপদ থেকে অনেকটুকুই রক্ষা পাওয়া সম্ভব। তবে হঠাতে করে কালবৈশাখী বড়ের মাঝে পড়ে নৌযান বিপদগ্রস্থ হতে পারে। সেরকম অবস্থায় নৌযানের চালকদের অভিজ্ঞতা এবং দায়িত্ববোধ একটি বড় ভূমিকা পালন করে। বাংলাদেশে নৌপথের দুর্ঘটনার আরেকটি বড় কারণ হচ্ছে সংঘর্ষ: একটি নৌযানের সাথে অন্য নৌযানের সংঘর্ষ, জেটির সাথে সংঘর্ষ, নদীর তলদেশ বা ডুরোচরে সংঘর্ষ— সবগুলোই নানা ধরনের দুর্ঘটনার সূত্রপাত করে থাকে।

নৌযানের যন্ত্রপাতি যথাযথ সংরক্ষণ করা না হলে সেগুলো দুর্ঘটনার কারণ হতে পারে। বেশি যাত্রী বহন করার জন্য নৌযানের নকশার অননুমোদিত পরিবর্তন করে একটি নৌযানকে দুর্ঘটনার দিকে ঠেলে দেওয়া হতে পারে। অধিক মুনাফার লোভে একটি নৌযানে প্রয়োজন থেকে বেশি যাত্রী বহন করে নৌযানের ভরকেন্দ্র পরিবর্তিত হয়েও অনেক বড় দুর্ঘটনা ঘটে থাকে। দুর্যোগপূর্ণ আবহাওয়ায় বড় বড় টেউয়ে নৌযানের দুলুনীতে মালপত্র সরে গিয়েও নৌযানের ভরকেন্দ্র পরিবর্তিত হয়ে নৌযান দুর্ঘটনায় পড়তে পারে।

### 5.3.4 প্যাসকেলের সূত্র

এই অধ্যায়ে আমরা অনেকবার দেখিয়েছি যে তরল পদার্থে চাপ প্রয়োগ করলে সেটা চারদিকে সঞ্চালিত হয়। তোমরা একটু চিন্তা করলেই বুঝতে পারবে এটাই স্বাভাবিক। তার কারণ এই চাপটুকু যদি পুরো তরল পদার্থে সঞ্চালিত না হয় তাহলে তরলের এক অংশে চাপ বেশি এবং অন্য অংশে চাপ কম থাকবে, কাজেই সেখানে একটা প্রস্থচ্ছেদ কল্পনা করে নিলে এক দিক থেকে আরোপিত বল অন্যদিক থেকে আরোপিত বল থেকে বেশি হবে এবং এই বলের কারণে তরলটি প্রবাহিত হবে যতক্ষণ পর্যন্ত না চাপ সমান হয়ে যায়। প্যাসকেল এই বিষয়টি একটা সূত্র হিসেবে দিয়েছিলেন, সেটি এ রকম:

**প্যাসকেলের সূত্র:** একটা আবদ্ধ পাত্রে তরল বা বায়বীয় পদার্থে বাইরে থেকে চাপ দেওয়া হলে সেই চাপ সমানভাবে সঞ্চালিত হয়ে পাত্রের সংলম্ব গায়ে লম্বভাবে কাজ করবে।

**প্যাসকেলের সূত্রের ব্যবহার:** প্যাসকেলের এই সূত্রটি ব্যবহার করে অত্যন্ত চমকপ্রদ কিছু যন্ত্র তৈরি করা যায়। 5.05 ছবিতে সে রকম একটা যন্ত্র দেখানো হয়েছে, এখানে পাশাপাশি দুটি সিলিন্ডার একটা নল দিয়ে সংযুক্ত। ধরা যাক একটি সিলিন্ডারের প্রস্থচ্ছেদ  $A_1$  অন্যটির  $A_2$  এবং তুমি  $A_1$  প্রস্থচ্ছেদের সিলিন্ডারে  $F_1$  বল প্রয়োগ করেছ তাহলে তোমার প্রয়োগ করা চাপ

$$P = \frac{F_1}{A_1}$$

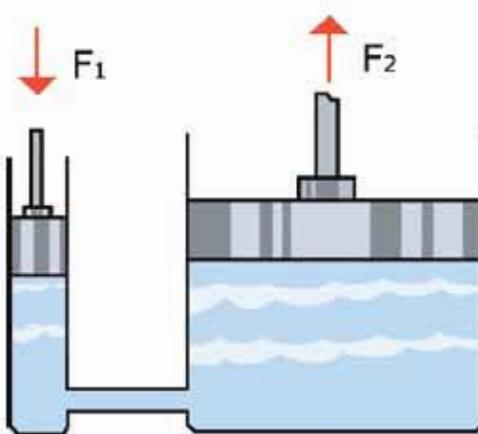
এখন এই চাপ এই তরলের মাধ্যমে চারদিকে সঞ্চালিত হবে এবং দ্বিতীয় সিলিন্ডারের প্রস্থচ্ছেদেও প্রয়োগ করবে।

কাজেই দ্বিতীয় সিলিন্ডারে প্রয়োগ করা বলের পরিমাণ হবে

$$F_2 = PA_2 = F_1 \left( \frac{A_2}{A_1} \right)$$

ভূমি নিক্ষেপেই চমৎকৃত হয়ে দেখতে পাই যদি ( $A_2/A_1$ ) এর মান 100 হয় তাহলে ভূমি প্রথম সিলিন্ডারে বে পরিমাণ বল প্রয়োগ করছে দ্বিতীয় সিলিন্ডারে তার থেকে 100 গুণ বেশি বল পেরে যাবে।

এই পদ্ধতিটি খুব কার্যকর, বড় বড় কলকারখানা কিংবা বিমান নিয়ন্ত্রণে এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। তবে তোমরা একটা জিনিস জেনে রাখো এটা বলবৃক্ষিকরণ নীতি। এই পদ্ধতিতে শক্তি কিন্তু মোটেও বাঢ়ানো যাব না। ভূমি প্রথম সিলিন্ডারে বে পরিমাণ শক্তি প্রয়োগ করবে দ্বিতীয় সিলিন্ডারে ঠিক সেই পরিমাণ শক্তি ফিরে পাবো।



চিত্র ৫.০৫:  $F_1$  বল প্রয়োগ করলে প্রস্থজ্ঞানের উপর নির্ভর করে অন্য দিকে  $F_2$  বল পাওয়া যাব।

### উদাহরণ

**প্রশ্ন:** দেখাও যে বল বৃদ্ধি করা হলেও বে পরিমাণ শক্তি প্রয়োগ করা হচ্ছে ঠিক সেই পরিমাণ শক্তি কিরে পাই।

**উত্তর:** ধরা যাক ছোট পিস্টনে  $F_1$  বল প্রয়োগ করা হয়েছে এবং পিস্টনটি  $l_1$  দূরত্ব অতিক্রম করেছে, কাজেই কাজের পরিমাণ

$$W_1 = F_1 l_1$$

বড় পিস্টনে বক্সের পরিমাণ

$$F_2 = F_1 \left( \frac{A_2}{A_1} \right)$$

যেহেতু ছোট পিস্টন অশসারিত তরলটুকু বড় পিস্টনটুকুকে  $l_2$  দূরত্ব ঠেলে নিয়ে যায়, কাজেই

$$l_1 A_1 = l_2 A_2$$

বড় পিস্টনে অতিক্রান্ত দূরত্ব:

$$l_2 = l_1 \left( \frac{A_1}{A_2} \right)$$

কাজেই কাজের পরিমাণ

$$W_2 = F_2 l_2 = F_1 \left(\frac{A_2}{A_1}\right) l_1 \left(\frac{A_1}{A_2}\right) = F_1 l_1$$

অর্থাৎ বড় পিস্টনের কাজের পরিমাণ ছোট পিস্টনের কাজের সমান।

## ৫.৪ বাতাসের চাপ (Air Pressure)

বাতাসের একটি চাপ আছে (চিত্র ৫.০৬)। আমরা এই চাপ আলাদাভাবে অনুভব করি না কারণ আমাদের শরীরের ভেতর থেকেও বাইরে একটি চাপ দেওয়া হচ্ছে। তাই দুটো চাপ একটা আরেকটিকে কাটাকাটি করে দেয়। অহাকাশে বাতাস নেই, তাই বাতাসের চাপও নেই, তাই সেখানে শরীরের ভেতরের চাপকে কাটাকাটি করার জন্য কিছু নেই এবং এ রূপম পরিবেশে যুক্তির মাঝে মানুষের শরীর তার ভেতরবার চাপে বিস্কারিত হয়ে যেতে পারে। সে জন্য মহাকাশে মহাকাশচারীরা সব সময়ই চাপ নিরোধক প্লেস স্যুট পরে থাকেন। পৃথিবী পৃষ্ঠে বাতাসের এই চাপ  $10^5 \text{ N/m}^2$  যার অর্থ হলি যদি পৃথিবী পৃষ্ঠে  $1 \text{ m}^2$  ক্ষেত্রের খালিকটা জায়গা কম্পনা করে নাও তাহলে তার উপরে বাতাসের যে স্তুষ্টি রয়েছে তার ওজন  $10^5 \text{ N}$ , এটা মোটাঘুটিভাবে একটা হাতির ওজন।

এখানে একটি বিষয় এখনই তোমাদের খুব ভালো করে বুঝতে হবে, এটি সঙ্গি, ওজন হচ্ছে বল এবং এই বলটি নিচের দিকে কাজ করে। বল হচ্ছে ভেট্টার তাই এর মান এবং দিক দুটোই থেমোজন আছে। চাপ ভেট্টার নয় তার কোনো দিক নেই তাই যেকোনো জায়গায় চারদিকে সমান। তুমি যেখানে এখন দাঁড়িয়ে কিংবা বসে আছো তোমার উপর বাতাস যে চাপ থেমোগ করছে, সেটা তোমার উপরে ভালো বামে সামনে পেছনে বা নিচে চারদিকেই সমান। বাতাস কিংবা তরল পদার্থের জন্য এটা সব সময়ই সঙ্গি।

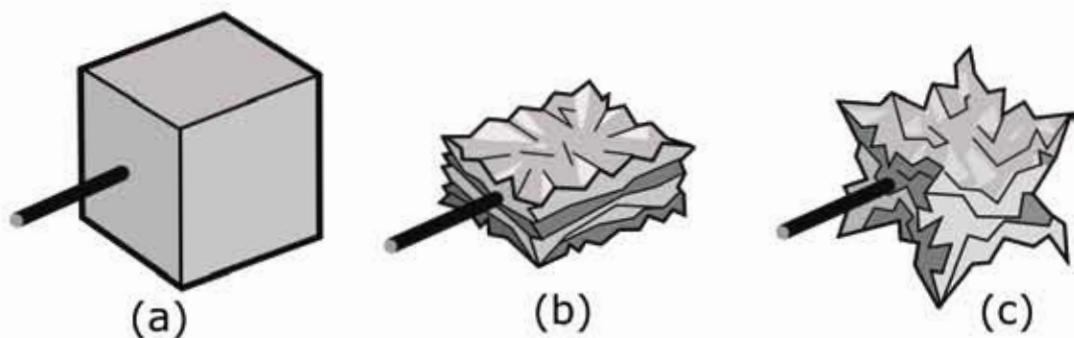
বাতাসের স্তুষ্টি



চিত্র ৫.০৬: বাতাসের চাপটি আসে বাতাসের স্তুষ্টির ওজন থেকে।

৫.৪.১ পাতলা টিন বা আলুমিনিয়ামের তৈরি কোনো নিশ্চিহ্ন টিন বা কোটা যদি কোনোভাবে বায়ুশূন্য করা যায় তাহলে সেটা দুমক্কেয়চড়ে যাবে, তার কারণ স্থানাবিক অবস্থায় বাইরের বাতাসের চাপকে কোটার ভেতরের বাতাসের পাটা চাপ দিয়ে একটা সমতা বজায় রেখেছিল। ভেতরের বাতাস পাকল করে সরিয়ে নেবার পর ভেতরে বাইরের বাতাসের চাপ থক্কিত করার মতো কিছু নেই, তাই বাইরের

বাতাসের চাপ টিন বা কোটাকে দূষক্ষেমুচক্ষে দেবে (চিত্র 5.07)। তোমরা যে জিনিসটা লক্ষ কৰলে সেটি হচ্ছে কোটাটা শুধু উপর দিক থেকে দূষক্ষেমুচক্ষে যাবে না। চারদিক থেকে দূষক্ষেমুচক্ষে যাবে। চাপ যদি শুধু উপর থেকে আসত তাহলে টিনটা শুধু উপর থেকে দূষক্ষেমুচক্ষে যেত। চাপ যেহেতু চারদিকেই সমান ভাই টিনটা চারদিক থেকেই আসছে এবং চারদিক থেকে দূষক্ষেমুচক্ষে যাচ্ছে।



চিত্র 5.07: (a) তে সেখানে কিট্টবটির ভেতর থেকে গাঢ়া কৰে বাতাস সহিয়ে নিলে যদি শুধু উপর থেকে চাপ দিত তাহলে (b) ছবির মতো চাটা হচ্ছে যেত। কিন্তু যেহেতু চারদিক থেকে চাপ আসে তাই (c) ছবির মতো সংকুচিত হয়।



নিজে করো



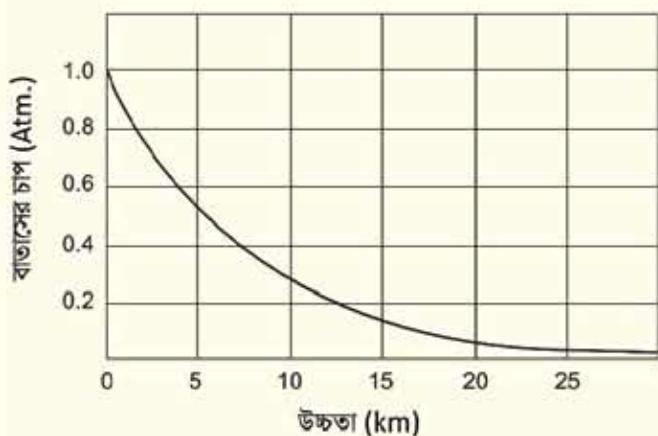
চিত্র 5.08: বাতাসের চাপে প্লাস্টিকের বোতল দূষক্ষেমুচক্ষে পেছে।

একটি এক লিটারের প্লাস্টিকের পানির খালি বোতল নাও। তার ভেতরে সাধানে খানিকটা ঝুটুন্ত গরম পানি ঢেলে প্লাস্টিকের বোতলের ভেতর পানিটাকে নাড়াচাড়া কৰো। ভেতরের পুরো বাতাস উভয় পর্য বোতলের ছিপিটি শক্ত কৰে লাগিয়ে নাও। এবাবে কিছুক্ষণ অপেক্ষা কৰো কিন্বা প্লাস্টিকের বোতলটি ঠাণ্ডা পানির ধারায় ধরে রেখে ঠাণ্ডা কৰে নাও। ভেতরে খানিকটা শূন্যতা তৈরি হবে বলে বাইরের বাতাসের চাপে বোতলটি দূষক্ষেমুচক্ষে যাবে (চিত্র 5.08)।

पृथिवी पृष्ठे बातासेर चापाटि आसहे एर उपरेव न्यूनतिर घजन खेके। ताही आमरा यदि उपरे उठी ताहले आमासेर उपरेव न्यूनतेर उच्चताटकु कमे यावे, घजनटाओ कमे यावे एवं सेजन्या सेखाने बातासेर चापाओ कमे यावे। विषमाटि सत्य एवं ५.०७ चिम्ये तोमासेर देखालो हऱ्येहे उच्चतार साथे साथे बातासेर चाप क्रमेव करू यावा। ये विषमाटा तोमासेर आलादा करू लक्ष कराव कथा सेटि हऱ्ये पाँच किलोमिटार उच्चतार पौऱ्यानोर पर बातासेर चाप अर्थेक कमे गिरेहे। साधारणत्वाबे यने हत्ते पारे ताहले परेव पाँच किलोमिटारे वाकि अर्थेक कमे सेखाने बातासेर चाप शून्य हऱ्ये याहेह ना केल? एर एकटा सुनिश्चित कारण आहे। बातास वा ग्यासके चाप दिये संकृचित करा याय। ताही पृथिवीर पृष्ठे, येखाने बातासेर चाप सबतेहे बेशि सेखाने बातास सबतेहे बेशि संकृचित हऱ्ये आहे अर्थात् बातासेर घनक सेखाने सबतेहे बेशि। आमरा यत्तेहे उपरे उठतेहे थाकव बातासेर चाप ये रकम कमते थाकवे तार घनकाओ से रकम कमते थाकवे।

उच्चतार साथे साथे बातासेर घनक कमे याऊवार अनेकगुलो वास्तव दिक्क आहे। आकाशे वर्धन प्लेन उड्डे उत्थन बातासेर घर्षण प्लेने जन्य अनेक वड समस्या। यत उपरे घोटा यावे बातासेर घनक उत्त कमे यावे एवं घर्षणाओ कमे यावे ताही सत्य सत्य वड वड याजीवाही प्लेन आकाशे अनेक उपर दिये उडार चेटा करू। साधारणत्वाबे यने हत्ते पारे ताहले प्लेनगुलो आरो उपर दिये, एकेबाबे महाकाश दिये उड्डे यावा ना केल, ताहले तो घर्षण आरो कमे यावे। तार कारण प्लेनके घडानोर जन्य तार शक्तिशाली इंजिन दरवार आव सेही इंजिने झालानि झालानोर जन्य अंतिजेन दरवार। उपरे येखाने बातासेर घनक कम सेखाने अंतिजेनाओ कम, ताही बेशि उच्चताय अंतिजेनेर अभाव हऱ्ये याव वले प्लेनेर इंजिन महाकाशे काळ करावे ना!

यावा पर्वतशृंगे उत्ते तादेर जन्याओ सेही एकही समस्या। यत उपरे उठतेहे थाके सेखाने बातासेर चाप कमे याऊवार समस्या खेके अनेक वड समस्या बातासेर घनक कमे याऊवार कारणे अंतिजेनेर परिमाण कमे याऊवा। यावा पर्वतांगाह्य काऱे सेजन्य तादेर अत्यान्त कम अंतिजेने



चित्र ५.०७: उच्चतार साथे बातासेर चाप कमे यावा

শুধু বেঁচে থাকা নয় পৰ্যটাৱোহনের মতো অভ্যন্ত কটসাখ্য কাজ কৰা শিখতে হয়, সেজন্য তাদেৱ  
শৱীৱকেও প্ৰস্তুত কৰতে হয়।



### উদাহৰণ

**উদাহৰণ:** এভাৱেনেন্টের চূড়ায় (29,029 ft) বাতাসে কৃটকু অঞ্জিজেন আছে?

**উত্তৰ:**  $29,029 \text{ ft} = 8,848 \text{ m}$

ছবিৰ আৰু থেকে দেখছি এই উচ্চতায় বাতাসেৰ চাপ পৃথিবী গুঠে বাতাসেৰ চাপেৰ ঘাৰ 35%  
কাজেই সেখানে অঞ্জিজেনেৰ পৱিমাণও পৃথিবী গুঠেৰ অঞ্জিজেনেৰ প্ৰায় 1/3 বা এক-কৃতীলাভ।

#### 5.4.1 ট্ৰিসেলিৰ পৱীকা

তোমোৱা নিচয়ই স্ট্ৰি দিয়ে কথনো না কথনো কোড ড্রিঙ্কস খেৱেছ। কথনো কি চিন্তা কৰেছ যেতে  
চুমুক দিলে কেন কোড ড্রিঙ্কস তোমাৰ মুখে চলে আসে? আসলে ব্যাপাৰটি ঘটে বাতাসেৰ চাপেৰ  
অন্য। ব্যাপাৰটি বোধা খুব সহজ হতো যদি তুমি কথনো 10.5 মিটাৰ লম্বা একটা স্ট্ৰি দিয়ে কোড  
ড্রিঙ্কস খেওয়াৰ চেষ্টা কৰতে। (ব্যাপাৰটি মোটেও বাস্তবসম্ভাব নয়। কিন্তু যুক্তিৰ বাতিলে মেনে  
নাও) তাহলে তুমি আবিষ্কাৰ কৰতে ড্রিঙ্কসটা 10.3 মিটাৰ পৰ্যন্ত উঠে হঠাতে কৰে থেমে গৈছে। আৱ  
যতই চুমুক দেওয়াৰ চেষ্টা কৰো ড্রিঙ্কসটা উপৱে উঠছে না। (আমোৱা থৰে নিছি কোড ড্রিঙ্কসেৰ  
ঘনত্ব পানিৰ ঘনত্বেৰ কাছাকাছি।)

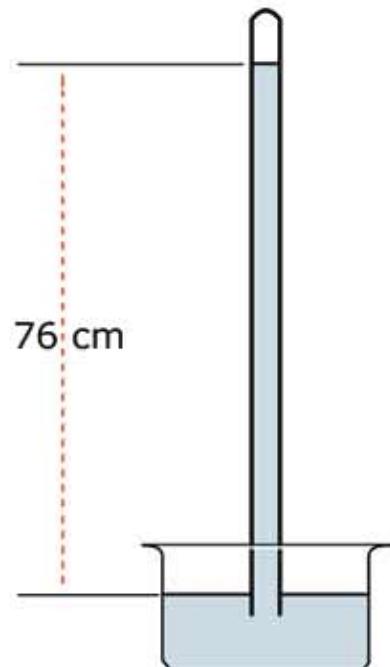
পাৱদ মুখে সেওয়াৰ মতো তৱল নয় কিন্তু যুক্তিৰ বাতিলে কল্পনা কৰো তুমি স্ট্ৰি দিয়ে পাৱদ চুমুক  
দিয়ে মুখে আনাৰ চেষ্টা কৰছ। যদি স্ট্ৰি 76 cm থেকে বেশি লম্বা হয় তাহলে তুমি আবিষ্কাৰ কৰবো  
পাৱদ ঠিক 76 cm উচ্চতায় এসে থেমে গৈছে, তুমি যতই চুমুক দেওয়াৰ চেষ্টা কৰো পাৱদ আৱ  
উপৱে উঠছে না। পানিৰ ঘনত্ব থেকে পাৱদেৰ ঘনত্ব 13.6 গুণ বেশি, তাই পানি বেটুকু উচ্চতায় উঠেছে  
পাৱদ উঠেছে তাৰ থেকে 13.6 গুণ কম।

এমনিতে একটি স্ট্ৰি মুখে নিয়ে কোড ড্রিঙ্কসেৰ বোতলে থৰে রাখলে কোড ড্রিঙ্কসটা উপৱে উঠবো  
না। কাৰণত তোমাৰ মুখেৰ ভেতৱে বাতাসেৰ যে চাপ স্ট্ৰি তুমিৰে রাখা তৱলেও সেই একই বাতাসেৰ  
চাপ। দুটো চাপই সমান, কাজেই এৱ ভেতৱে কোনো কাৰ্যকৰ বল নেই। এখন যদি তুমি চুমুক দাও,

যার অর্থ তৃতীয় মুখের ক্ষেত্রে শূন্যতা তৈরি করার চেষ্টা করো তখন সেখানে বাতাসের চাপ কমে যায়। তখন তরঙ্গের উপরে বাতাসের চাপের জন্য তরঙ্গটা উচ্চ বেয়ে উপরে ঝট্টে।

পারদ ব্যবহার করে বাতাসের চাপের এই পরীক্ষাটি বিজ্ঞানী টরিসেলি করেছিলেন 1643 সালে। তিনি অবশ্য মুখ দিয়ে পারদকে একটি নল বেয়ে টেনে তোলার চেষ্টা করেননি, তিনি এক মুখ বন্ধ একটি নলের ক্ষেত্রে পারদ ভরে, নলটি পারদ ভরা একটা পাত্রে উচ্ছেষ্ট করে রেখেছিলেন। পারদের উচ্চতা নামতে নামতে ঠিক 76 cm এসে থেমে গেল। তৃতীয় মুখ দিয়ে খাবার সময় মুখের ক্ষেত্রে যে শূন্যতা তৈরি করার চেষ্টা করো কাচের নলের উপরে ঠিক সেই শূন্যতা তৈরি হয়ে গিয়েছিল। বাতাস পারদের উপরে চাপ দিছে এবং সেই চাপ তরঙ্গের সব জায়গায় সঞ্চালিত হয়ে নলের নিচেও এসেছে। নলের উপরে কোনো ফুটো নেই, তাই সেদিক দিয়ে বাতাস চাপ দিতে পারছে না। কাজেই সমতা আনার জন্য নলের নিচে এক মাত্র চাপ হচ্ছে 76 cm উচু পারদ স্তরের উজ্জ্বলের কারণে তৈরি হওয়া চাপ।

বাতাসের চাপ যাপার যত্ত্বের নাম ব্যারোমিটার (চিত্র 5.10) এবং টরিসেলির এই পদ্ধতি দিয়ে তৈরি ব্যারোমিটারে এখনো বাতাসের চাপ যাপা হয়। বাতাসের চাপ বাড়লে পারদের উচ্চতা 76 cm থেকে বেশি হয়, চাপ কমলে উচ্চতা 76 cm থেকে কমে যায়।



চিত্র 5.10: বাতাসের চাপের কারণে পারদ ঠিক 76 cm উচ্চতার স্থিত হয়ে থাকে।

#### 5.4.2 বাতাসের চাপ এবং আবহাওয়া

বাতাসের চাপের সাথে আবহাওয়ার বুব ঘনিষ্ঠ একটা সম্পর্ক আছে। তোমরা নিচরাই আবহাওয়ার খবরে অনেকবার সম্ভবে নিম্নচাপ সৃষ্টি হওয়ার কথা শুনেছ, যার অর্থ সেখানে বাতাসের চাপ কমে গেছে। তখন চাপ সমান করার জন্য আলপাশের উচ্চ চাপ এলাকা থেকে বাতাস সেই নিম্নচাপের দিকে আসতে থাকে এবং যাবে যাবে একটা ঘূর্ণিং সৃষ্টি হয়, সেই ঘূর্ণিং বিশেষ অবস্থার ঘূর্ণিংড্রুর সৃষ্টি করে। আমাদের দেশে ঘূর্ণিংড্রুর ক্ষয়বহুতাৰ খবৰ তোমরা নিচরাই জানো।

তোমরা যখন পরের অঞ্চলে তাপ এবং তাপমাত্রা সম্পর্কে পড়বে তখন তোমরা জানতে পারবে যে বাতাসের তাপমাত্রা বেড়ে গেলে সেটি প্রসারিত হয় বলে তার ঘনত্ব কমে যায় এবং চাপ কমে যায়। বাতাসের চাপ আরো কার্যকরভাবে কমে, যদি তার যাবে জলীয় বাল্পের পরিমাণ বেড়ে যায়। জলীয়

বাস্প হচ্ছে পানি, পানির অণুতে একটি অক্সিজেন এবং দুটি হাইড্রোজেন থাকে এবং পানির অণুর আণবিক ভর হচ্ছে  $(16 + 1 + 1 =) 18$ । বাতাসের মূল উপাদান হচ্ছে নাইট্রোজেন (পারমাণবিক ভর 14) দুটো পরমাণু দিয়ে তৈরি হয় তাই তাদের আণবিক ভর  $(14 + 14 =) 28$  এবং অক্সিজেন (পারমাণবিক ভর 16), এটিও দুটি পরমাণু দিয়ে তৈরি তাই আণবিক ভর  $(16 + 16 =) 32$  যা পানির আণবিক ভর থেকে অনেক বেশি। তাই যখন বাতাসে জলীয় বাস্প থাকে তখন বেশি আণবিক ভরের নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের বদলে কম আণবিক ভরের পানির অণু স্থান করে নেয় কাজেই বাতাসের ঘনত্ব কমে যায়। বাতাসের ঘনত্ব কম হলে বাতাসের চাপও কমে যায়। কাজেই ব্যারোমিটারে বাতাসের চাপ দেখেই স্থানীয় আবহাওয়া সম্পর্কে ভবিষ্যদ্বাণী করা সম্ভব। ব্যারোমিটারে উচ্চ চাপ দেখালে বোঝা যায় বাতাস শুকনো এবং আবহাওয়া ভালো। চাপ কমতে থাকলে বোঝা যায় জলীয় বাস্পের পরিমাণ বাঢ়ছে। চাপ বেশি কম দেখালে বুঝতে হবে আশপাশের এলাকা থেকে বাতাস ছুটে এসে ঝড়-বৃষ্টি শুরু হতে যাচ্ছে।

## ৫.৫ স্থিতিস্থাপকতা (Elasticity)

তোমরা সবাই কখনো না কখনো একটা স্প্রিং কিংবা একটা রাবার ব্যান্ড টেনে লম্বা করে আবার ছেড়ে দিয়েছ। তোমরা নিচয়ই লক্ষ করেছ স্প্রিং কিংবা রাবার ব্যান্ডকে টেনে ছেড়ে দেওয়া হলে সেটা আবার আগের দৈর্ঘ্যে ফিরে এসেছে। টেনে ধরাকে পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় বলা হয় বল প্রয়োগ করা আর দৈর্ঘ্য পরিবর্তন হওয়াকে বলা হয় বিকৃতি ঘটা। দৈনন্দিন জীবনে বিকৃতি শব্দটি খুবই নেতৃত্বাচক। কিন্তু এখানে এটাকে তোমরা নেতৃত্বাচক হিসেবে দেখো না। এটা হচ্ছে অবস্থার পরিবর্তন মাত্র!

কাজেই তোমরা বুঝতে পারছ যখন কোনো বস্তুকে বল প্রদান করা হয় তখন তার ভেতরে একটা বিকৃতি ঘটে (এবং এই বিকৃতির জন্য একটা পাল্টা বলের তৈরি হয়) বলটি সরিয়ে নিলে বিকৃতির অবসান ঘটে আর বস্তুটি আবার তার আগের অবস্থায় ফিরে যায়। পদার্থের এই ধর্মের নাম স্থিতিস্থাপকতা। তবে মনে রাখতে হবে কতটুকু বল প্রয়োগ করা যাবে তার একটা সীমা আছে। এই সীমা অতিক্রম করে ফেললে পদার্থ তার আগের অবস্থায় ফিরে আসতে পারবে না। তার মাঝে একটা স্থায়ী বিকৃতি ঘটে যেতে পারে। এই সীমাকে স্থিতিস্থাপক সীমা বলে। একটা রডকে অল্প একটু বাঁকা করে ছেড়ে দিলে সেটা সোজা হয়ে যায়। বেশি বাঁকা করলে বাঁকা হয়েই থাকে আর সোজা হয় না। কাজেই আমরা বিষয়টা এভাবে বলতে পারি:

**বিকৃতি:** বাইরে থেকে বল প্রয়োগ করলে পদার্থের আকার বা দৈর্ঘ্যের যে আপেক্ষিক পরিবর্তন হয় সেটা হচ্ছে বিকৃতি। অর্থাৎ  $L_0$  দৈর্ঘ্যের একটি বস্তুর ওপর বল প্রয়োগ করা হলে তার দৈর্ঘ্য যদি  $L$  হয় তাহলে বিকৃতি হচ্ছে

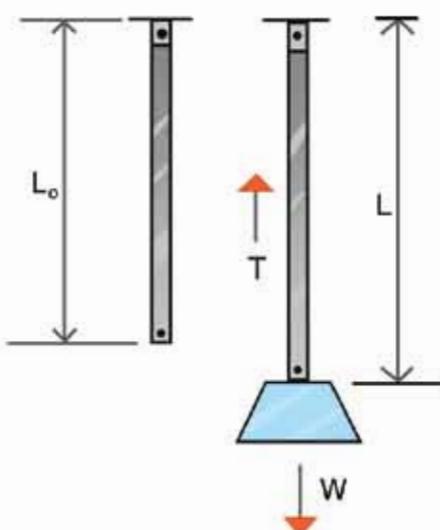
$$\frac{L - L_0}{L_0}$$

দেখাই যাচ্ছে বিকৃতির কোনো একক নেই, এটি একটি সংখ্যা যাই

**শীড়ল:** একক ফেজাফলে বিকৃতির কারণে পদার্থের ভেতর থেকে বল তৈরি হয়ে সেটাই হচ্ছে শীড়ল। অর্থাৎ  $A$  প্রস্থানের একটা বস্তুতে বল প্রয়োগ করা হলে যদি তার বিকৃতি ঘটে সেই বিকৃতি যদি  $F$  প্রতিরোধ বল তৈরি করে তাহলে শীড়ল হচ্ছে

$$\frac{F}{A}$$

দেখতেই পাচ্ছ এটা চাপের মতো এবং এর একক Pa বা প্যাসকেল।



চিত্র 5.11: বল প্রয়োগ প্রয়োগ করে শীড়ল সূচি করলে দণ্ডের বিকৃতি হয়।

**যুক্তের সূজ:** আমরা যদি শীড়ল এবং বিকৃতি বুবে থাকি তাহলে যুক্তের সূজটি বোবা খুব সহজ। এই সূজ অনুসারে স্থিতিস্থাপক সীমার ভেতরে শীড়ল এবং বিকৃতি সমানুপাতিক

শীড়ল  $\propto$  বিকৃতি

কাজেই

শীড়ল = ধ্রুক  $\times$  বিকৃতি

অর্থাৎ প্রত্যেক পদার্থের শীড়ল এবং বিকৃতির সাথে সমার্কমূল্য একটা ধ্রুক থাকে, সেই ধ্রুকটার নাম স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক।

দুটি নির্দিষ্ট বিষয় নিয়ে আলোচনা করলে বোবা আরো সহজ হবে:

- (i) ধরা থাক  $A$  প্রস্থানের একটা তারের দৈর্ঘ্য  $L_0$ , এর সাথে  $W$  ওজনের একটা ভর ঝুলিয়ে দেওয়া হলো এই বলটি বোলানের কারণে  $L_0$  দৈর্ঘ্যটি বেড়ে হলো  $L$  (চিত্র 5.11) এই বর্ধিত দৈর্ঘ্য তারটির ভেতরে একটা পাল্টা বল তৈরি করেছে  $T$  (এখানে  $T$  অক্ষরটি ব্যবহার করা হয়ে টেনশন Tension শব্দটির অন্য। সাধারণত বখন কোনো তারকে টোনা হয়ে তখন তার ভেতরে থেকে বল কাজ করে তার নাম টেনশন)। কাজেই শীড়ল হচ্ছে  $T/A$  এবং বিকৃতি হচ্ছে:

$$\frac{L - L_0}{L_0}$$

কাজেই

$$\frac{T}{A} \propto \frac{L - L_0}{L_0}$$

কিম্বা

$$\frac{T}{A} = Y \left( \frac{L - L_0}{L_0} \right)$$

টেবিল 5.02: বিভিন্ন পদার্থের ইয়াংস মডুলাস

পদার্থ	G-Pa
ন্যায়ার	0.01-0.1
হাত্ত	9
কাঠ	10
ফাট	50 - 90
অ্যালুমিনিয়াম	69
তাঙ্গা	117
গোহ	200
হীরা	1220

এই শুবক্তের নাম ইয়াংস মডুলাস (Young's Modulus)। যেহেতু বিকৃতির কোনো একক নেই তাই  $Y$  এর একক হচ্ছে  $\text{Nm}^{-2}$ . টেবিল 5.02 এ কয়েকটি পদার্থের ইয়াংস মডুলাস দেওয়া হলো।



### উদাহরণ

প্রশ্ন: ইয়াংস মডুলাসের মান বেশি হলে পদার্থ কীভাবে দৈর্ঘ্য পরিবর্তন করে?

উত্তর: দৈর্ঘ্যের পরিবর্তনের হার

$$\frac{L - L_0}{L_0} = \frac{1}{Y} \left( \frac{T}{A} \right)$$

কাজেই  $T/A$  যদি সমান হয় তাহলে  $Y$  যত বেশি হবে দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন তত কম হবে।

(ii) ধৰা যাক একটি সিলিন্ডারে সাধারণ অক্ষযায়  $V_0$  আৱকনের গ্যাস আছে। এই গ্যাসে  $P$  চাপ দেওয়ার কাৰণে সিলিন্ডারের গ্যাসের আয়তন কমে হয়ে পেল  $V$  (চিত্ৰ 5.12), এখনে পীড়ন হচ্ছে  $P$  এবং বিকৃতি হচ্ছে:

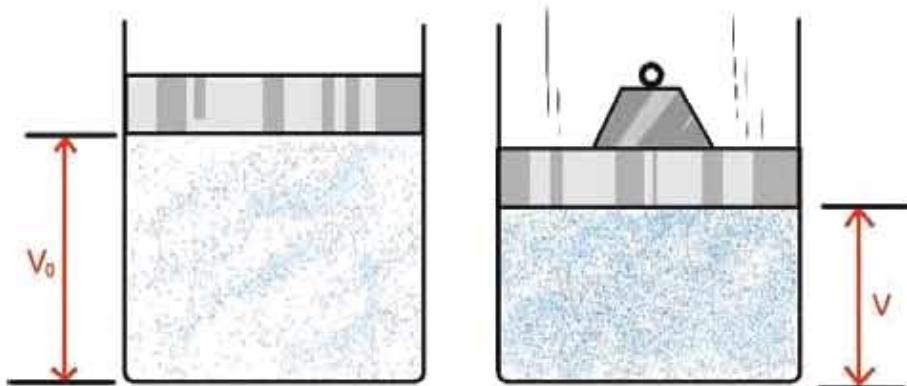
$$\frac{V - V_0}{V_0}$$

কাজেই আমরা লিখতে পারি

$$P \propto \left( \frac{V - V_0}{V_0} \right)$$

$$P = B \left( \frac{V - V_0}{V_0} \right)$$

এখানে  $B$  হচ্ছে খুবক এবং এই খুবকের নাম বাল্ক মডুলাস বা আয়তনীয় গুণাত্মক (Bulk Modulus)।  $B$  এর একক হচ্ছে  $\text{Nm}^{-2}$  কিংবা প্যাসকেল।



চিত্র 5.12: আবশ্য বাতাসে চাপ প্রয়োগ করলে বাতাস সংকুচিত হয়।

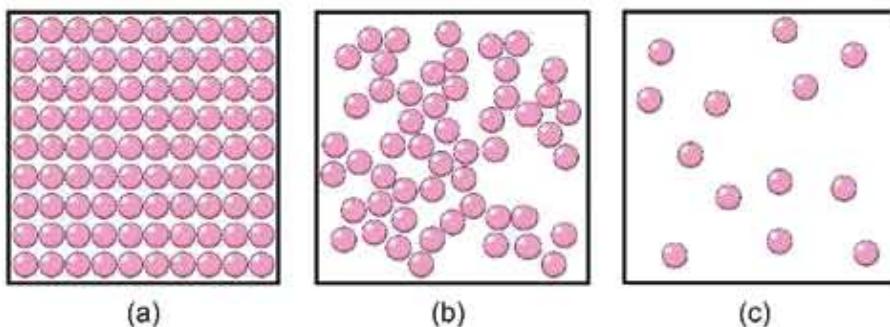
## 5.6 পদার্থের তিন অবস্থা: কঠিন, তরল এবং গ্যাস

### (The three states of Matter: Solid, Liquid and Gas)

তোমরা নিশ্চয়ই জান বিশ্বের সবকিছু তৈরি হয়েছে অশু দিয়ে। (অবশ্য অশু মৌলিক কথা নয়, অশু তৈরি হয়েছে পরমাণু দিয়ে, পরমাণু তৈরি হয়েছে ইলেকট্রন এবং নিউক্লিয়াস দিয়ে, নিউক্লিয়াস তৈরি হয়েছে প্রোটন এবং নিউট্রন দিয়ে, প্রোটন এবং নিউট্রন তৈরি হয়েছে কোয়ার্ক দিয়ে এবং বিজ্ঞানীরা ধারণা করছেন ইলেক্ট্রন কিংবা কোয়ার্ক তৈরি হয়েছে মিউ দিয়ে) যেহেতু একটা পদার্থের ধর্ম তার অনুভূত বজায় থাকে তাই আমরা অশুকেই পদার্থের সবচেয়ে ছোট একক হিসেবে ধরে নিই। যেমন

পানির অণুতে পানির সব ধর্ম আছে কিন্তু পানিকে তার পরমাণুতে দেখে নিলে সেটি আর পানি থাকে না। সেটা হয়ে যাবে একটা অঙ্গীজন আর দুইটা হাইড্রোজেনের পরমাণুতে, দুটোই গ্যাস।

একটা পদার্থে তার অণুগুলো কীভাবে আছে তার উপর নির্ভর করে সেটি কি কঠিন, তরল নাকি গ্যাস (চিত্র 5.13)। এর সবচেয়ে পরিচিত উদাহরণ হচ্ছে পানি, এটি কঠিন তরল কিংবা গ্যাস তিনি রূপেই থাকতে পারে। তার অণুগুলো কীভাবে আছে তার উপর নির্ভর করছে এটি কি বরফ, পানি নাকি জলীয় বাল্ক।



চিত্র 5.13: (a) কঠিন, (b) তরল এবং (c) গ্যাস।

বর্খন কোনো পদার্থ গ্যাস অবস্থায় থাকে তখন তার অণুগুলো থাকে সূক্ষ্ম অবস্থায়, একটি থেকে অন্যটির মাঝে দূরত্ব অনেক বেশি। বর্খন তরল অবস্থায় থাকে তখন অণুগুলো তুলনামূলকভাবে কাছে হাজেও একটোর সামনেকে অন্যটি নাড়তে পারে। কঠিন অবস্থায় অণুগুলো কাছাকাছি থাকে কিন্তু একটি অপু অন্য অণুর সামনেকে নাড়তে পারে না।

একটা গ্যাসের অণুগুলোর মাঝে দূরত্ব অনেক বেশি। সেগুলোর কোনো নিয়মিত আঘাতন বা আকার নেই। তরল পদার্থের গ্যাসগুলো কাছাকাছি, তাদের নির্দিষ্ট আঘাতন ধাককেও কোনো নিয়মিত আকার নেই। কঠিন পদার্থের অণুগুলো প্রায় গাড়ে গেগে থাকে, তাই তাদের নির্দিষ্ট আঘাতন এবং নিয়মিত আকার আছে।

গ্যাসে অণুগুলো স্থুলভাবে ছোটাছুটি করতে পারে, তরলে অণুগুলো কাঁপে এবং একটার পাশ দিয়ে অন্যটি চলে যেতে পারে, কঠিন পদার্থে অণুগুলো নিজ অবস্থানে থেকে কাঁপজ্বেও স্থান পরিবর্তন করতে পারে না।

এমনিতে আমরা কঠিন, তরল বা গ্যাস কোনোটিরই অশুকে দেখতে পাই না, এটাকে কঠিন, তরল বা গ্যাস হিসেবে দেবি। উপরে অণুগুলোর যে বৈশিষ্ট্যের কথা বলা হয়েছে, তাদের কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় অবস্থাতেও সেটা প্রকাশ পায়। যেমন:

গ্যাস: আণবিক ধর্ম	গ্যাসে তার প্রতিফলন
অণুগুলো একটা আরেকটার পাশে ছুটতে পারে	যে পাত্রে রাখা হয় তার পুরো আয়তনে ছড়িয়ে পড়ে।
অণুগুলোর মাঝে দূরত্ব বেশি, ফাঁকা জায়গা রয়েছে	গ্যাসকে চাপ দিয়ে সংকুচিত করা যায়।
একটি অণু অন্য অণুর সাপেক্ষে ছুটতে পারে	গ্যাস সহজে প্রবাহিত হয়।

তরল: আণবিক ধর্ম	তরল পদার্থে তার প্রতিফলন
অণুগুলো একটা আরেকটার পাশে দিয়ে যেতে পারে	সহজে প্রবাহিত হয়, যে পাত্রে রাখা হয় তার আকার ধারণ করে।
অণুগুলো কাছাকাছি বলে ফাঁকা জায়গা নেই	তরলকে চাপ দিয়ে সংকুচিত করা যায় না।

কঠিন: আণবিক ধর্ম	কঠিন পদার্থে তার প্রতিফলন
অণুগুলো নিজ অবস্থানে দৃঢ়	নির্দিষ্ট আকার থাকে
অণুগুলোর মাঝে দূরত্ব নেই	চাপ দিয়ে সংকুচিত করা যায় না।
অণুগুলো নিজ অবস্থানে আটকা পড়ে থাকে	চেলে প্রবাহিত করা যায় না।

### 5.6.1 পদার্থের আণবিক গতিতত্ত্ব

একটি কঠিন পদার্থ টেবিলে রাখা হলে কঠিন পদার্থটি টেবিলের যে অংশটুকু স্পর্শ করবে সেখানে এক ধরনের চাপ প্রয়োগ করবে। কঠিন পদার্থ না রেখে আমরা যদি একইভাবে টেবিলে তরল পদার্থ রাখতে চাই সেটি কাজ করবে না, তরলটি সারা টেবিলে গড়িয়ে যাবে। তরলটি রাখতে হবে কোনো একটা পাত্রে এবং তরলটি শুধু নিচে নয় চারদিকে পাত্রটির গায়ে চাপ দেবে। (পাত্রটির গায়ে একটা ফুটো করা হলে তরলের চাপে এই ফুটো দিয়ে তরল বের হতে থাকবে) আমরা যদি গ্যাস রাখতে চাই তাহলে সেটি আর পাত্রে রাখা সম্ভব না, তখন সেটি একটা আবদ্ধ জায়গায় রাখতে হবে এবং গ্যাস এই আবদ্ধ জায়গার চারদিকে চাপ প্রয়োগ করবে। একটা বেলুন ফুলিয়ে সেখানে গ্যাস রাখা হয় এবং বেলুনটা না ফাটিয়ে সেখানে একটা ফুটো করতে পারলে বাতাসের চাপে এই ফুটো দিয়ে বাতাস বের হতে থাকবে।



## নিজে করো

একটা বেলুন ফুলিৱে বেলুনটিৰ পৃষ্ঠে এক টুকুৱা স্কচটেগ ভালো কৰে লাগাও। এবাবে একটা সূচ দিয়ে স্কচটেগেৰ উপৰ দিয়ে বেলুনটাতে একটা ফুটো কৰো। তাহলে বেলুনটা কাটিবে না, দেখৰে ফুটো দিয়ে বাতাস বেৱ হৈব যাবে।

আমৰা গ্যাসেৰ চাপেৰ কথা উল্লেখ কৰেছি কিন্তু এৱ কাৰণটি ব্যাখ্যা কৰিনি। পদাৰ্থৰ আধিবিক গতিতত্ত্ব দিয়ে আমৰা চাপেৰ কাৰণটি ব্যাখ্যা কৰতে পাৰিব। আবশ্য জ্ঞানগীৱ গ্যাস রাখা হলে এটি পাত্ৰৰ পাৰে একধৰনেৰ চাপ দেৱ, পদাৰ্থৰ আধিবিক গতিতত্ত্ব দিয়ে সেটি ব্যাখ্যা কৰা যায়। আবশ্য জ্ঞানগীৱ জ্ঞানগীৱ দেয়ালে এসে আঘাত কৰে এবং প্ৰতিফলিত হৈব ফিৰে যায়। অৰ্থাৎ গ্যাসেৰ অপু একটি ভৱবেশে দেয়ালে আঘাত কৰে অন্য ভৱবেশে ফিৰে যায়। তোমৰা জানো ভৱবেশেৰ পৰিবৰ্তন কৰতে হলো বস্তুৰ উপৰ বল প্ৰয়োগ কৰতে হৈ। গ্যাসেৰ অপু দেয়ালে আঘাত কৰে বল প্ৰয়োগ কৰে, নিউটনেৰ তৃতীয় সূত্ৰ অনুযায়ী পাত্ৰৰ দেয়াল একটি পাল্টা বল গ্যাসেৰ অপুৰ উপৰ প্ৰয়োগ কৰে অপুটিকে প্ৰতিফলিত কৰে দেয়।

এভাবে অসংখ্য অপু আবশ্য পাত্ৰৰ দেয়ালে আঘাত কৰে বল প্ৰয়োগ কৰতে থাকে এবং এই সম্মিলিত বলটিই গ্যাসেৰ চাপ হিসেবে দেখা যায়। যদি গ্যাসেৰ ভাপ বাড়িয়ে দেওয়া হয় তাহলে অপুগুলোৰ গতিশক্তি বেড়ে যাবে এবং সেটি আৱো জোৱা দেয়ালে আঘাত কৰতে পাৰবে। অৰ্থাৎ চাপ বেড়ে যাবে। আমৰা পৱেৰ অখ্যায়ে তাপ দিয়ে তাৰমাত্রা বাড়ানোৰ সাথে চাপ বেড়ে যাওৱাৰ সম্পৰ্কটি নতুনভাৱে দেখব।

### ৫.৬.২ পদাৰ্থৰ চতুৰ্থ অৰ্থাৎ

কঠিন, তৰল এবং গ্যাস এই তিনিটি ভিন্ন অৰ্থাৎৰ বাইৱেও পদাৰ্থৰ চতুৰ্থ আৱেকটি অৰ্থাৎ হতে পাৰে, এৱ নাম প্লাজমা। আমৰা জানি অপু কিংবা পৱমাণুৰ নিউক্লিয়াসে যে কয়াটি পজিটিভ চাৰ্জেৰ প্ৰোটন থাকে তাৰ বাইৱে তিক সেই কৰাটি নেপেটিভ চাৰ্জেৰ ইলেক্ট্ৰন থাকে। সে কাৰণে একটা অপু কিংবা পৱমাণুৰ সম্মিলিত চাৰ্জ শূন্য। বিশেষ অৰ্থাৎৰ অপু কিংবা পৱমাণুকে আৱলিত কৰে কেলা যায়, কিন্তু পৱমাণুৰ এক বা একাধিক ইলেক্ট্ৰনকে মুক্ত কৰে কেলা যায়, তখন আলাদা আলাদাভাৱে পৱমাণুগুলো আৱ চাৰ্জ নিৱাপেক থাকে না। ইলেক্ট্ৰন এবং আয়নেৰ এক ধৰনেৰ মিশ্ৰণ তৈৰি হয়। এটি ষদিও গ্যাসেৰ ঘতো থাকে কিন্তু গ্যাসেৰ সব ধৰ্ম এৱ জন্য সত্যি নহয়। যেমন আমৰা জনি গ্যাসেৰ কোনো নিৰ্দিষ্ট আকাৰ নেই কিন্তু চৌম্বক ক্ষেত্ৰ দিয়ে প্লাজমায় নিৰ্দিষ্ট আকাৰ তৈৰি কৰে কেলা যায়।

ଆଚନ୍ଦ ତାପ ଦିଯେ ପାସକେ ପ୍ଲାଜମା କରା ଯାଏ, ଶକ୍ତିଶାଳୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କେତେ ପ୍ରାଯୋଗ କରେଓ ପ୍ଲାଜମା କରା ଯାଏ । ଆମାଦେର ଥାରେ ଟିଉବଲାଇଟେର ଡେତର ପ୍ଲାଜମା ତୈରି ହୁଏ, ନିଷ୍ଠନ ଲାଇଟେର ଥେ ଉଚ୍ଚଲ ବିଜ୍ଞାପନ ଦେଖା ଯାଏ ସେଗୁଣୋର ଡେତରେଓ ପ୍ଲାଜମା ଥାକେ । ସଜ୍ଜପାତ ହଲେ ସେ ବିଜ୍ଞାନ ଆଲୋ ଦେଖା ଯାଏ ସେଟିଓ ପ୍ଲାଜମା ଆବାର ଦୂର ନକ୍ଷତ୍ରର ମାଝେ ସେ ପଦାର୍ଥ ସେଟିଓ ପ୍ଲାଜମା ଅବସ୍ଥାର ଆଛେ । ଆମରା ବର୍ତ୍ତମାନେ ଫିଲ୍ମାନ ପଦ୍ଧତିତେ ଭାରୀ ନିଡ଼ିଙ୍ଗିଆସକେ କେଣେ ନିଡ଼ିଙ୍ଗିଆର ଶକ୍ତି ବ୍ୟବହାର କରି । ହାଲକା ନିଡ଼ିଙ୍ଗିଆସକେ ଏକତ୍ର କରେ ଫିଲ୍ମାନ ପଦ୍ଧତିତେ ଶକ୍ତି ତୈରି କରାର ଜଣ୍ଯ ପ୍ଲାଜମା ବ୍ୟବହାର କରାର ଚେଟା କରା ହୁଏ ଏବଂ ଏହି ଏବଳ ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନେର ଗବେଷଣାର ଏକଟି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କ୍ଷେତ୍ର ।



### ନିଜେ କରିବାରେ

#### କଟିଲ ବନ୍ଦୁ ଘନତ୍ବ ବେର କରା

**ଯଜ୍ଞପାତି:** ଶ୍ରୀ ବ୍ୟାଲେନ, ପାନିତେ ରାଖା ହଲେ ପୁରୋପୁରି ଭୁବେ ଯାଏ ମେରକମ କୋଣୋ ଏକଟି କଟିଲ ବନ୍ଦୁ, ପାନିର ପାରେ ପାନି ।

**ତଥ୍ୟ:** ବନ୍ଦୁ ଭରକେ ବନ୍ଦୁ ଆରତନ ଦିଯେ ଭାଗ ଦେଖିବା ହଲେ ଘନତ୍ବ ବେର ହୁଏ । ବନ୍ଦୁ ଭର ଶ୍ରୀ ବ୍ୟାଲେନ ଦିଯେ ବେର କରା ଯାଏ । ବନ୍ଦୁ ଆରତନ ଆକିମିଡିସେର ସୂତ୍ର ଦିଯେ ବେର କରା ସମ୍ଭବ, ପାନିତେ ଡୋବାଲେ ତାର ଭର ଯତ ଶାମ କମେ ଯାଏ ବନ୍ଦୁ ଆରତନ ତତ ସିସି ( $\text{cm}^3$ ) ।

**କାଜେର ଧାରା:**

- ଏକଟି ଶ୍ରୀ ବ୍ୟାଲେନ ଦିଯେ କୋଣୋ ଏକଟି କଟିଲ ବନ୍ଦୁ ଭର ବେର କରିବା ।
- ବନ୍ଦୁଟି ଏକଟା ସୂତ୍ର ଦିଯେ ଶ୍ରୀ ବ୍ୟାଲେନେର ସାଥେ ବୈଧ ପାନିତେ ଭୁବିରେ ଆବାର ତାର ଭର ମେପେ ନାଏ ।
- ବନ୍ଦୁର ଘନତ୍ବ ବେର କରିବା ।

#### ବନ୍ଦୁ ଘନତ୍ବ ନିର୍ଣ୍ଣୟର ହକ୍

ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ସଂଖ୍ୟା	ବନ୍ଦୁ ଭର $M_1 \text{ gm}$	ପାନିତେ ଡୋବାଲୋ ଅବସ୍ଥାର ବନ୍ଦୁ ଭର $M_2 \text{ gm}$	ବନ୍ଦୁ ଆରତନ $M_1 - M_2 \text{ cm}^3$	ବନ୍ଦୁ ଘନତ୍ବ $\frac{M_1}{M_1 - M_2} \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$

## অনুশীলনী



### সাধারণ প্রশ্ন

- এক প্লাস পানিতে এক টুকরো বরফ ভাসছে, বরফটি গলে যাবার পর প্লাসে পানির উচ্চতা কি বেড়ে যাবে নাকি সমান থাকবে?
- একটা আস্ত বিশাল জাহাজকে মাঝ কয়েক বাস্তি পানির মাঝে ভাসিয়ে রাখা সম্ভব। কীভাবে?
- একটা সুইমিংপুলে একটা ছোট নৌকার মাঝে তুমি একটা বড় পাথর নিয়ে বসে আছ। পাথরটা নৌকার ডেকে থেকে নিয়ে সুইমিংপুলের পানিতে কেলে দিলে। সুইমিংপুলে পানির উচ্চতা কি বেড়ে যাবে, সমান থাকবে নাকি কমে যাবে?
- সাধুরা পেরেকের বিছানার শূন্য থাকে (চিত্র 5.14)। চাইলে কুমিল্প পারবে। কেন?
- টরিসেলির পাবনের তৈরি ব্যারোমিটারের কাঠের নলটি যদি সোজা না হয়ে আঁকাৰ্বকা হয় তাহলে কি কাজ করবে?
- বল, চাপ ও ক্ষেত্রফলের সম্পর্ক কী?
- ঘনত্ব কাকে বলে? এর একক কী?
- বায়ুমণ্ডলীয় চাপ কাকে বলে?
- টরিসেলির শূন্যস্থান কি প্রকৃতপক্ষে শূন্য? ব্যাখ্যা করো।
- তরলের চাপ ও উচ্চতার মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করো।



চিত্র 5.14: একজন সাধু পেরেকের বিছানার বসে আছে।



### গাণিতিক প্রশ্ন

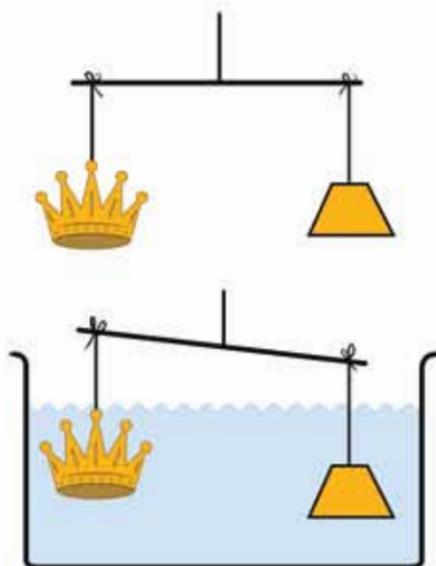
- বাতাসের ঘনত্ব  $0.0012 \text{ gm/cm}^3$ , সোনার ঘনত্ব  $19.30 \text{ gm/cm}^3$ , একটা নিষ্ঠিতে  $1 \text{ kg}$  সোনা মাপা হলে তার প্রকৃত ভর কত?

২. পারদের পরিবর্তে কেরোসিন দিয়ে ব্যাকোমিটার তৈরি করলে তার উচ্চতা কত হবে? (কেরোসিনের ঘনত্ব  $0.8 \text{ gm/cm}^3$ )

৩. সোনার মুকুট এবং তার খণ্ডের সমান খাঁটি সোনা একটি দণ্ডের দুই পাশে ঝুলিয়ে সেটা পানিতে ডোবালো হলে (চিত্র ৫.15) যদি দেখা যায় পানির নিচে সোনার মুকুটের খণ্ড কম তাছলে তুমি মুকুটটি সঞ্চারে কী বলবে? খাঁটি না খাদ মেশানো? কেন?

৪. পানিজড়ি দুটি সিলিন্ডার একটি বল দিয়ে লাগানো। সিলিন্ডার দুটির প্রস্থচ্ছেদ  $1 \text{ cm}^2$  এবং  $1 \text{ m}^2$  এবং নিচিজ্ঞভাবে দুটি পিস্টন লাগানো আছে। বড় পিস্টনের উপর  $70 \text{ kg}$  খণ্ডের একজন মানুষ বসে আছে, তাকে উপরে তুলতে হোট পিস্টনে (চিত্র ৫.16) তোয়াকে কত বল প্রয়োগ করতে হবে?

৫. উপর থেকে ঝোলানো  $0.5 \text{ m}$  লম্বা এবং  $0.01 \text{ m}^2$  প্রস্থচ্ছেদের একটা ধাতব দণ্ডের নিচে একটি  $10 \text{ kg}$  ভর ঝোলানোর পর তার দৈর্ঘ্য হয়েছে  $0.501 \text{ m}$ . এই ধাতব দণ্ডটির ইয়াঁ এর মডুলাস কত?



চিত্র ৫.15: সোনার মুকুট ও খাঁটি সোনা পানিতে ডোবালো হচ্ছে।



চিত্র ৫.16: হাইড্রোলিক প্রেস চাপ দিয়ে একটি মানুষকে উপরে তোলা।



## বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তরটির পাশে ঠিক (✓) চিহ্ন দাও

১. বায়ুচাপ পরিমাপের যন্ত্রের নাম কী?
  - (ক) থার্মোমিটার
  - (খ) ব্যারোমিটার
  - (গ) ফ্লালোমিটার
  - (ঘ) সিস্যোমিটার

২. তরলের চাপের পরিমাণ কী হবে?

- (ক) গভীরতার সমানুপাতিক
- (খ) ক্ষেত্ৰফলের সমানুপাতিক
- (গ) ঘনত্বের বৃক্ষতানুপাতিক
- (ঘ) অঙ্কিকবৰ্তীয় ছৰণের সমান

৩. পদাৰ্থের চতুর্থ অবস্থার নাম কী?

- (ক) গ্যাস
- (খ) প্লাজমা
- (গ) কঠিন
- (ঘ) তরল

চিত্ৰ থেকে নিচের ৪ ও ৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও

৪. পাত্রের নিমজ্জনে কী পরিমাণ চাপ অনুভূত হবে?

- (ক) 98 Pa
- (খ) 980 Pa
- (গ) 196 Pa
- (ঘ) 1960 Pa

৫. যদি পাত্রের হুথে F বল প্রয়োগ কৰা হয় তবে বল:

- শুধু পাত্রের তলার চাপ প্রয়োগ কৰা বৈ
- শুধু পাত্রের বক্র তলে চাপ প্রয়োগ কৰা বৈ
- পাত্রের সকল দিকে চাপ প্রয়োগ কৰা বৈ

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i
- (খ) ii
- (গ) ii ও iii
- (ঘ) i, ii ও iii



চিত্ৰ 5.17



## ସୂଜନଶୀଳ ପ୍ରଶ୍ନ

୧. ଚିତ୍ର ଦେଖେ ନିଚେର ପ୍ରଶ୍ନଗୁଣୋର ଉତ୍ତର ଦାଣ:

- (କ) ଘନତ କାହାକେ ବଲେ?
- (ଖ) ଚିତ୍ରେ ବଞ୍ଚଟିର ଏକାବେ ଭେଦେ ଥାକାଇ କାରଣ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରୋ।
- (ଘ) ବଞ୍ଚଟିର ଘନତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରୋ।
- (ଘ) ତରଳେର ତାପମାତ୍ରା କ୍ରମାଗତ ବୃଦ୍ଧିର କଣାକଣ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରୋ।

୨. କାହିଁମ  $L_1$  ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକଟି ରାବାର ବ୍ୟାନ୍ତେର ଏକ ମାତ୍ରା ଦେଇଲେ ଗୌର୍ବ ପେରେକେର ସାଥେ ସେଇଥେ ଅପର ମାଧ୍ୟମ  $M$  ଭର ଝୁଲିଯେ ଦିଯେ ଦେଖିଲ ରାବାର ବ୍ୟାନ୍ତଟି  $L_2$  ଟେଣେ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଲବ୍ଧ ହୁଏ । ତର ସରିଯେ ନିଲେ ଆବାର ଆଗେର ଅବସ୍ଥାଯ ହିଲିରେ ଆମେ । ତେ ତାର ପରୀକ୍ଷାର ଫଳାଫଳ କାଗଜେ ନିଚେର ଟେବିଲ ଆକାରେ ଲିଖେ ରାଖିଲ ।



ଚିତ୍ର ୫.୧୮

ଭର (kg)	୦	୦.୪	୧	୧.୪	୨.୨	୩	୪	୫
ଭର ଝୁଲାନୋ								
ଅବଧାନ ଦୈର୍ଘ୍ୟ $L_2$ (cm)	୧୦	୧୨	୧୫	୧୭	୨୧	୨୫	୩୦	୩୬
ଭର ସରିଯେ								
ମେଘମାର ପର ଦୈର୍ଘ୍ୟ $L_1$ (cm)	୧୦	୧୦	୧୦	୧୦	୧୦	୧୦	୧୦.୨	୧୦.୬

- (କ) ହୁକେର ସ୍ଥାନଟି ଲିଖ ।
- (ଖ) ଶୀଘ୍ରନ କୌଣସି ବିକୃତି ଘଟାଯାଇଲା ?
- (ଘ)  $M= 2.7 \text{ kg}$  ହୁଲେ  $L_2 = ?$  ହିସାବ କରୋ ।
- (ଘ) ଟେବିଲେର ତଥ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରେ ପ୍ରତିଦିନ କାଜେ ଲାଗନୋ ଶାର ଏବଂ ଏକଟି ସମ୍ବେଦନ ନକଶା ଆବଶ୍ୟକ ।

## ষষ্ঠ অধ্যায়

# বস্তুর ওপর তাপের প্রভাব

### (Effect of Heat on Matter)



তাপ হচ্ছে এক ধরনের শক্তি। শক্তির ধারণা থেকে আমাদের মনে হতে পারে বেশি তাপশক্তি থেকে বুঝি সব সময়েই তাপ কম তাপশক্তির দিকে যাই, কিন্তু সেটি সত্য নয়। তাপশক্তি কোন দিকে যাবে সেটি নির্ভর করে তাপমাত্রার উপর। এই অস্থায়ে আমরা তাপ কিংবা তাপমাত্রা কীভাবে পরিমাপ করতে পারি এবং দুইয়ের মাঝে কী সম্পর্ক সেটি দেখব।

তাপশক্তিটুকু আসলে বস্তুর অণু-পরমাণুর গতি বা কল্পন থেকে এসেছে। তাপ দিয়ে কোনো কঠিন বস্তুর অণুগুলোর কল্পন যদি অনেক বাড়িয়ে দেওয়া যাই তাহলে একটি অণু অন্য অণু থেকে সরে যেতে পারে, অর্থাৎ অবস্থার পরিবর্তন হতে পারে। এই অস্থায়ে আমরা কঠিন, তরল এবং গ্যাসের উপর তাপের প্রভাব নিম্নে আলোচনা করব।



## এ অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা

- তাগ ও তাপমাত্রা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- পদার্থের তাপমাত্রিক ধর্ম ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ফারেনহাইট, সেলসিয়াস এবং কেলভিন স্কেলের মধ্যে সম্পর্ক বিঝেবণ করতে পারব।
- বন্ধুর অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধির সাপেক্ষে তাপমাত্রা বৃদ্ধি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- পদার্থের ভাসীয় প্রসারণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্রফল এবং আয়তন প্রসারণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ডরসের আলাত ও প্রকৃত প্রসারণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- আগেক্ষিক তাগ ও তাগ ধারণক্ষমতা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- তাগ পরিমাপের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- পদার্থের অবস্থার পরিবর্তনে তাপের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারব।
- গলন, বাল্কীভবন ও অনীভবন ব্যাখ্যা করতে পারব।
- গলনাজ্ঞ ও স্কুটলাজ্ঞ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- গলনাজ্ঞের উপর চাপের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারব।
- স্কুটন ও বাল্কায়ন ব্যাখ্যা করতে পারব।
- গলনের এবং বাল্কীভবনের সুস্থিতাপ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- বাল্কায়ন শীতলীকরণের কারণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- বাল্কায়নের উপর নিরামকের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারব।

## ৬.১ তাপ ও তাপমাত্রা (Heat and Temperature)

তাপ এক ধরনের শক্তি। আমরা দেখেছি শক্তি কাজ করতে পারে অর্থাৎ বল প্রয়োগ করে বস্তুকে বলের দিকে সরাতে পারে, যেমন ট্রেন বা গাড়িতে আসলে জ্বালানি তেল জ্বালিয়ে তাপ তৈরি করা হয় যেটা ট্রেন বা গাড়িকে ছুটিয়ে নিয়ে যায়। সেজন্য আলো, বিদ্যুৎ বা গতিশক্তির মতো আমরা নতুন ধরনের এই শক্তির নাম দিয়েছি তাপশক্তি।

মজার ব্যাপার হচ্ছে, আমরা যদি আণবিক পর্যায়ে দেখতে পেতাম অর্থাৎ যেকোনো পদার্থের দিকে তাকালেই তার অণুগুলোকে দেখতে পেতাম তাহলে সম্ভবত তাপশক্তি নামে একটা নতুন নাম না দিয়ে এটাকে “গতিশক্তি” নামেই রেখে দিতাম। তার কারণ তাপশক্তি বলতে আমরা যেটা বোঝাই সেটা আসলে পদার্থের অণুগুলোর সম্মিলিত গতিশক্তি ছাড়া কিছু নয়। একটা কঠিন পদার্থে অণুগুলো যখন উত্তপ্ত হয় তখন অণুগুলো নিজের নির্দিষ্ট অবস্থানে থেকে কাঁপতে থাকে। যত বেশি উত্তপ্ত হবে অণুগুলোর কাঁপনি তত বেড়ে যাবে। যদি অনেক বেশি উত্তপ্ত হয় তাহলে অণুগুলোর নিজেদের ভেতরে যে আন্তঃআণবিক বল রয়েছে অণুগুলো সেই বলকে ছাড়িয়ে মুক্ত হয়ে যাবে। তখন আমরা সেটাকে বলি তরল। তখন অণুগুলো এলোমেলোভাবে একে অন্যের ভেতর দিয়ে ছোটাছুটি করতে থাকে। তাদের একটা গতি থাকে, কাজেই এটা গতিশক্তি। যত উত্তপ্ত করা হয় অণুগুলো তত জোরে ছোটাছুটি করে। যদি আরো উত্তপ্ত করা হয় তখন অণুগুলো আণবিক বন্ধন থেকে পুরোপুরি মুক্ত হয়ে যেতে পারে। আমরা তখন সেটাকে বলি গ্যাস। একটা গ্যাসকে যত উত্তপ্ত করা হবে অণুগুলো তত জোরে ছোটাছুটি করবে। গতি যত বেশি হবে গতিশক্তি তত বেশি হবে।

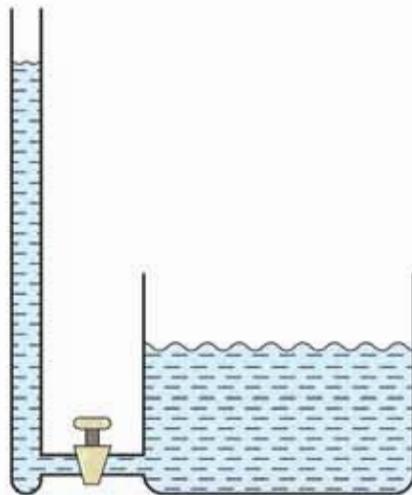
যেহেতু খালি চোখে আমরা অণুগুলোকে দেখি না, তাদের ছোটাছুটি দেখি না, তাই আমরা পরোক্ষভাবে পুরো জিনিসটা বোঝার চেষ্টা করি, আমরা সেটাকে তাপশক্তি নাম দিই এবং তাপমাত্রা বলে পদার্থের অবস্থা ব্যাখ্যা করার চেষ্টা করি। কাজেই আমরা বলতে পারি পদার্থের অণুগুলোর কম্ফন বা গতির কারণে যে শক্তি পাওয়া যায় সেটা হচ্ছে তাপ। যেহেতু এটা শক্তি তাই স্বাভাবিকভাবে অন্য শক্তির মতোই তার একক হচ্ছে জুল (J). তাপের আরো একটি একক আছে, তার নাম ক্যালরি (cal)। 1 gm পানির তাপমাত্রা  $1^{\circ}\text{C}$  বাড়াতে হলে যে পরিমাণ তাপের দরকার সেটা হচ্ছে 1 ক্যালরি। 1 ক্যালরি হচ্ছে 4.2 J এর সমান।

তোমরা হয়তো খাবারের জন্য ক্যালরি শব্দটি ব্যবহার করতে শুনেছ। ফুড ক্যালরি বলতে আসলে বোঝানো হয় মানুষ নির্দিষ্ট খাবার থেকে কী পরিমাণ শক্তি পায় এবং এটার জন্য একক আসলে  $k \text{ cal}$  বা 1000 ক্যালরি। তবে সেটা নিয়ে আমরা মাথা ঘামাব না। এখানে আমরা খাবার থেকে পাওয়া শক্তি নয় তাপশক্তি নিয়েই আলোচনা করব।

### 6.1.1 অভ্যন্তরীণ শক্তি (Internal Energy)

আমরা যদি তাপকে একটা শক্তি হিসেবে মনে নিই, তাহলে সাথে সাথে এরপরের যে বিষয়টা আমাদের জানতে হবে সেটা হচ্ছে কীভাবে তাপশক্তি এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় স্থানান্তরিত হয়। সাধারণভাবে আমাদের ধারণা সব সময়ই শক্তির প্রবাহ হয় বৃক্ষ বেশি শক্তি থেকে কম শক্তিতে। ছোট একটা গরম আলপিনে যে পরিমাণ তাপশক্তি রয়েছে তার থেকে অনেক বেশি তাপশক্তি রয়েছে এক প্লাস পানিতে। কিন্তু গরম আলপিনটা আমরা যদি পানিতে ডুবিয়ে দিই তাহলে কিন্তু আলপিনের অল্প তাপশক্তি থেকেই খানিকটা চলে যাবে প্লাসের পানিতে। তার কারণ তাপশক্তির প্রবাহটা তাপের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না, এটা নির্ভর করে তাপমাত্রার উপরে। দুটো ভিন্ন তাপমাত্রার জিনিস যদি একে অন্তরে সংশ্লিষ্ট আসে তাহলে সব সময়ই বেশি তাপমাত্রা থেকে তাপ কম তাপমাত্রার জিনিসে থেতে থাকবে যতক্ষণ না দুটোর তাপমাত্রা সমান হচ্ছে।

আমরা এখনো কিন্তু “তাপমাত্রা” নামের রাশিটি সংজ্ঞায়িত করিনি। কিন্তু দৈনন্দিন জীবনে এটি এত ব্যবহৃত হয় যে বিষয়টি কী বুঝতে কাঠোই সহজ হয় না। পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় বলতে পারি এটা হচ্ছে পদার্থের জ্ঞেয়কার অণুগুলোর গড় পতিশক্তির একটা পরিমাপ। আমাদের অভিজ্ঞতা থেকে আমরা বলতে পারি, তাপমাত্রা হচ্ছে সেই তাপীয় অবস্থা যেটি ঠিক করে একটা বস্তু অন্য বস্তুর সংশ্লিষ্টে এসে সেটি কি তাপ দেবে নাকি তাপ দেবে। বিষয়টা বোঝানোর জন্য আমরা পানির পৃষ্ঠদেশের উচ্চতার সাথে তুলনা করতে পারি (চিত্র 6.01)। যদি পানির দুটি পান্তে পানির পৃষ্ঠদেশের উচ্চতা ভিন্ন হয় তাহলে পান্ত দুটিকে একটি নল দিয়ে একজন করার পর কোন পান্তে পানি বেশি কোন পান্তে পানি কম সেটি পানির প্রবাহ ঠিক করবে না। কোন পান্ত থেকে কোন পান্তে পানি যাবে সেটা নির্ভর করবে কোন পান্তের পানির পৃষ্ঠদেশের উচ্চতা কত তার উপর। সব সময়ই বেশি উচ্চতা থেকে পানি কম উচ্চতার প্রবাহিত হবে যতক্ষণ পর্যন্ত না দুটি উচ্চতা সমান হয়ে যাচ্ছে। এখানে পানির পরিমাণটাকে তাপশক্তির সাথে তুলনা করতে পারি, পানির পৃষ্ঠদেশের উচ্চতাকে তুলনা করতে পারি তাপমাত্রার সাথে। তাপমাত্রার বেলাতেও এটা সত্ত্বে যে যতক্ষণ পর্যন্ত না দুটি বস্তুর তাপমাত্রা সমান হচ্ছে ততক্ষণ তাপ প্রবাহিত হতে থাকবে।



চিত্র 6.01: তাপমাত্রা তরঙ্গের উচ্চতার মতো, তাপ তরঙ্গের অগ্রতলের মতো।

## ৬.২ পদার্থের তাপমাত্রিক ধর্ম (Thermometric Properties of matter)

তাপমাত্রা পরিমাপের জন্য বিশেষ পদার্থের বিশেষ ধর্মকে কাজে লাগাতে হয়। তাপমাত্রা পরিবর্তন হলে পদার্থের যে ধর্মের পরিবর্তন হয় এবং যে পরিবর্তন সূক্ষ্মভাবে পরিমাপ করে তাপমাত্রা মাপা যায় সেটাই হচ্ছে তাপমাত্রিক ধর্ম। তাপমাত্রা মাপার জন্য পদার্থের যে ধর্মটি ব্যবহার করা হয় সেটি হচ্ছে তাপমাত্রিক ধর্ম। তোমরা জ্বর মাপার পারদের থার্মোমিটার দেখে থাকবে, সেটি শরীরের তাপমাত্রা মাপে। এখানে পারদ হচ্ছে তাপমাত্রিক পদার্থ এবং পারদের আয়তনের প্রসারণ হচ্ছে তার তাপমাত্রিক ধর্ম।

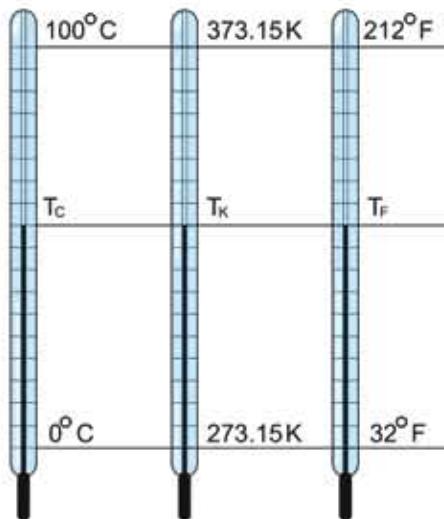
পারদ ছাড়াও অ্যালকোহলের থার্মোমিটার আছে, সেখানে অ্যালকোহল হচ্ছে তাপমাত্রিক পদার্থ এবং তরলের প্রসারণ হচ্ছে তাপমাত্রিক ধর্ম।

গ্যাস থার্মোমিটারে গ্যাস হচ্ছে তাপমাত্রিক পদার্থ এবং নির্দিষ্ট আয়তনে রাফ্ফিত গ্যাসের চাপ হচ্ছে তাপমাত্রিক ধর্ম। তাপমাত্রার সাথে ধাতুর রোধ বা রেজিস্ট্যান্সের পরিবর্তন হয়, তাই রোধকেও তাপমাত্রিক ধর্ম হিসেবে ব্যবহার করা যায়। একেকটি তাপমাত্রিক পদার্থ একেক তাপমাত্রার জন্য কার্যকর, তাই খুব বেশি বা কম তাপমাত্রা মাপার জন্য বিশেষ তাপমাত্রিক পদার্থের বিশেষ তাপমাত্রিক ধর্ম ব্যবহার করতে হয়। তামা এবং কনস্টান্টেন ধাতুকে তাপমাত্রিক পদার্থ হিসেবে ব্যবহার করা হয়। দুটি ভিন্ন ভিন্ন ধাতুর সংযোগস্থলে তাপমাত্রার পরিবর্তন হলে এটি একটি ইএমএফ (emf: electromotive force) তৈরি করে, সেটি মেপে তাপমাত্রা বের করা যায়। এই থার্মোকাপল  $-200^{\circ}\text{C}$  থেকে  $1000^{\circ}\text{C}$  পর্যন্ত তাপমাত্রা মাপতে পারে বলে ইভাস্ট্রিতে ব্যাপকভাবে ব্যবহার হয়।

আমরা যদি তাপমাত্রার ধারণাটুকু ঠিক করে পেয়ে যাই তাহলে এর পরেই আমাদের জানতে হবে এর একক কী কিংবা তার থেকেও গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্ন, আমরা কেমন করে তাপমাত্রা মাপব। তাপমাত্রার প্রচলিত একক হচ্ছে সেলসিয়াস ( $^{\circ}\text{C}$ )। সাধারণভাবে বলা যায় এই স্কেলে এক একটি টিম্ফিয়ার বাতাসের চাপের যে তাপমাত্রায় বরফ গলে পানিতে পরিণত হয় সেটাকে  $0^{\circ}\text{C}$  এবং যে তাপমাত্রায় পানি ফুটতে থাকে সেটাকে  $100^{\circ}\text{C}$  ধরা হয়েছে। তবে মজার ব্যাপার হলো বিজ্ঞানী সেলসিয়াস যখন তাপমাত্রার স্কেল তৈরি করেছিলেন তখন শুন্য ডিগ্রি ধরেছিলেন ফুটন্ট পানির তাপমাত্রা, 100 ডিগ্রি ধরেছিলেন বরফ গলনের তাপমাত্রা। বর্তমান স্কেলের ঠিক উল্টো!

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আমরা সাধারণত সেলসিয়াস স্কেল ব্যবহার করলেও আন্তর্জাতিক এককটির নাম হচ্ছে কেলভিন (K)। সেলসিয়াস স্কেলের সাথে  $273.15^{\circ}\text{C}$  যোগ করলেই কেলভিন স্কেল পাওয়া যায়। যদি শুধু তাপমাত্রার পার্থক্য নিয়ে মাথা ঘামাই তাহলে সেলসিয়াস স্কেল আর কেলভিন স্কেলে কোনো পার্থক্য নেই। অর্থাৎ তাপমাত্রা  $10^{\circ}\text{C}$  বেড়েছে বলা যে কথা, তাপমাত্রা  $10\text{ K}$

বেছেছে বলা সেই একই কথা। কিন্তু যদি জিজ্ঞেস করা হয় এই অন্তরের তাপমাত্রা কত, তাহলে যদি সেটা হয়  $30^{\circ}\text{C}$  তাহলে কেলভিন স্কেলে সেটা হবে ( $30 + 273.15 = 303.15\text{ K}$ )। আমাদের মনে হতে পারে দুটো ক্ষেত্র হুবহু একই রকম শূধু  $273.15^{\circ}\text{C}$  পার্থক্য এর পেছনে কারণটি কী?



চিত্র 6.02: সেলসিয়াস কেলভিন এবং  
ফারেনহাইট তাপমাত্রার ক্ষেত্র।

এটি করার পেছনের কারণটি খুবই চমকপ্রদ। সাধারণভাবে আমাদের মনে হতে পারে আমরা শুধু যত বেশি বা যত কম তাপমাত্রা কল্পনা করতে পারব, কিন্তু আসলে সেটি সজি নয়। তাপমাত্রা যত ইচ্ছে বেশি কল্পনা করতে সমস্যা নেই কিন্তু যত ইচ্ছে কম কল্পনা করা সম্ভব নয়, সবচেয়ে কম একটা তাপমাত্রা আছে এবং তাপমাত্রা এর থেকে কম হওয়া যাব না। শূধু তাই নয়, আমরা এই তাপমাত্রার কাছাকাছি থেকে পারি কিন্তু কখনোই এই তাপমাত্রায় পৌঁছতে পারব না। এই তাপমাত্রাকে পরম শূন্য বা Absolute Zero বলা হয়। সেলসিয়াস ক্ষেত্রে এই তাপমাত্রার মান  $-273.15^{\circ}\text{C}$  কাজেই কেলভিন ক্ষেত্রে এর মান হচ্ছে শূন্য ডিগ্রি। অন্তর্ভুক্ত বলা যায় কেলভিন ক্ষেত্রটি তৈরি হয়েছে চরম শূন্য তাপমাত্রাকে শূন্য ডিগ্রি ধরে।

তাপমাত্রার যেকোনো ক্ষেত্র তৈরি করতে হলে দুটো নির্দিষ্ট তাপমাত্রা (বা স্থিরাংক) দরকার। কেলভিন ক্ষেত্রে একটি হচ্ছে পরম শূন্য। যেটাকে শূন্য ডিগ্রি ধরা হয়েছে। অন্যটি হচ্ছে পানির ত্রৈথ বিন্দু বা Triple Point এই তাপমাত্রার একটা নির্দিষ্ট চাপে ( $0.0060373\text{ atm}$ ) বরফ, পানি এবং জলীয় বাল্প এক সাথে থাকতে পারে বলে তাপমাত্রাকে অনেক বেশি সূচিভাবে নির্দিষ্ট করা যায়। সেলসিয়াস ক্ষেত্রে এর মান  $0.01^{\circ}\text{C}$ , এবং এই ক্ষেত্রের সাথে মিল রাখার জন্য কেলভিন ক্ষেত্রে এর মান  $273.16^{\circ}$

কেলভিন এবং সেলসিয়াস ক্ষেত্রের পাশাপাশি ফারেনহাইট ক্ষেত্র বলেও একটা ক্ষেত্র আছে যেখানে বরফ গলন এবং পানির বাল্পীভবনের তাপমাত্রা অর্থক্রমে  $32^{\circ}\text{F}$  এবং  $212^{\circ}\text{F}$ , চিত্র 6.02 এ তিনটি ক্ষেত্রকে তুলনা করার জন্য দেখানো হলো, কেলভিন ক্ষেত্রে  $0^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা  $273.15\text{ K}$  হলেও আমরা আমাদের দৈনন্দিন জীবনে অনেক সময়েই এটাকে  $273\text{ K}$  ধরে নিই। দৈনন্দিন হিসাবে সেটা কোনো গুরুতর সমস্যা করে না।

### 6.2.1 ডিগ্ৰি কেলেন মাবৰো সকলক

যদি একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্ৰা সেলসিয়াস, কেলভিন এবং ফাৰেনহাইট কেলেন ঘৰান্তমে  $T_C$ ,  $T_K$  আৰু  $T_F$  দেখাৰ ভাবলৈ আমোৰা শিখতে পাৰিঃ

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_K - 273.15}{373.15 - 273.15} = \frac{T_F - 32}{212 - 32}$$

কিম্বা

$$\frac{T_C}{100} = \frac{T_K - 273.15}{100} = \frac{T_F - 32}{180}$$

$T_C$  এৰ সাপেক্ষে কেলভিন কেল এবং ফাৰেনহাইট কেল ঘৰান্তমে:

$$T_C = T_K - 273.15^\circ$$

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$$



#### উদাহৰণ

প্ৰশ্ন: কোন তাপমাত্ৰাৰ সেলসিয়াস এবং ফাৰেনহাইট কেল সমান?

উত্তৰ: সেলসিয়াস এবং ফাৰেনহাইট তাপমাত্ৰাৰ সম্পর্কটি এ রুক্মি:

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32^\circ)$$

$$9T_C = 5T_F - 5 \times 32^\circ$$

$T_C$  এবং  $T_F$  সমান হলৈ:

$$4T_C = -5 \times 32^\circ = -160^\circ$$

$$T_C = -40^\circ$$

অৰ্থাৎ যে তাপমাত্ৰা  $-40^\circ C$  দেখাৰ সেই একই তাপমাত্ৰা  $-40^\circ F$  দেখাৰ।

প্ৰশ্ন: কোন তাপমাত্ৰাৰ কেলভিন এবং ফাৰেনহাইট কেল সমান?

উত্তৰ: কেলভিন এবং ফাৰেনহাইট তাপমাত্ৰাৰ সম্পর্কটি এ রুক্মি:

$$T_K - 273.15^\circ = \frac{5}{9} (T_F - 32^\circ)$$

$$9T_K - 9 \times 273.15^\circ = 5T_F - 5 \times 32^\circ$$

যদি  $T_K$  এবং  $T_F$  সমান হয়:

$$4T_K = 9 \times 273.15^\circ - 5 \times 32^\circ$$

$$T_K = 574.59^\circ$$

**প্রশ্ন:** সুস্থ দেহের তাপমাত্রা  $98.4^\circ\text{F}$ , সেলসিয়াসে সেটা কত?

**উত্তর:** সেলসিয়াস এবং ফারেনহাইট তাপমাত্রার সম্পর্কটি এ রূপম:

$$T_C = \frac{5}{9} (T_F - 32^\circ)$$

কাজেই  $T_F = 98.4^\circ$  হলে

$$T_C = \frac{5}{9} (98.4^\circ - 32^\circ) = 36.89^\circ$$

(অর্থাৎ  $37^\circ\text{ C}$  এর কাছাকাছি)

**প্রশ্ন:** কোন তাপমাত্রায় সেলসিয়াস এবং কেলভিন স্কেল সমান?

**উত্তর:** কখনোই না!

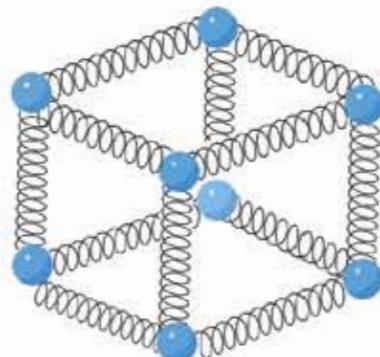
## 6.3 পদার্থের তাপীয় প্রসারণ (Thermal Expansion of Matter)

### 6.3.1 কঠিন পদার্থের প্রসারণ

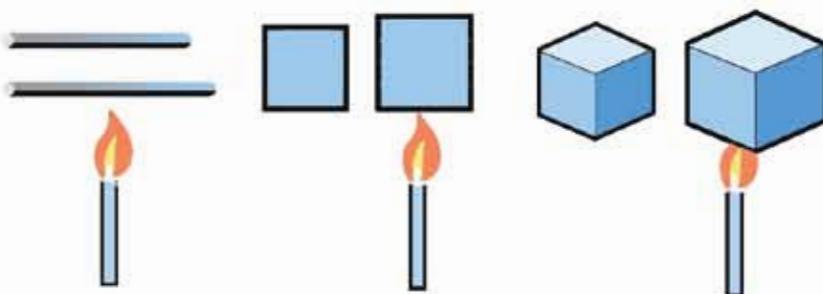
তাপ দিলে প্রায় সব পদার্থের আয়তনই একটু বেড়ে যায়। তাপ তাপমাত্রা এই বিষয়গুলো যদি আমরা আমাদের আণবিক মডেল দিয়ে ব্যাখ্যা করি তাহলে এর কারণটা বোঝা কঠিন নয়। একটা কঠিন পদার্থকে আমরা অনেকগুলো অণু হিসেবে কল্পনা করতে পারি। তাদের ভেতর যে আণবিক বল ২০ সেটাকে আমরা স্থিংয়ের সাথে তুলনা করতে পারি। কঠিন পদার্থে অণুগুলো কীভাবে থাকে সেটা

দেখানোর জন্য আমরা অণুগুলোর মাঝে একটা শিখ কল্পনা করেছি এবং ৬.০৩ চিত্রে সেটা দেখানো হচ্ছে। কঠিন পদার্থটিকে উভয়ত করলে অণুগুলো কাঁপতে থাকবে। তাপমাত্রা যত বেশি হবে অণুগুলো তত বেশি কাঁপবে। সত্যিকারের কঠিন পদার্থের প্রকৃতি ব্যাখ্যা করতে হলে আমাদের এই শিখ যজেলাটাকে একটুখানি উন্নত করতে হবে। শিখের বেশায় আমরা দেখেছি একটা শিখকে কোনো নির্দিষ্ট দূরত্বে প্রসারিত করলে সেটি যে পরিমাণ বলে টানতে থাকে সেই একই দূরত্বে সংকুচিত করলে এটি ঠিক একই বলে ঠেলতে থাকে। কঠিন পদার্থের অণুগুলোর জন্য এটি পুরোপুরি সত্য নয়। অণুগুলোকে একটি বেশি দূরত্বে সরিয়ে নিলে এটা যে পরিমাণ বলে টানতে থাকে সেই একই দূরত্বে কাছাকাছি আনলে অনেক বেশি বলে ঠেলতে থাকে। অর্থাৎ শিখটি যেন একটি বিশেষ ধরনের শিখ। এটা প্রসারিত করতে কম বল প্রয়োগ করতে হয় কিন্তু সংকুচিত করতে বেশি বল প্রয়োগ করতে হয়।

এখন তুমি কল্পনা করে নাও একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় থাকার কারণে অণুগুলো কাঁপছে। বিশেষ ধরনের শিখ হওয়ার কারণে কাঁপার সময় অণুগুলো কাছাকাছি থার কম কিন্তু দূরে সরে থার বেশি। এবাবে কঠিন পদার্থটিকে আরো উন্নত করা হলো, অণুগুলো আরো বেশি কাঁপতে থাকবে এবং তোমরা বুঝতেই পারছ অণুগুলো এই বিশেষ ধরনের শিখের জন্য যেহেতু বেশি কাছে যেতে পারে না কিন্তু সহজেই বেশি দূরে যেতে পারে তাই অণুগুলো একে অন্যের থেকে একটু দূরে সরে নতুন একটা সাম্য অবস্থা তৈরি করবে। সব অর্থে বখন একে অন্য থেকে দূরে সরে যাবে তখন আমাদের কাছে পুরো কঠিন বস্তুটাই একটু প্রসারিত হয়ে গেছে বলে মনে হবে।



চিত্র ৬.০৩: অণুগুলো একটি অন্তর্ভুক্ত সাথে শিখ সিঙ্গে স্কুল কল্পনা করে নেওয়া বাব।



চিত্র ৬.০৪: অপ ধ্রোগ করলে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য, অস্থায় এবং আরতন থেকে যাব।

তাপ প্রয়োগ করলে কঠিন বস্তুর দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা তিনি দিকেই সমানভাবে প্রসারিত হয় (চিত্র 6.04)। পদার্থের এই প্রসারণকে বিশ্লেষণ করার জন্য দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্রফল আর আয়তন প্রসারণ সহগ নামে তিনটি রাশি তৈরি করা হয়েছে।

$T_1$  তাপমাত্রার কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য যদি  $L_1$  হয় এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে সেটি  $T_2$  করার পর যদি দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেয়ে সেটি  $L_2$  হয় তাহলে দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ  $\alpha$  হচ্ছে:

$$\alpha = \frac{(L_2 - L_1)/L_1}{T_2 - T_1}$$

কাজেই

$$L_2 = L_1 + \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

একইভাবে  $T_1$  তাপমাত্রার কোনো বস্তুর ক্ষেত্রফল যদি  $A_1$  হয় এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে  $T_2$  করার পর ক্ষেত্রফলও যদি বেড়ে  $A_2$  হয় তাহলে ক্ষেত্রফল প্রসারণ সহগ  $\beta$  হচ্ছে:

$$\beta = \frac{(A_2 - A_1)/A_1}{T_2 - T_1}$$

কাজেই

$$A_2 = A_1 + \beta A_1 (T_2 - T_1)$$

ঠিক একইভাবে  $T_1$  তাপমাত্রায় যদি আয়তন  $V_1$  হয় এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে  $T_2$  করার পর যদি আয়তন বেড়ে  $V_2$  হয় তাহলে আয়তন প্রসারণ সহগ  $\gamma$  হচ্ছে:

$$\gamma = \frac{(V_2 - V_1)/V_1}{T_2 - T_1}$$

কাজেই

$$V_2 = V_1 + \gamma V_1 (T_2 - T_1)$$

তোমরা দেখতেই পাচ্ছ  $\alpha$ ,  $\beta$  এবং  $\gamma$  তিনটি রাশির এককই হচ্ছে  $K^{-1}$

$\text{মাত্রা } [\alpha] = [\beta] = [\gamma] = T^{-1}$



### উদাহরণ

ধরা:  $20^\circ C$  তাপমাত্রার তামার দায়ের দৈর্ঘ্য  $10\text{ m}$ ,  $120^\circ C$  তাপমাত্রার সভটির দৈর্ঘ্য  $10.0167\text{ m}$ , এর দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ কত?

উত্তর: দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ

$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1(T_2 - T_1)}$$

এখানে  $L_1 = 10 \text{ m}$

$$L_2 = 10.0167 \text{ m}$$

$$T_2 = 120^\circ \text{ C}$$

$$T_1 = 20^\circ \text{ C}$$

$$\alpha = \frac{10.0167m - 10m}{10m(120 \text{ } ^\circ\text{C} - 100 \text{ } ^\circ\text{C})} = 16.7 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

তোমরা উপরের উদাহরণগুলো থেকে দেখেছ কঠিন পদার্থের প্রসারণ সহগের মান আসলে খুবই কম। সে কারণে  $\alpha, \beta$  এবং  $\gamma$  এই তিনটি ভিন্ন ভিন্ন সহগের কিন্তু প্রয়োজন ছিল না। আমরা কাজ চালানোর জন্য শুধু দৈর্ঘ্য সহগটি ব্যাখ্যা করে নিলেই পারতাম। যেমন ধরা যাক ক্ষেত্রফল প্রসারণের ব্যাপারটি। আমরা দেখেছি:

$$A_2 = A_1 + \beta A_1(T_2 - T_1)$$

কিন্তু ক্ষেত্রফল  $A_1$  আসলে দৈর্ঘ্য এবং প্রস্থের গুণফল যদি এবং আমরা বর্গাকৃতির ক্ষেত্রফল ধরে নিই যার বাহুর দৈর্ঘ্য  $L_1$  তাহলে তাপমাত্রা বাড়ালে তার ক্ষেত্রফল হবে

$$A_2 = L_2^2 = [L_1 + \alpha L_1(T_2 - T_1)]^2$$

কিংবা

$$A_2 = L_1^2 + 2\alpha L_1^2(T_2 - T_1) + \alpha^2 L_1^2(T_2 - T_1)^2$$

কিন্তু

$$A_1 = L_1^2$$

কাজেই

$$A_2 = A_1 + 2\alpha A_1(T_2 - T_1) + \alpha^2 A_1(T_2 - T_1)^2$$

আমরা দেখেছি  $\alpha$  এর মান খুবই ছোট, কাজেই  $\alpha^2$  এর মান আরও ছোট, সত্যি কথা বলতে কি এটি এত ছোট যে উপরের সমীকরণে  $\alpha^2$  সহ পুরো অংশটুকু আমরা যদি পুরোপুরি বাদ দিই আমাদের বিশ্লেষণ বা হিসাবে এমন কিছু ক্ষতি বৃদ্ধি হবে না। তাই আমরা লিখতে পারি:

$$A_2 = A_1 + 2\alpha A_1(T_2 - T_1)$$

কিন্তু আমরা জানি

$$A_2 = A_1 + \beta A_1(T_2 - T_1)$$

### কাজেই নিশ্চয়ই:

$$\beta = 2\alpha$$

ঠিক একইভাবে আমরা  $L_1$  দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, উচ্চতা নিয়ে একটা কিউব কল্পনা করতে পারি  $T_1$  তাপমাত্রায় যার আয়তন  $V_1$  এবং তাপমাত্রা বাড়িয়ে  $T_2$  করার পর যার আয়তন হয়েছে  $V_2$ , কাজেই

$$V_2 = [L_1 + \alpha L_1(T_2 - T_1)]^3$$

একই যুক্তিতে এখানেও যদি  $\alpha^2$  এবং  $\alpha^3$  সহ অংশগুলোকে বাদ দিই আমাদের বিশ্লেষণ বা হিসাবের এমন কোনো ক্ষতি বৃদ্ধি হবে না। কাজেই শুধু প্রথম দুটি অংশ থাকবে অর্থাৎ

$$V_2 = L_1^3 + 3\alpha L_1^3(T_2 - T_1) \dots$$

কিন্তু আমরা জানি

$$V_1 = L_1^3$$

অর্থাৎ

$$V_2 = V_1 + 3\alpha V_1(T_2 - T_1)$$

কাজেই

$$V_2 = V_1 + \gamma V_1(T_2 - T_1)$$

কাজেই নিশ্চয়ই:

$$\gamma = 3\alpha$$

বাস্তব জীবনে আমাদের কঠিন পদার্থের প্রসারণের বিষয়টা সব সময়ই মনে রাখতে হয়। তোমরা নিশ্চয়ই রেললাইনের মাঝে ফাঁকাটি দেখেছ। তাপমাত্রার প্রসারণকে মনে রেখে এটা করা হয়েছে। প্রসারণের এই সুযোগটি না দিলে উত্তপ্ত দিনে রেললাইন আঁকাবাঁকা হয়ে যেতে পারত। বেশি মিটি খেয়ে এবং নিয়মিত দাঁত রাশ না করে তোমাদের ঘাদের দাঁতে কেভিটি হয়েছে তারা যখন ডেন্টিস্টের কাছে গিয়েছে তারা হয়তো লক্ষ করেছ একটা বিশেষ পদার্থ দিয়ে দাঁতের গতুটি বুজে দেওয়া হয়েছে। এই পদার্থটির প্রসারণ সহগ অনেক যত্ন করে দাঁতের প্রসারণ সহগের সমান করা হয়েছে। যদি প্রসারণ সহগ দাঁত থেকে কম হতো তাহলে গরম কিছু খাওয়ার সময় এটা দাঁতের সমান প্রসারিত না হয়ে খুলে আসত। আবার প্রসারণ সহগ বেশি হলে ঠাণ্ডা কিছু খাওয়ার সময় বেশি ছোট হয়ে দাঁত থেকে খুলে আসত। পদার্থবিজ্ঞান না পড়েও অনেক সাধারণ মানুষও তাপমাত্রায় প্রসারণের বিষয়টা জানে। তোমরা লক্ষ করে দেখবে কোনো কোটার মুখ আটকে গেলে সেটাতে গরম পানি ঢালা হয়। যেন এটা প্রসারিত হয়ে সহজে খুলে আসে।



### উদাহরণ

প্ৰমাণ: কাচের প্লাসে পৰম পানি তাঙ্গলে প্লাস কেটে যাব কেন?

উত্তৰ: কোনো কোনো অংশে হঠাতে কৰে তাপমাত্ৰা বেড়ে যাওয়াৰ কথোপ প্ৰসাৰণ বেশি হয়, সে কাৰণে প্লাস কেটে যাব।

প্ৰমাণ: সোনার ঘনত্ব  $19.30 \text{ gm/cc}$ , এৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ সহগ  $14 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  এৰ তাপমাত্ৰা  $100^{\circ}\text{ C}$  বাড়ালে ঘনত্ব কত হবে?

উত্তৰ: ঘনত্ব

$$\rho = \frac{m}{V}$$

বেধানে  $V$  হচ্ছে আয়তন এবং  $m$  হচ্ছে তাৰ। তাপমাত্ৰা বাড়ালে তাৰ এক থাকলেও আয়তন বেড়ে যাব। কাজেই  $100^{\circ}\text{ C}$  তাপমাত্ৰা বাড়ালে তাৰ আয়তন  $V'$  হবে:

$$V' = V + \gamma V(T_2 - T_1) = V(1 + 3\alpha \times 100)$$

$$\alpha = 14 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$V' = V(1 + 4.2 \times 10^{-3})$$

$$\rho' = \frac{m}{V'} = \frac{m}{V(1 + 4.2 \times 10^{-3})} = \frac{m}{V} \times 0.9958 = 0.9958\rho$$

$$\rho' = 0.9958 \times 19.30 \text{ gm/cc} = 19.22 \text{ gm/cc}$$

প্ৰমাণ: তাপমাত্ৰা বনি আৱো  $1000^{\circ}\text{C}$  বাড়ানো হয় তাহলে ঘনত্ব কত হবে?

উত্তৰ: সোনার গলনাবেক  $1064^{\circ}\text{C}$  কাজেই এই তাপমাত্ৰায় সোনা গলে যাবো

### 6.3.2 তৰল পদাৰ্থেৰ প্ৰসাৰণ

তৰল পদাৰ্থেৰ দৈৰ্ঘ্য বা ক্ষেত্ৰফল বলে কিছু নেই। তৰল পদাৰ্থেৰ শুধু আয়তন আছে। কাজেই তৰল পদাৰ্থেৰ প্ৰসাৰণ বলতে তাৰ আয়তন প্ৰসাৰণকৈবল বোকাৰ। তৰল পদাৰ্থেৰ প্ৰসাৰণ মাপার সময়

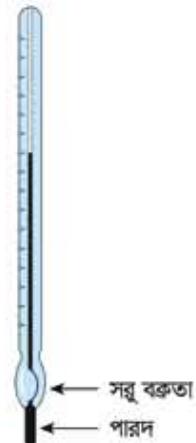
একটু সতর্ক থাকতে হয় কারণ তরল পদার্থকে সব সময়ই কোনো পান্যে রাখতে হয়, কাজেই প্রসারণ সহগ মাপতে চাইলে তখন তরলটিকে উন্নত করার চেষ্টা করা হয় তখন স্বাভাবিকভাবে পান্তির উন্নত হয়ে ওঠে এবং পান্তিরও একটি প্রসারণ হয়। কাজেই পান্যে তরল যে প্রসারণ দেখা যায় সেটা সত্ত্বিকারের প্রসারণ না, সেটা হচ্ছে আপাত প্রসারণ। কাজেই অকৃত প্রসারণ বের করতে হলে পান্যের প্রসারণের ব্যাপারটা সব সময়ই মনে রাখতে হবে। সাধারণত তরলের প্রসারণ কঠিন পদার্থের প্রসারণ থেকে বেশি হয়। যদি তা না হতো তাহলে আমরা আপাত প্রসারণটি হয়তো দেখতেই পেতাম না। মনে হতো আপাত সংকোচন।

তরল পদার্থের প্রসারণের সবচেয়ে সহজ উদাহরণ হচ্ছে ধার্মোমিটার। নানা রূক্ষ ধার্মোমিটার রয়েছে, তার মধ্যে ঘূর মাপার ধার্মোমিটার (চিত্র 6.05) সতর্কত তোমাদের কাছে সবচেয়ে পরিচিত। ধার্মোমিটারের পোড়ার একটা কাচের টিউবে পারদ থাকে। তাপ দেওয়া হলে পারদের আয়তন বেড়ে যাব এবং একটা খুব সরু নল বেয়ে উঠতে থাকে, কতদুর উঠেছে সেটা হচ্ছে তাপমাত্রার পরিমাপ। ঘূর মাপার সময় যেহেতু ধার্মোমিটারকে বগল থেকে কিংবা মুখ থেকে বের করে তাপমাত্রা দেখতে হয় তখন বেল পারদের কলাইটুকু কমে না যাব সেজল্য সরু নলটির পোড়ায় নলটিকে একটা খুব সরু বক্তা রাখা হয়। এ কারণে একবার প্রসারিত হয়ে উপরে উঠে পেলে তাপমাত্রা কমে যাবার পরও নেমে আসতে পারে না। বাঁকিরে নামাতে হয়।

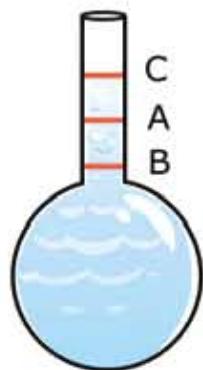
### অকৃত এবং আপাত প্রসারণ

আগেই বলা হয়েছে তরলকে সব সময় কোনো পান্যে রেখে উন্নত করতে হয়। তাপ দেওয়া হলে তরলটির সাথে সাথে পান্তিরও প্রসারণ হয়, তাই সত্ত্ব সত্ত্ব তরলের কঠুকু প্রসারণ হয়েছে সেটি বের করতে হলে পান্যের প্রসারণটুকু বিবেচনায় রাখতে হয়। এটি বিবেচনায় না রেখে তরলের প্রসারণ বের করা হলে আমরা সেটাকে বলি আপাত প্রসারণ। পান্যের প্রসারণটি বিবেচনায় রেখে তরলের প্রসারণ বের করা হলে সেটি হবে সত্ত্বিকার প্রসারণ বা অকৃত প্রসারণ।

একটা সরু নলবিশিষ্ট কাচের বাবে A দাপ পর্যন্ত তরলে ভর্তি করে যদি বাহুটিকে গরম করা হয় তাহলে আমরা দেখব প্রথমে তরলের



চিত্র 6.05: ঘূর মাপার ধার্মোমিটারে পারদ যেন নেমে যেতে না পান্যে সেজল্য টিউবে সূख বক্তা তৈরি করা হয়।



চিত্র 6.06: সত্ত্বিকার এবং আপাত প্রসারণ।

উচ্চতা B তে লেয়ে এসেছে (চিত্র 6.06)। এটি ষষ্ঠিতে কাৰণ তাপ দেখাবলৈ পৱন তরলটিৰ তাপমাত্ৰা বাঢ়াৰ আগে বাস্তিৰ তাপমাত্ৰা বেড়ে যাবে এবং তাৰ প্ৰসাৰণ হবে, অৰ্থাৎ বাস্তি একটুখনি বড় হৰে যাবে।

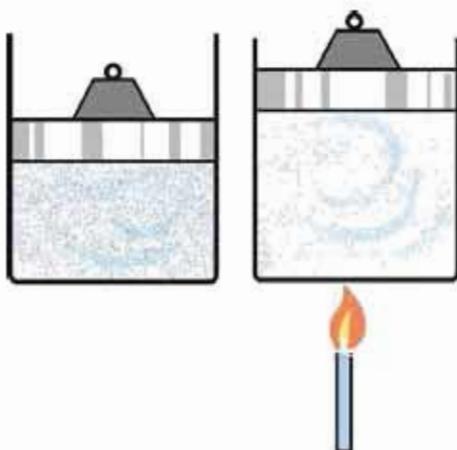
যদি আমৰা তাৰপৰণও তাপ দিতে থাকি তাহলে তৱলাটিৰ উচ্চতা বাঢ়তে থাকবে। যেহেতু তৱলেৰ প্ৰসাৰণ বেশি তাই আমৰা দেখব তৱলাটি A থেকে অভিস্থৰণ কৰে শেষ পৰ্যন্ত C উচ্চতায় পৌছেছে।

নলটিৰ প্ৰস্থজ্ঞেদকে দিয়ে যদি AB উচ্চতাকে গুণ দিই তাহলে আমৰা পাইটিৰ প্ৰসাৰণ ( $V_B$ ) পাৰ। যদি BC উচ্চতাকে গুণ দিই তাহলে তৱলেৰ অকৃত প্ৰসাৰণ ( $V_L$ ) পাৰ। এখানে আপাত প্ৰসাৰণ ( $V_a$ ) হচ্ছে

$$V_a = V_L - V_B$$

### 6.3.3 গ্যাসেৰ প্ৰসাৰণ

কঠিন পদাৰ্থৰ আকাৰ আৱ আয়তন দুটিই আছে তাই তাৰ প্ৰসাৰণ বুৰাতে কোনো সমস্যা হয়নি। তৱলেৰ নিৰ্দিষ্ট আকাৰ না থাকলেও তাৰ আয়তন আছে, তাই তাৰ প্ৰসাৰণও আমৰা ব্যাখ্যা কৰতে



চিত্র 6.07: তাপ প্ৰয়োগ কৰলে বাতাসেৰ আয়তন  
বেড়ে যাৰ।

পাৰি কিম্বা মাপতে পাৰি। গ্যাসেৰ বেলাৰ বিষয়টা বেশ মজাৰ। তাৰ কাৰণ তাৰ নিৰ্দিষ্ট আকাৰ তো নেই-ই, তাৰ নিৰ্দিষ্ট আয়তনও নেই, গ্যাসকে যে পাত্ৰে ঢোকানো হবে গ্যাসটি সাথে সাথে সেই পাত্ৰে আয়তন নিয়ে লেবো একই পৰিমাণ গ্যাস ভিন্ন ভিন্ন আয়তনেৰ পাত্ৰে ঢোকানো হলে তাৰ চাপ হয় ভিন্ন। কাজেই আমৰা ঠিক কৰে নিতে পাৰি, যদি গ্যাসেৰ আয়তন বৃদ্ধি মাপতে চাই তাহলে লক রাখতে হবে তাৰ চাপেৰ বেল পৰিবৰ্তন না হয়। 6.07 চিত্রে যে রকম দেখানো হয়েছে। একটা সিলিঙ্গারেৰ পিস্টনেৰ উপৰ নিৰ্দিষ্ট ওজনেৰ কিছু একটা রাখা হয়েছে, যেন এটা সব সময়ই সিলিঙ্গারেৰ আবক্ষ গ্যাসকে সমান চাপ দেয়।

তৱল কিম্বা কঠিন পদাৰ্থকে চাপ দিয়ে কুৰ বেশি সংকুচিত কৰা যাব না। কিন্তু গ্যাসকে কুৰ সহজে সংকুচিত কৰা যাব। তাই প্ৰথমেই আমাদেৱ গ্যাসেৰ তাপ আৱ আয়তনেৰ মাধ্যে সংলগ্নিটা জানা দয়কাৰ। এটাকে বলে আদৰ্শ গ্যাসেৰ সূত্ৰ এবং এটা হচ্ছে

$$PV = nRT$$

এখনে  $P$  হচ্ছে চাপ,  $V$  হচ্ছে আয়তন,  $n$  হচ্ছে গ্যাসের পরিমাণ (মোলে মাপা)  $R$  একটি ধূবক ( $8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ) এবং  $T$  হচ্ছে কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা।

এখন আমরা গ্যাসের জন্য প্রসারণ সহগ বের করতে পারি। একটা নির্দিষ্ট চাপে যদি  $T_1$  তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন হয়  $V_1$  এবং  $T_2$  তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন হয়  $V_2$  তাহলে গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগ  $\beta_p$  হচ্ছে:

$$\beta_p = \frac{(V_2 - V_1)/V_1}{T_2 - T_1}$$

আমরা জানি

$$PV_1 = nRT_1$$

$$PV_2 = nRT_2$$

কাজেই

$$P(V_2 - V_1) = nR(T_2 - T_1)$$

বাম পাশে  $PV_1$  এবং ডান পাশে  $nRT_1$  দিয়ে ভাগ দিয়ে:

$$\frac{V_2 - V_1}{V_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_1}$$

কাজেই

$$\frac{(V_2 - V_1)/V_1}{T_2 - T_1} = \frac{1}{T_1}$$

অর্থাৎ

$$\beta_p = \frac{1}{T_1}$$

কাজেই দেখতেই পাচ্ছ গ্যাসের প্রসারণের সহগ মোটেই কোনো ধূর সংখ্যা নয়। এটা তাপমাত্রার বিপরীত ( $T_1^{-1}$ ) অর্থাৎ তাপমাত্রা যত কম হবে গ্যাসের প্রসারণ হবে তত বেশি। অন্যভাবে বলা যায় একটি নির্দিষ্ট চাপে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গ্যাসের তাপমাত্রা এক ডিগ্রি বাড়ালে তার যেটুকু প্রসারণ হবে একই চাপে কিন্তু কম তাপমাত্রায় গ্যাসের তাপমাত্রা এক ডিগ্রি বাড়ালে প্রসারণ হবে তার থেকে বেশি।



## নিজে করো

দুটি বেলুন নাও, একটিতে খানিকটা পানি ভরো, অন্যটিতে সমান আয়তনের বাতাস। এবাবে দুটোই গরম পানিতে কিছুক্ষণ ফুটিয়ে রাখো, দেখবে পানি ভরা বেলুনটির আকার আগের মতোই আছে, কারণ তাপে তরলের সেরকম প্রসারণ হয় না কিন্তু বাতাস ভরা বেলুনটি অনেকখানি ফুলে উঠেছে, কারণ তাপে গ্যাসের প্রসারণ তরল থেকে অনেক বেশি।

### ৬.৪ পদার্থের অবস্থার পরিবর্তনে তাপের প্রভাব (Effect of Temperature on Change of State)

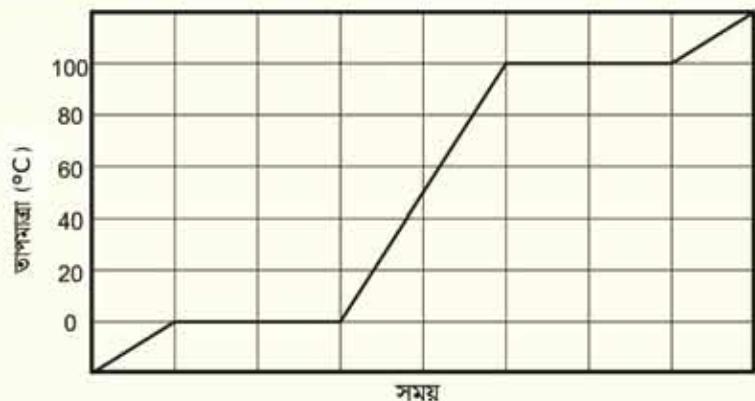
তোমরা ইতিমধ্যে জেনে পেছ সব পদার্থ অপু দিয়ে তৈরি এবং কঠিন পদার্থ অপুস্তোলো নির্দিষ্ট অবস্থানে থেকে একে অন্যকে আটকে রাখে। তাপ দেওয়া হলে এগুলোর কলান থেকে বায় এবং আণবিক বক্সন শিথিল হয়ে একে অন্যের উপর গড়াগড়ি থেকে নড়তে শুরু করে এবং আটকে আমরা বলি তরল। তাপমাত্রা যদি আরো বেকে বায় তখন অপুস্তোলো মৃত্ত হয়ে ছেটাছুটি শুরু করে, তাকে আমরা বলি গ্যাস। এই ব্যাপারটি আমরা এখন আরেকটু পজীরভাবে দেখব এবং পদার্থের অবস্থার পরিবর্তনের সাথে সম্পর্ক আছে এ রূপ বিভিন্ন রাশির সাথে পরিচিত হব।

একটা কঠিন পদার্থকে যখন তাপ দেওয়া হয় তখন তার তাপমাত্রা বাঢ়তে থাকে। (কী হাবে তাপমাত্রা বাঢ়বে এবং সেটা কিসের উপর নির্ভর করে সেটা আমরা একটু পরেই জেনে বাব।) তাপমাত্রা (একটা নির্দিষ্ট চাপে) একটা নির্দিষ্ট যানে পৌঁছালে কঠিন পদার্থটি গলতে শুরু করে। এই প্রক্রিয়াটার নাম গলন এবং যে তাপমাত্রায় গলন শুরু হয় সেটাকে বলে গলনাবক। আমরা যদি কঠিন পদার্থের তাপমাত্রা যাগতে থাকি তাহলে একটু অবাক হয়ে লক্ষ করব যখন গলন শুরু হয়েছে তখন তাপ দেওয়া সহ্য খানিকটা কঠিন খানিকটা তরলের এই শিথিলের তাপমাত্রা আর বাঢ়ছে না, (৬.০৪ চিহ্নে যে রূপ দেখানো হয়েছে) এই সময়টিতে তাপ কঠিন পদার্থের অপুস্তোলোর তেতুনকার আন্তঃস্থাপিক বন্ধনকে শিথিল করতে ব্যয় হয়। তাই অপুস্তোলকে আরো পাতলীল করতে পারে না বলে তাপমাত্রা বাঢ়তে পারে না। গলন চলাকালীন নির্দিষ্ট গলনাবক যে পরিমাণ তাপ দিয়ে পুরো কঠিন পদার্থকে তরলে রূপান্তর করতে হয় সেই তাপকে বলা হয় গলনের সূচিতাপ।

একবার পুরো কঠিন পদার্থটি তরলে রূপান্তরিত হওয়ার পর তাপমাত্রা আবার বাঢ়তে শুরু করে (৬.০৪ চিহ্নে যে রূপ দেখানো হয়েছে) তাপমাত্রা বাঢ়তে বাঢ়তে এক সময় তরল পদার্থটি গ্যাসে পরিবর্তন

হতে শুরু করে। এই প্রক্রিয়াটির নাম বাল্কীভবন এবং যে তাপমাত্রার বাল্কীভবন ঘটে সেটাকে বলে স্কুটনাক। আবার সবাইকে মনে করিয়ে দেওয়া হচ্ছে এই স্কুটনাক তাপের উপর নির্ভর করে।

যখন বাল্কীভবন প্রক্রিয়া শুরু হয় তখন তরলের অণুগুলো তাপশক্তি নিয়ে প্রস্তরের সাথে যে আধিক বন্ধন আছে সেটা থেকে মুক্ত হতে শুরু করে। গলনের মতো এখানেও যদিও তাপ দেওয়া হয়, তাতে তরলের তাপমাত্রা কিন্তু বাঢ়ে না। তরলকে বাল্কীভূত করার সময় যে পরিমাণ তাপ দিয়ে পুরো তরল পদার্থকে গ্যাসে পরিণত করা হয় সেই তাপকে বলা হয় বাল্কীভবনের সূচিতাপ। পুরো তরলটা গ্যাসে রূপান্তর করার পর তাপ দিতে থাকলে গ্যাসের তাপমাত্রা আবার বাঢ়তে থাকে। তাপমাত্রা মোটায়ুটি অচিন্তনীয় পর্যায়ে নিতে গুরুতে অণুগুলো আঘাতিত হতে শুরু করবে এবং প্লাজ্যা নামে পদার্থের চতুর্থ অবস্থা শুরু হবে, কিন্তু সেটি অন্য ব্যাপার।



চিত্র ৬.০৪: তাপ প্রয়োগ করার সময় গলনাক এবং স্কুটনাকের তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় না।

তাপ দিয়ে কঠিন থেকে তরল এবং তরল থেকে গ্যাসে রূপান্তরের এই প্রক্রিয়ার অন্তর্গত একটি উদাহরণ আমরা সবাই দেখেছি, সেটি হচ্ছে বরফ, পানি এবং বাল্প। আমরা যদিও সরাসরি গলনের সূচিতাপ কিংবা বাল্কীভবনের সূচিতাপ দেখি না। কিন্তু তার একটা প্রভাব অনেক সময় অনুভব করেছি। অনেক ভিত্তে কিংবা আবশ্য জারপায় পরমে ছটফট করে আমরা যদি হঠাতে খোলা জারপায় কিংবা বাতাসে আসি তখন শরীর শীতল হয়ে জুড়িয়ে থার। তার কারণ খোলা জারপায় আসার পর শরীর থেকে ঘায় বাল্কীভূত হওয়ার সময় বাল্কীভবনের সূচিতাপটুকু শরীর থেকে নিয়ে নেয়। এবং শরীরটাকে শীতল করে দেয়।

তাপ দিয়ে কঠিন থেকে তরল, তরল থেকে গ্যাসে যে অক্ষম রূপান্তর করা হয় তার উল্লেখ প্রক্রিয়াটিও কিন্তু ঘটে। তাপ সরিয়ে নিলে একটা গ্যাস প্রথমে তরল, তারপর ফঠিল হতে পারে। বায়বীয় অবস্থা

থেকে তরল অবস্থায় রূপান্তরিত হওয়াকে ঘনীভবন (Liquification) বলে। তরল অবস্থা থেকে কঠিন অবস্থায় রূপান্তরিত হওয়াকে কঠিনীভবন (Solidification) বলে।

আমরা পদার্থের অবস্থানের সময় বলেছি কঠিন থেকে তরল কিংবা তরল থেকে গ্যাসে রূপান্তরের জন্য একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছাতে হয়। কিন্তু সেই তাপমাত্রায় না পৌঁছেও কিন্তু কঠিন থেকে তরল, তরল থেকে গ্যাস কিংবা সরাসরি কঠিন থেকে গ্যাসে রূপান্তর হতে পারে। আমরা যদি পদার্থের আণবিক মডেলে ফিরে যাই তাহলে বিষয়টা বোঝা মেটেও কঠিন নয়। একটা অণু যদি কোনোভাবে যথেষ্ট শক্তি পেয়ে যায় এবং তার কারণে যদি তার গতিশক্তি যথেষ্ট বেড়ে যায় যে সেটি কঠিন পদার্থ কিংবা তরল পদার্থের পৃষ্ঠদেশ থেকে বের হয়ে আসতে পারে। কঠিন কিংবা তরলের পৃষ্ঠদেশে যেহেতু বাইরের বাতাস থেকে অসংখ্য অণু ক্রমাগত আঘাত করছে তাই তাদের আঘাতে কখনো কখনো কঠিন কিংবা তরলের কোনো কোনো অণু মুক্ত হয়ে যাবার মতো শক্তি পেয়ে যেতে পারে। তাই পৃষ্ঠদেশ যত বিস্তৃত হবে এই প্রক্রিয়াটি তত বেশি কাজ করবে। আমরা সবাই এই প্রক্রিয়াটি দেখেছি একটা ভেজা জিনিস এমনিতেই শুকিয়ে যায় এর জন্য এটাকে স্ফুটনাঙ্কের তাপমাত্রায় নিতে হয় না। শুকিয়ে যাওয়া মানেই তরল পদার্থের অণুর বাস্পায়িত হয়ে যাওয়া। যেকোনো তাপমাত্রায় এই প্রক্রিয়া ঘটতে পারে এবং এই প্রক্রিয়াটার নাম বাস্পায়ন (Evaporation)।

পানির বাস্পায়নের সময় পানি যে রকম তার বাস্পীভবনের সুগ্রতাপটুকু নিয়ে নেয়, এর উল্লেটাও সত্যি। যদি কোনো প্রক্রিয়ায় বাস্প পানিতে রূপান্তরিত হয় তখন সেটি তাপ সরবরাহ করে। ঘূর্ণিঝড়ের সময় সমুদ্রের জলীয় বাস্পে ভরা বাতাস উপরে উঠে যখন জলকণায় রূপান্তরিত হয় তখন বাস্পীভবনের সুগ্রতাপটা শক্তি হিসেবে বের হয়ে আসে। এই শক্তিটা ঘূর্ণিঝড়ের প্রচণ্ড শক্তি হিসেবে কাজ করে।

## বাস্পায়নের নির্ভরশীলতা

তোমরা নিচয়ই লক্ষ করেছ বর্ষাকালের বৃষ্টিভেজা দিনগুলোতে ভেজা কাপড় কিছুতেই শুকাতে চায় না। আবার শীতকালে ঘরের ভেতর ছায়াতেও একটা কাপড় ধুয়ে শুকাতে দিলে সেটি শুকিয়ে যায়। কাপড় ধুয়ে শুকাতে দিলে সব সময় কাপড়টি ভালো করে মেলে দিতে হয়, ভেজা কাপড় ভাঁজ হয়ে থাকলে সেই জায়গাটুকু ভেজা থেকে যায়। ভেজা কাপড় শুকানোর বিষয়টি পানির বাস্পায়ন ছাড়া আর কিছু না, কাজেই তোমরা দেখতেই পাচ্ছ পানির বাস্পায়ন বেশ কিছু বিষয়ের উপর নির্ভর করে। সত্যি কথা বলতে কি পানির জন্য যেটা সত্যি অন্যান্য তরলের বেলাতেও সেটা সত্যি, তাই আমরা সাধারণভাবেই একটা তরলের বাস্পায়ন কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে তার একটা তালিকা করতে পারি:

**বাতাসের প্রবাহ: বাতাসের প্রবাহ বেশি হলে বাস্পায়ন বেশি হয়।**

**তরলের উপরিভাগের ক্ষেত্রফল:** তরলের উপরিভাগের ক্ষেত্রফল যত বেশি হবে বাস্পায়ন তত বেশি হবে। এক প্লাস পানি বাস্পীভূত হতে অনেক সময় নেবে কিন্তু সেই পানিটা বড় থালায় ঢেলে দিলে অনেক তাড়াতাড়ি শুকিয়ে যাবে।

**তরলের প্রকৃতি:** তরলের স্ফুটনাঙ্ক কম হলে বাস্পায়ন বেশি। উদ্বায়ী তরলের বাস্পায়ন সবচেয়ে বেশি।

**বাতাসের চাপ:** বাতাসের চাপ যত কম হবে বাস্পায়নের হার তত বেশি। শূন্যস্থানে বাস্পায়ন সবচেয়ে বেশি, তাই খাদ্য সংরক্ষণের জন্য খাবারকে শুকাতে পাম্প দিয়ে বাতাস বের করে নেওয়া হয়।

**উষ্ণতা:** তরল এবং তরলের কাছাকাছি বাতাসের উষ্ণতা বেশি হলে বাস্পায়ন বেশি হয়।

**বায়ুর শুক্রতা:** বাতাস যত শুক্র হবে তরল তত তাড়াতাড়ি বাস্পায়ন হবে।

## 6.5 আপেক্ষিক তাপ (Specific Heat)

তাপ, তাপমাত্রা এবং এর সাথে সম্পর্ক রয়েছে এ রকম অনেকগুলো বিষয় নিয়ে আলোচনা করা হলেও, একটা বস্তুর তাপমাত্রা কতটুকু বাড়াতে হলে সেখানে কতটুকু তাপ দিতে হবে সেটি এখানো আলোচনা করা হয়নি। তোমরা হয়তো লক্ষ করে থাকবে খানিকটা পানিকে উত্তৃত করতে বেশ অনেকক্ষণ চুলার ওপর রেখে সেটাতে তাপ দিতে হয়। প্রায় সম্পরিমাণ ধাতব কোনো বস্তুকে সেই একই তাপমাত্রায় উত্তৃত করতে কিন্তু মোটেও বেশি সময় উত্তৃত করতে হয় না। এর কারণ পানির আপেক্ষিক তাপ বেশি সেই তুলনায় ধাতব পদার্থের আপেক্ষিক তাপ অনেক কম।  $1\text{ kg}$  পদার্থের তাপমাত্রা  $1\text{ K}$  বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন সেটি হচ্ছে ঐ পদার্থের আপেক্ষিক তাপ। অর্থাৎ যদি  $m$  ভরের কোনো পদার্থকে  $T_1$  থেকে  $T_2$  তাপমাত্রায় নিতে  $Q$  তাপের প্রয়োজন হয় তাহলে আপেক্ষিক তাপ  $s$  হচ্ছে:

$$s = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)}$$

আপেক্ষিক তাপের একক  $\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$

তাপ ধারণক্ষমতা  $C$  বলতে বোঝানো হয় একটা বস্তুর তাপমাত্রা  $1\text{ K}$  বাড়াতে কত তাপের প্রয়োজন। আপেক্ষিক তাপ হচ্ছে  $1\text{ kg}$  ভরের তাপমাত্রা  $1\text{ K}$  বাড়াতে কত তাপের প্রয়োজন। তাই বস্তুর আপেক্ষিক তাপ জেনে নিলে আমরা খুব সহজেই যেকোনো বস্তুর তাপ ধারণক্ষমতা  $C$  বের করতে পারব। কারণ বস্তুর ভর যদি  $m$  হয়, আপেক্ষিক তাপ  $s$  হয় তাহলে

$$C = ms$$

১০ kg সোনার তাপ ধাৰণক্ষমতা হচ্ছে

$$C = 10 \times 230 \text{ JK}^{-1} = 2300 \text{ JK}^{-1}$$

সে কৃলনায় 10 kg পানিৰ তাপ ধাৰণক্ষমতা

$$C = 10 \times 4200 \text{ JK}^{-1} = 42,000 \text{ JK}^{-1} \text{ আৱ 20 গুণ বেশি।}$$

তাৰ অৰ্থ সোনা কিংবা অন্য কোনো ধাতুকে চট কৰে উৎস্ত কৰা যাব কিন্তু পানিকে এত সহজে উৎস্ত কৰা যাব না।

## ৬.৬ ক্যালোরিমিত্ৰ মূলনীতি (Fundamental Principles of Calorimetry)

শীতকালে শোসল কৰাৰ সময় অনেক সময়ই আমৰা বালতিৰ ঠাণ্ডা পানিতে ধানিকটা আৱ ফুট্টত পৱন পানি ঢেলে দিই। ফুট্টত গৱম পানি বালতিৰ শীতল পানিকে তাপ দিতে দিতে ঠাণ্ডা হতে থাকে। বালতিৰ শীতল পানিও গৱম ফুট্টত পানি থেকে তাপ দিতে নিতে উৎস্ত হতে থাকে। কিছুক্ষণেৰ মাবে দেখা যাব উৎস্ত পানিৰ তাপমাত্ৰা কমে এবং শীতল পানিৰ তাপমাত্ৰা বেড়ে পুৱো পানিটুকুই একটা আৱামদায়ক উৎস্তায় চলে এসেছে।

আমৰা ইচ্ছে কৰলেই কোন পদাৰ্থৰ কোন তাপমাত্ৰার বস্তুৰ সাথে অন্য কোন তাপমাত্ৰার কোন বস্তু মেশালৈ কে কতটুকু তাপ দেবে বা দেবে এবং শেষ পৰ্যন্ত কত তাপমাত্ৰাৰ পৌছাবে এই বিবৰণগুলো বেৱে কৰে ফেলতে পাৰিব। তা কৰতে হলো আমদেৱ শুধু কয়েকটা নিয়ম মনে রাখতে হবে:

- (i) বেশি তাপমাত্ৰার বস্তু কম তাপমাত্ৰার বস্তুৰ কাছে তাপ দিতে থাকবে যতক্ষণ পৰ্যন্ত না দুটো তাপমাত্ৰাই সমান হয়।
- (ii) উৎস্ত বস্তু যতটুকু তাপ পৱিষ্যাগ কৰবে, শীতল বস্তু ঠিক ততটুকু তাপ শেঁথ কৰবে।  
(আমৰা ধৰে নিয়েছি এই প্ৰক্ৰিয়াতে অন্য কোনোভাৱে কোনো তাপ নাউ হচ্ছে না।)



### উদাহৰণ

ঘঞ্চ:  $30^{\circ} \text{ C}$  তাপমাত্ৰায় 1 liter পানিতে 100 gm শুভনেৰ এক টুকুৱো বৰফ ছেড়ে দেওয়া হলো। পুৱো বৰফটি গলে ধাৰাৰ পৱ মোট পানিৰ তাপমাত্ৰা কত হবে? (বৰফৰেৰ সুস্ততাপ  $L = 334 \text{ kJ/kg}$ )

**উত্তর:** বরফের তাপমাত্রা  $0^{\circ}\text{C}$  থেকে নিই।

$$\text{বরফের ভর } m_1 = 100 \text{ gm} = 0.1 \text{ kg}$$

$$1 \text{ liter পানির ভর } m_2 = 1 \text{ kg}$$

$$\text{পানির আপেক্ষিক তাপ } s = 4.2 \times 10^3 \text{ J}/^{\circ}\text{C}$$

বরফটুকু গলতে এবং বরফ গলা পানির চূড়ান্ত তাপমাত্রায় পৌঁছাতে যে তাপের প্রয়োজন হবে সেই তাপটুকু  $1 \text{ kg}$  পানিকে সরবরাহ করতে হবে। ধরা যাক পানির চূড়ান্ত তাপমাত্রা  $T$ , তাহলে বরফ যে পরিমাণ তাপ গ্রহণ করবে সেগুলো হলো:

$$\text{গলার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ: } m_1 L$$

$$\text{গলার পর } 0^{\circ}\text{C} \text{ থেকে } T \text{ পর্যন্ত তাপমাত্রা বাড়ার জন্য তাপ: } m_1 s(T - 0)$$

এই তাপগুলো সরবরাহ করবে বাকি  $m_2$  পরিমাণ পানি, কাজেই তার তাপমাত্রা কমে যাবে। অর্থাৎ:

$$\text{তাপ সরবরাহ করা হবে: } m_2 s(30^{\circ}\text{C} - T)$$

দুটো তাপ সমান হতে হবে। কাজেই:

$$m_1 L + m_1 sT = m_2 s(30^{\circ}\text{C} - T)$$

$$T = \frac{30^{\circ}\text{C} \times m_2 s - m_1 L}{(m_1 + m_2)s}$$

$$T = \frac{30 \times 1 \times 4.2 \times 10^3 - 0.1 \times 334 \times 10^3}{(1 + 0.1)4.2 \times 10^3} = 20^{\circ}\text{C}$$

**প্রশ্ন:**  $75^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার  $2 \text{ liter}$  পানিতে  $20^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার  $1 \text{ liter}$  পানি যোগ করা হলে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত?

**উত্তর:** ধরা যাক চূড়ান্ত তাপমাত্রা  $T$  তাহলে  $2 \text{ liter}$  পানির তাপমাত্রা  $75^{\circ}\text{C}$  থেকে কমে সেটি  $T$  তে পৌঁছাবে। এই তাপটুকু গ্রহণ করে  $1 \text{ liter}$  পানির তাপমাত্রা  $20^{\circ}\text{C}$  থেকে বেড়ে  $T$  তে পৌঁছাবে। কাজেই

$$1 \text{ liter পানির ভর } m_1 = 1 \text{ kg}$$

$$2 \text{ liter পানির ভর } m_2 = 2 \text{ kg}$$

$$m_1 s(75^\circ \text{ C} - T) = m_2 s(T - 20^\circ \text{ C})$$

$$T = \frac{(75m_1 + 20m_2)s}{(m_1 + m_2)s} {}^\circ\text{C} = \frac{75 \times 2 + 20}{2 + 1} {}^\circ\text{C} = 56.6 {}^\circ\text{C}$$

**প্রশ্ন:**  $120 {}^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় উন্নত 10 gm ওজনের এক টুকরো লোহা একটা পাত্রে রাখা  $30 {}^\circ\text{C}$  তাপমাত্রার 1 kg পানিতে ছেড়ে দেওয়া হলো। পানির তাপমাত্রা কত হবে?

**উত্তর:** লোহার ভর  $m_1 = 0.01 \text{ kg}$

পানির ভর  $m_2 = 1 \text{ kg}$

লোহার আপেক্ষিক তাপ  $s_1 = 0.45 \times 10^3 \text{ J/}{}^\circ\text{C}$

পানির আপেক্ষিক তাপ  $s_2 = 4.2 \times 10^3 \text{ J/}{}^\circ\text{C}$

লোহার টুকরো ঘতটুকু তাপ হারাবে পানি ঠিক ততটুকু তাপ গ্রহণ করবে। কাজেই লোহার চূড়ান্ত তাপমাত্রা  $T$  হলো

$$m_1 s_1 (120 {}^\circ\text{C} - T) = m_2 s_2 (T - 30 {}^\circ\text{C})$$

$$T = \frac{120m_1s_1 + 30m_2s_2}{m_1s_1 + m_2s_2} = \frac{120 \times 0.01 \times 0.45 \times 10^3 + 30 \times 1 \times 4.2 \times 10^3}{0.01 \times 0.45 \times 10^3 + 1 \times 4.2 \times 10^3} {}^\circ\text{C}$$

$$T = 30.1 {}^\circ\text{C}$$

## 6.7 গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্কের ওপর চাপের প্রভাব

### (Effect of Pressure on Melting Point and Boiling Point)

চাপ দেওয়া হলে পদার্থের গলনাঙ্ক কমে যায়, তাই দুই টুকরা বরফকে চাপ দিয়ে এক টুকরো বরফে পরিণত করে ফেলা যায়। বরফের যেখানে চাপ পড়েছে সেখানে গলনাঙ্ক কমে যায় বলে বরফের তাপমাত্রাতেই স্থানকার বরফ গলে যায়, চাপ সরিয়ে নিলে গলনাঙ্ক আগের মান ফিরে পায় তখন গলে যাওয়া পানি আবার বরফে পাল্টে গিয়ে একটা বরফ খণ্ড হয়ে যায়। একটা বরফের ওপর একটা তার এবং তারের দুই পাশে দুটি ওজন ঝুলিয়ে দিলে মনে হবে তারটি বরফকে কেটে দুই

টুকরো করে ফেলেছে, কিন্তু বরফটি পরীক্ষা করলে দেখা যাবে সেটি অবশ্য এক টুকরো বরফই আছে (চিত্র ৬.০৭)।

চাপের কারণে স্ফুটনাইজের পরিবর্তন হয়। চাপ কম হলে স্ফুটনাইজ করে যায়, চাপ বেশি হলে স্ফুটনাইজ বেড়ে যায়। এজন্য আরো পর্যবেক্ষণ করে অনেক উচ্চতায় যাওয়া তালের রাঙ্গা করতে সময় বেশি নেওয়া। বাড়ান্তের চাপ কম হলে সেখানে পানি ঝুলন্তামূলকভাবে কম তাপমাত্রায় ফুটতে থাকে। তাই তাপমাত্রা বাড়ানো যাওয়া না, সেজন্য রাঙ্গা করতে সময় বেশি লাগে। একই কারণে প্রেশার কুকার তৈরি হয়েছে, এটি আসলে একটি নিশ্চিহ্ন পান্তি, তাই রাঙ্গা করার সময় বাঢ়ি আবশ্য হয়ে চাপ বাড়িয়ে দেয় এবং সে কারণে পানির স্ফুটনাইজ বেড়ে যাওয়া বলে বেশি তাপমাত্রায় পানি ফুটতে থাকে। তাপমাত্রা বেশি বলে রাঙ্গাও করা যাব তাড়াতাড়ি।



চিত্র ৬.০৭: একটি বরফ খড়কে সূজ তালের চাপ দিয়ে কাটা সত্ত্ব।

গ্যাসকে চাপ দিলে তার গলনাইজ বেড়ে যাব তাই খুব বেশি শীতল না করেই চাপ বাড়িয়ে গ্যাসকে তরল করা যায়। তখন অবশ্য অনেক তালের সৃষ্টি হয়, সেই তাপকে সরিয়ে নেওয়ার ব্যবস্থা করতে হয়।

## অনুশীলনী



### সাধারণ প্রশ্ন

- একটি কাচের পাত্রে পানদ রেখে উচ্চত করা হলে প্রথমে পানদের উচ্চতা কমে তারপর বাঢ়তে থাকবে। কেন?
- মহাশূন্যে যেখানে কোনো অশু-পরমাণু নেই সেখানে কি তাপমাত্রার অস্তিত্ব আছে?
- অনেক ভিত্তির ভেতরে আগস্ট মাসের প্রথম দিনে খোলা জাহাঙ্গীর এলে শীতল অনুভব করি কেন?
- কাচের প্লাসে পানিতে বরফ দিলে প্লাসের গায়ে বিন্দু বিন্দু পানি জমে কেন?
- প্রেশার কুকারে তাড়াতাড়ি রাঙ্গা করা যাব কেন?



## গাণিতিক প্রশ্ন

- বিজ্ঞানী সেলসিয়াস যে থার্মোমিটাৰ প্ৰৱৰ্তন কৱেছিলেন সেই থার্মোমিটাৰে বৰফকেৰ গলনাঙ্ক ছিল  $100^{\circ} \text{ C}$ , পানিৰ বাল্কীভৰণ ছিল  $0^{\circ} \text{ C}$ । সেই থার্মোমিটাৰেৰ কোন তাপমাত্রাক সেলসিয়াস এবং কাৰেনহাইট তাপমাত্রাক সমান?
- কোন তাপমাত্রাক সোনাৰ ঘনত্ব  $0.001\%$  কমে থাবে?
- একটা উভ্যত  $1 \text{ gm}$  অজনেৰ লোহাৰ টুকুৰা  $30^{\circ} \text{ C}$  তাপমাত্রায়  $1 \text{ liter}$  পানিতে হেফে দেওয়াৰ পৰ পানিৰ তাপমাত্রা  $15^{\circ} \text{ C}$  বেফে গেল। লোহাৰ টুকুৱাটিৰ তাপমাত্রা কত ছিল?
- $0^{\circ} \text{ C}$  তাপমাত্রাক  $1 \text{ gm}$  বৰফকে প্ৰতি সেকেন্ডে  $10 \text{ J}$  কৱে তাপ হ্ৰাস কৰা হলে কতকৃত পৰ পুৱোটি বাল্কীভূত হবে?
- একটি নিশ্চিন্ত সিলিভাৰে আৰম্ভ গ্যাসেৰ তাপমাত্রা  $30^{\circ} \text{ C}$  থেকে বাড়িয়ে  $100^{\circ} \text{ C}$  কৰা হলে গ্যাসেৰ চাপ কত শতাংশ বেফে থাবে?



## বহুনিৰ্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তৰটিৰ পাশে টিক ( ✓ ) চিহ্ন দাও

- ৱেলশাইন নিৰ্মাণেৰ সময় দুটি ৱেল যেখানে মিলিত হয় সেখানে একটু ফাঁকা রাখা হয় কেন?
  - লোহা সাধাৰণ কৰাৰ জন্য
  - গ্ৰীষ্মকালে ৱেলশাইনেৰ তাপমাত্রা বৃদ্ধি হ্যাস কৰাৰ জন্য
  - ৱেলগাঢ়ি চলাৰ সময় খটখট শব্দ কৰাৰ জন্য
  - তাপীয় অসামৰণেৰ জন্য ৱেলশাইনেৰ বিকৃতি পৰিহাৰ কৰাৰ জন্য
- ৰ্মাণ দেহে পাখাৰ বাতাস আৱাম দেৱ কেন?
  - পাখাৰ বাতাস পায়েৰ ঘাম বেৰ হতে দেৱ না ভাই
  - বাল্কাৰন শীতলতাৰ সৃষ্টি কৱে ভাই
  - পাখাৰ বাতাস শীতল জলীয় বাল্কা ধাৰণ কৱে ভাই
  - পাখাৰ বাতাস সৱাসৰি লোমকুপ দিয়ে শৰীৰে তুকে থার ভাই

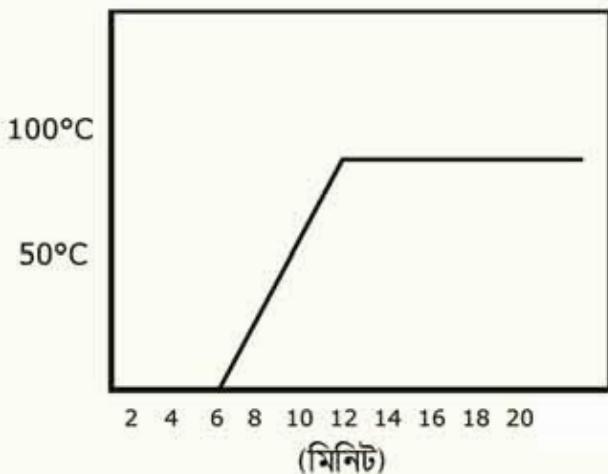
### ৩. সুস্কলতাপের মাধ্যমে:

- i. বন্ধুর ডাপমাছা বৃদ্ধি হয়
  - ii. বন্ধুর অবস্থার পরিবর্তন হয়
  - iii. বন্ধুর অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায়

## ନିଚେର କୋଣଟି ସାଠିକ



ଚିତ୍ରକୁ ସାହାଯ୍ୟେ 4 ଓ 5 ନଂ ଥିଲେମ୍ ଉପରେ ଦାଉ



চিত্র ৬.১০: বরক গলনের শেখচিয়া

4. ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ସମ୍ବନ୍ଧ ଗଲାତେ କିତ୍ତ ସାଧର ଦେଖେଛି?

- (क) 2 मिनिट (ध) 4 मिनिट  
 (ग) 6 मिनिट (घ) 8 मिनिट

৫. গণিত শান্তির তাপমাত্রা স্কুটলাইকে পৌঁছাতে প্রয়োজনীয় সময় কত মিনিট?



## সৃজনশীল প্রশ্ন

1. দুটি বৈদ্যুতিক খুঁটির মধ্যবর্তী দূরত্ব  $30\text{ m}$ । খুঁটি দুটির সাথে  $30.001\text{ m}$  দৈর্ঘ্যের তামার ভার যেদিন সংযোগ দেওয়া হয় এই দিন বায়ুর তাপমাত্রা ছিল  $30^{\circ}\text{ C}$ । তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ  $16.7 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ । শীতকালে যেদিন বায়ুর তাপমাত্রা  $4^{\circ}\text{ C}$  হলো সেদিন তারিতি হিঁড়ে সেল।

(ক) পানিৰ ত্ৰৈয় বিচ্ছুর সংজ্ঞা দাও।  
 (খ) দুটি বস্তুৰ তাপ সমান হলেও এদেৱ তাপমাত্রা কিমু হতে পাৱে কি? ব্যাখ্যা কৰো।  
 (গ) বায়ুৰ তাপমাত্রাকে ফারেনহাইট স্কেলে প্ৰকাশ কৰো।  
 (ঘ) তারিতি হিঁড়ে বাবাৰ কাৰণ গাণিতিক শুল্কসহ ব্যাখ্যা কৰো।
2. দুটি ধাতব দণ্ডের দৈর্ঘ্য  $6\text{ m}$ । একটিৰ তাপমাত্রা  $30^{\circ}\text{ C}$  থেকে বাড়িয়ে  $80^{\circ}\text{ C}$  তাপমাত্রা পৰ্যন্ত উন্নত কৰা হলো এৱ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পোঁয়ে  $6.0051\text{ m}$  হয়। অপৰ ধাতব দণ্ডেৰ তাপমাত্রা  $20^{\circ}\text{ C}$  থেকে বাড়িয়ে  $60^{\circ}\text{ C}$  পৰ্যন্ত উন্নত কৰা হলো এৱ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পোঁয়ে  $6.0041\text{ m}$  হয়। দৈর্ঘ্য প্ৰসাৱণ গুণাঙ্ক  $\alpha$ , কেবল প্ৰসাৱণ গুণাঙ্ক  $\beta$  ও আয়তন প্ৰসাৱণ গুণাঙ্ক  $\gamma$ ।

(ক) দুটি বস্তুৰ মধ্যে তাপেৰ আদান-প্ৰদান কিসেৱ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰো?  
 (খ) তাপমাত্রা ও তাপ কেন কিমু লিখ।  
 (গ) একটি ধাতব দণ্ডেৰ তাপমাত্রা  $80^{\circ}\text{ C}$  হলো সেটি কেলভিন কেলে কত?  
 (ঘ) গাণিতিক ব্যাখ্যাসহ দণ্ড দুটিৰ উপাদান সম্বলকে মন্তব্য কৰো।

# সপ্তম অধ্যায়

## তরঙ্গ ও শব্দ

### (Waves and Sound)



পদাৰ্থবিজ্ঞান ঠিকভাৱে ৰোমাৰ জন্য যে কৱেকটি বিষয়ে সুশ্রেষ্ঠ ধাৰণা ধৰকতে হয় তাৰ একটি হচ্ছে  
তরঙ্গ। এই অধ্যায়ে আমৰা আমাদেৱ পৱিত্ৰ যান্ত্ৰিক কৱেক ধৰনেৱ তরঙ্গৰ আৰেহি আমাদেৱ  
আলোচনা সীমাবদ্ধ কৰিব।

শব্দ এক ধৰনেৱ তরঙ্গ। আমাদেৱ দৈনন্দিন জীবনে শব্দেৱ খুব বড় একটা ভূমিকা রাখেছে, তাই  
আমৰা এই অধ্যায়ে শব্দ, শব্দেৱ বেগ, শব্দেৱ অতিথৰণি এবং তাৰ দৃশ্য নিয়েও আলোচনা কৰিব।



## এ অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা

- তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করতে পারব।
- তরঙ্গ সংকলিত রাশিসমূহের মধ্যে সরল গাণিতিক সম্পর্ক স্থাপন এবং পরিমাপ করতে পারব।
- শব্দ তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করতে পারব।
- প্রতিক্রিয়া সূচি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- দৈলভিল জীবনে প্রতিক্রিয়া ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব।
- শব্দের বেগ, কম্পাক্ষ এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের গাণিতিক সম্পর্ক স্থাপন এবং তা থেকে রাশিসমূহ পরিমাপ করতে পারব।
- শব্দের বেগের পরিবর্তন ব্যাখ্যা করতে পারব।
- শ্রাব্যজার সীমা ও এদের ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব।
- শব্দের পিচ ও তীক্ষ্ণতা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- শব্দদুষ্পের কারণ ও ফলাফল এবং প্রতিরোধের কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারব।

## ৭.১ সরল স্পন্দন গতি (Simple Harmonic Motion)

একটা শিখরের নিচে একটা কর লাগিয়ে সেটা টেনে ছেঁড়ে দিলে এটা উপরে-নিচে করতে থাকে। (ভূতীর এবং চতুর্থ অধ্যায়ে আমরা এই গতিটি ব্যাখ্যা করেছি।) আমরা দেখেছি বর্ষণের জন্য বা অন্যান্যভাবে শক্তি কর্তৃ হয় বলে এটা একসময় বেঁধে থাকে। তা না হলে এটা অনন্তকাল উপর-নিচ করতে থাকত। আমরা এটাও দেখেছি সরল স্পন্দন গতিতে শিখরের সাথে লাগানো ভরাটির শক্তি গতিশক্তি এবং বিভব শক্তির মাঝে বিনিময় করে এবং এসব ঘটে কারণ শিখরের বলটি হুক এর সূত্র মেনে চলে। হুকের সূত্রটি আবার মনে করিয়ে দেওয়া যায়, শিখরের ধূব বলি হয়  $k$ , তর যদি হয়  $m$  এবং অবস্থান যদি হয়  $x$  তাহলে তার উপর আরোপিত বল  $F$  হচ্ছে

$$F = -kx$$

হুকের সূত্রের কারণে যে ছবিত বা স্পন্দন গতি হয় সেটাকে বলে সরল স্পন্দন গতি। পদাৰ্থবিজ্ঞানের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ গতিশূলোর একটি হচ্ছে এই পতি।

তোমাদের এই বইয়ে এটা বের করে দেখানোর সুযোগ নেই কিন্তু জানিয়ে রাখতে শক্তি কী? যদি একটা শিখরের ধূব হয়  $k$  এবং তর হয়  $m$  তাহলে ভরাটির দোলনকাল হবে

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

যদি এটা শিখ না হয়ে একটা সুতার বোলানোর সুযোগ নেই কিন্তু জানিয়ে রাখতে শক্তি কী? যদি একটা শিখরের ধূব হয়  $g$  তাহলে দোলনকাল হতো:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

(না, কেনো স্কুল হয়নি, তুমি একটা হালকা ভরই বোলাও আর তারী ভরই বোলাও মোলনকাল একই থাকবে, এটা ভরের উপর নির্ভর করে না।)



উদাহরণ

১৫. ধূম: 1 m লম্বা একটা সুতা দিয়ে 10 g ভরের একটা পাথর বুলিয়ে দাও। তার দোলনকাল কত?

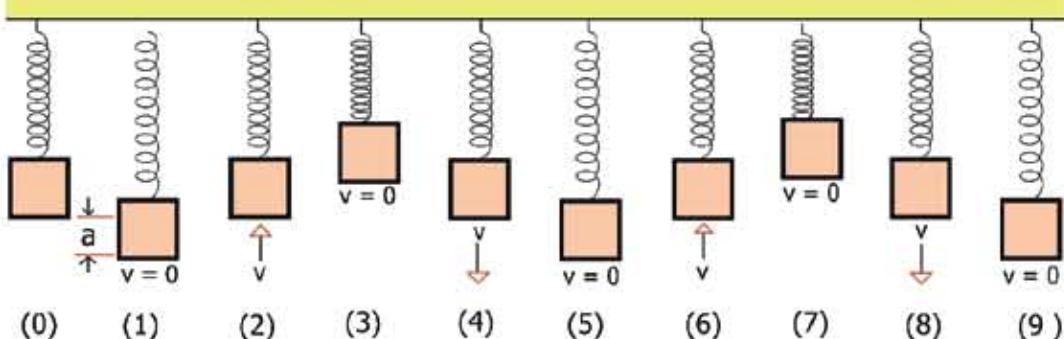
**উত্তর:**

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{1}{9.8}} s = 2.0 s$$

পাথরটার গুজন  $10 \text{ g/m}$  না হয়ে অন্য কিছু হলেও সোলনকাল একই থাকত। ইছে করলে তুমি এখনই সোলনকাল মেঘে তুমি সেখান থেকে  $g$  এর মান বের করতে পারবে। চেষ্টা করে দেখো।

একটা শিখরের নিচে একটা ভর লাগিয়ে রেখে দিলে ভরটাকে টেনে একটু উপর করে সেই অবস্থানে স্থির হয়ে থাকে। শিখরের এই দৈর্ঘ্যটাকে বলা বায় সাম্য অবস্থা (চিত্র 7.01-0)।

এখন যদি ভরটাকে টেনে একটু নিচে  $a$  দূরত্ব নামিয়ে এনে ছেড়ে দিই (চিত্র 7.01-1) তাহলে ভরটা উপরের দিকে উঠতে থাকবে, সাম্য অবস্থা পার হয়ে এটা উপরে  $a$  দূরত্বে উঠে যাবে, তারপর আবার নিচে নায়তে থাকবে, সাম্য অবস্থা পার হয়ে নিচে নেয়ে যাবে এবং এটা চলতেই থাকবে।



চিত্র 7.01: (0) হজু সাম্য অবস্থা। টেনে (1) অবস্থানে সিয়ে ছেড়ে দেখার পর শিখটি সরল স্পন্দিত বেগে সূলাছে।

ভরটা যখন  $2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5$  অবস্থান শেষ করে বে অবস্থানে শুরু করেছিল ঠিক একই অবস্থানে (6) একইভাবে ফিরে আসে (উপরের দিকে ৮ বেগে পড়িবার) যখন আমরা বলি একটা পূর্ণ স্পন্দন হয়েছে। মনে রাখতে হবে  $2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5$  শেষ করে ৪ এলেও কিন্তু বে অবস্থান থেকে শুরু করেছে সেই অবস্থানে ফিরে আসবে কিন্তু এটা পূর্ণ স্পন্দন নয় কারণ প্রথম ২ অবস্থানটিতে উপরের দিকে যাওয়ে এবং পরের ৪ অবস্থানটিতে নিচের দিকে যাওয়ে, কাজেই এক অবস্থানে একইভাবে ফিরে আসা হলো না।

সরল স্পন্দন গতি বিশ্লেষণ করতে হলে আমাদের কয়েকটা রাশি ব্যাখ্যা করে নেওয়া ভালো। প্রথমটি হতে পারে পর্যায় কাল (Time Period) বা দোলনকাল  $T$ । একটা পূর্ণ স্পন্দন হতে যে সময় নেয় সেটা হচ্ছে পর্যায়কাল বা দোলনকাল। কম্পাঙ্ক  $f$  হচ্ছে প্রতি সেকেন্ডে পূর্ণ স্পন্দনের সংখ্যা অর্থাৎ  $f = \frac{1}{T}$  পর্যায়কাল  $T$  যদি সেকেন্ডে প্রকাশ করি তাহলে  $f$  এর একক হচ্ছে হার্টজ (Hz)।

সরল স্পন্দিত গতিতে বিস্তার হচ্ছে সাম্যাবস্থা থেকে সবচেয়ে বেশি উপরে ওঠা (কিংবা নিচে নামা) দূরত্ব।  $7.01$  চিত্রে যেভাবে দেখানো হয়েছে সেখানে বিস্তার হচ্ছে  $a$ ।

এর পরের রাশিটি হচ্ছে দশা (Phase), স্প্রিংয়ে লাগানো ভরটি যখন ওঠানামা করছে, তখন কোনো এক মুহূর্তে যদি ভরটির দিকে তাকাই তাহলে আমরা দেখব সেটি সাম্যাবস্থা থেকে কোনো একটি দূরত্বে থাকবে, সেই অবস্থানটি হচ্ছে তার দশা। সরল স্পন্দন গতিতে ভর এবং স্প্রিংয়ের এই নির্দিষ্ট অবস্থাটি হুবহু একইভাবে ফিরে আসবে আবার ঠিক এক পর্যায়কাল পরে। পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় বলা যায় সরল স্পন্দন গতিতে কোনো এক মুহূর্তে যে দশা হয় এক দোলনকাল পর আবার সেই দশা ফিরে আসে।

## 7.2 তরঙ্গ (Waves)

আমরা সবাই তরঙ্গ দেখেছি, একটা পানিতে ঢিল ছুড়ে দিলে সেই বিন্দু থেকে পানির তরঙ্গ চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। ঘরে বাতি জ্বালালে যে আলো ঘরে ছড়িয়ে পড়ে সেটাও তরঙ্গ। আমরা যখন কথা বলি আর শব্দটা যখন এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় পৌঁছে যায় সেটাও তরঙ্গ। একটা স্প্রিংকে সংকুচিত করে ছেড়ে দিলে তার ভেতর দিয়ে যে বিচ্যুতিটি ছুটে যায় সেটাও তরঙ্গ, একটা টান করে রাখা দড়ির মাঝে ঝাঁকুনি দিলে যে বিচ্যুতিটি দড়ি দিয়ে ছুটে যায় সেটাও তরঙ্গ। এক কথায় বলা যায় তরঙ্গটি কী আমরা সেটা অনুভব করতে পারি, কিন্তু যদি তার জন্য পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় একটা সুন্দর সংজ্ঞা দিতে চাই তাহলে কী বলব?

সহজ ভাষায় বলা যায়, তরঙ্গ হচ্ছে একটা মাধ্যমের ভেতর দিয়ে এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় শক্তি পাঠানোর একটা প্রক্রিয়া, যেখানে মাধ্যমের কণাগুলো তার নিজের অবস্থানে স্পন্দিত হতে পারে কিন্তু সেখান থেকে সম্পূর্ণ সরে যাবে না।

আমরা এবাবে যাচাই করে দেখতে পারি আমাদের এই সংজ্ঞাটি আমাদের অভিজ্ঞতার সাথে মেলে কি না। নদীর মাঝখান দিয়ে একটা লঞ্চ যাবার সময় যে টেউ তৈরি করে সেই টেউ নদীর কুলে এসে আঘাত করে, কাজেই নিশ্চিতভাবে বলা যায় এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় শক্তি পাঠানো হয়েছে।

সেই সময়ে নদীর পানিতে ভাসমান কোনো কচুরিপানার দিকে তাকালে আমরা দেখব যখন টেউটি যাচ্ছে সেই মুহূর্তে কচুরিপানাটি উপরে উঠেছে এবং নিচে নেমেছে এবং টেউ চলে যাবার পর আবার আগের মতো স্থির হয়ে গেছে এবং মোটেও টেউয়ের সাথে সাথে তীরে এসে আছড়ে পড়েনি।

সরল স্পন্দন গতির সাথে তরঙ্গের সম্পর্কটা এখন নিশ্চয়ই তোমরা বুঝতে পারছ। একটা মাধ্যমের কোনো একটা নির্দিষ্ট বিন্দুর দিকে যদি আমরা তাকিয়ে থাকি তাহলে যখন তার ভেতর দিয়ে একটা তরঙ্গ যেতে থাকে তখন সেই বিন্দুটির সরল স্পন্দন গতি হয়। কচুরিপানার বেলায় যেটা ঘটেছিল, যতক্ষণ তার ভেতর দিয়ে পানির তরঙ্গটা গিয়েছে ততক্ষণ সেখানে সরল স্পন্দন গতি হয়েছে। সরল স্পন্দন গতির মাঝে তরঙ্গ নেই, কিন্তু তরঙ্গের প্রত্যেকটা বিন্দু একেকটা সরল স্পন্দন গতি।

কাজেই তরঙ্গের জন্য আমাদের দেওয়া সংজ্ঞাটি সঠিক। তবে মনে রাখতে হবে আরো অনেক ধরনের তরঙ্গ আছে যার জন্য এই সংজ্ঞাটি পুরোপুরি সঠিক নাও হতে পারে। আমরা তরঙ্গে যাবার জন্য একটা মাধ্যমের কথা বলেছি কিন্তু সূর্য থেকে আলো যখন পৃথিবীতে পৌঁছায় তখন তার জন্য কোনো মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না। আলো হচ্ছে বিন্দুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ। সেটা নিয়ে নবম অধ্যায়ে আমরা আলোচনা করব। গ্র্যাভিটি ওয়েভ নামে এক ধরনের তরঙ্গের কথা বিজ্ঞানীরা বলছেন, যেটি মাত্র কিছুদিন হলো বিজ্ঞানীরা প্রথমবার দেখতে পেয়েছেন। তার জন্যও কোনো মাধ্যমের প্রয়োজন নেই। পদার্থবিজ্ঞানের চমকপ্রদ শাখা কোয়ান্টাম মেকানিক্সে ওয়েভ ফাংশন বলে অন্য এক ধরনের তরঙ্গের কথা বলা হয় সেটি আরো বিচিত্র, সেখানে সরাসরি তরঙ্গটি দেখা যায় না শুধু তার প্রতিক্রিয়া অনুভব করা যায়।

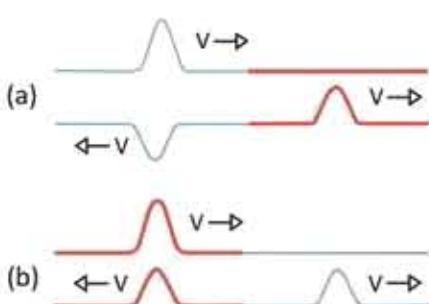
কাজেই আমরা আপাতত আমাদের আলোচনা সীমাবদ্ধ রাখব শুধু সেই সব তরঙ্গের মাঝে যার জন্য কঠিন, তরল বা গ্যাসের মতো মাধ্যমের দরকার হয়। এই ধরনের তরঙ্গের নাম যান্ত্রিক তরঙ্গ।

### 7.2.1 তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য

তরঙ্গ নিয়ে আলোচনা করার সময় তার কয়েক ধরনের বৈশিষ্ট্যের কথা উঠে এসেছে, এখানে আমরা তরঙ্গের, বিশেষ করে যান্ত্রিক তরঙ্গের সব বৈশিষ্ট্য নিয়ে আলোচনা করব।

(i) যান্ত্রিক তরঙ্গের জন্য মাধ্যমের দরকার হয়। পানিতে টেউ হয়, একটা স্প্রিংয়ে তরঙ্গ পাঠানো যায়, একটা দড়িতে তরঙ্গ সৃষ্টি করা যায়। আমরা যে শব্দ শুনি সেটাও একটা তরঙ্গ এবং তার মাধ্যম হচ্ছে বাতাস।

(ii) একটা মাধ্যমের ভেতর দিয়ে যখন তরঙ্গ যেতে থাকে তখন কণাগুলো নিজ অবস্থানে থেকে স্থিত হয় (কাঁপে কিংবা ওপর-নিচে যায়) কিন্তু কণাগুলো নিজে তরঙ্গের সাথে সাথে সরে যায় না।



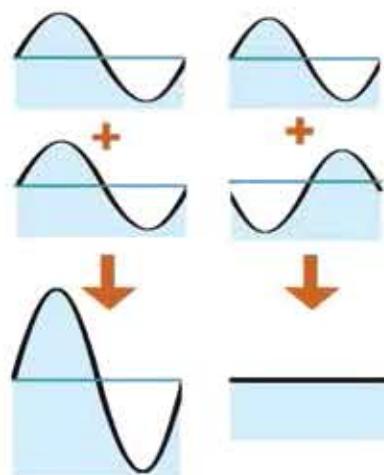
চিত্র 7.02: ডিম্ব অস্থায়েসেন তারের তেজর একটি তরঙ্গ প্রতিফলিত এবং প্রতিসরিত হচ্ছে। (a) সবু তার থেকে মোটা তারে গেলে এক ধরনের প্রতিফলন হয় আবার (b) মোটা তার থেকে সবু তারে গেলে অন্য ধরনের প্রতিফলন হয়।

(v) তরঙ্গের প্রতিফলন কিন্বা প্রতিসরণ হয়, পরের অধ্যায়ে আলোর জন্য এটি অনেক বড় করে আলোচনা করা হয়েছে। আপাতত জেনে রাখ এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে ঘোর সময় তরঙ্গের আনিকটা যদি প্রথম মাধ্যমে কিরে আসে সেটা হচ্ছে প্রতিফলন। (চিত্র 7.02) তরঙ্গ যখন প্রথম মাধ্যম থেকে দ্বিতীয় মাধ্যমে ঘোর সেটা হচ্ছে প্রতিসরণ। আমরা যখন শব্দের প্রতিফলনি শুনি সেটা হচ্ছে শব্দের প্রতিফলন। গালিলো তুবে থাকা অবস্থায় যদি বাইরের শব্দ শুনি সেটা হচ্ছে প্রতিসরণ।

(vi) তরঙ্গের যতগুলো বৈশিষ্ট্য আছে, তার মাঝে সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য হচ্ছে উপরিপাতন, যদিও আমাদের দৈনন্দিন জীবনে সেটা আমাদের খুব বেশি চোখে পড়ে না। ধৰা যাক সূচি ডিম্ব ডিম্ব থেকে এক জায়গার সূচি তরঙ্গ এসে হাজির হচ্ছে। একটি তরঙ্গ বখন মাধ্যমটিকে উপরে তুলতে সেটা করছে অন্যটি তখন তাকে নামালোর চেষ্টা করছে, তখন কী হবে? এগুলো হচ্ছে উপরিপাতনের বিষয়, যখন তরঙ্গের আরো গভীরে যাবে তখন বিষয়গুলো

(iii) তরঙ্গের তেজর দিয়ে শক্তি এক স্থান থেকে অন্য স্থানে যেতে পারে। শক্তি যত বেশি হয় তরঙ্গের বিস্তার তত বেশি হয়। শক্তি তরঙ্গের বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক। অর্থাৎ বিস্তার যদি দ্বিগুণ হয় শক্তি তার চার গুণ।

(iv) সব তরঙ্গেই একটা বেগ থাকে সেই বেগ তার মাধ্যমের প্রত্যঙ্গের ওপর নির্ভর করে। বাতাসে শব্দের বেগ  $330 \text{ m/s}$  পানিতে এই বেগ  $1439 \text{ m/s}$ । চিলে একটা দড়িতে একটা তরঙ্গের যত বেগ হবে টান টান করে রাখা দড়িতে হবে তার থেকে বেশি।



চিত্র 7.03: সূচি তরঙ্গ বোপ হয়ে আরো বড় তরঙ্গ হতে পারে, আবার একটি অন্যটিকে নিঃশেষণ করে দিতে পারে।

আৱে আলোভাৰে জেনে যাবে, আপাতত শুধু সহজ দুটি বিষয় 7.03 চিহ্নে দেখানো হৈছে। দুটো তরঙ্গ একটি আৱেকটিকে বড় কৰে দিতে পাৰে আবাৰ একটি আৱেকটিকে খঃসও কৰে দিতে পাৰে।

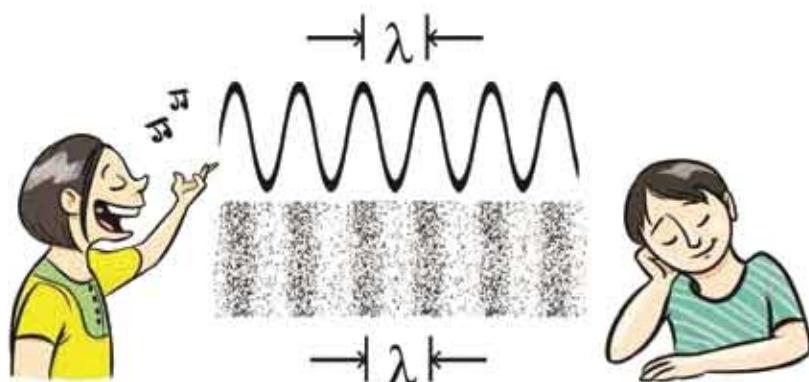


### নিজে কৰো

একটি আলোকোভল জ্বালগার বড় ধাপাতে ধানিকটা পালি ঢেলে নাও। ধালায় যেন অন্ত কোনো কক্ষণ না থাকে সেটি নিশ্চিত কৰো। পানিৰ যেকোনো বিন্দু শৰ্প কৰলে সেই বিন্দু থেকে তরঙ্গ চাৱাদিকে ছড়িয়ে পড়বে এবং ধালার তলায় ফুমি তাৰ প্ৰতিচ্ছবি দেখতে পাৰে। ধালার পানিৰ ঠিক কেজে শৰ্প কৰলে দেখবে একটি তরঙ্গ সেখান থেকে শুৰু হয়ে ধালার কিনারায় গিৱে সেখান থেকে প্ৰতিফলিত হয়ে কেজে মিলিত হবে। তরঙ্গটি ঠিক কৰে তৈৱি কৰতে পাৱলে সেটি কেজে মিলিত হবাৰ পৰ আবাৰ পাশে ছড়িয়ে পড়বে। ফুমি একটুখানি চেষ্টা কৰলেই এই তরঙ্গেৰ বেগ আগতে পাৰবে। চেষ্টা কৰে দেখো।

ঠিক কেজে শৰ্প না কৰে একটু পাশে শৰ্প কৰলে কী হবে? চেষ্টা কৰে দেখো।

#### 7.2.2 তরঙ্গেৰ অকাৰভেদ



চিত্ৰ 7.04: শুধু হজৰ বাতাসেৰ চাপেৰ কাৱলে সংকোচন ধৰণ তৰঙ্গভৰেৰ একটি অনুলৈৰ্য তরঙ্গ। এখানে  $\lambda$  হজৰ তরঙ্গ দৈৰ্ঘ্য।

একটা স্থিতিয়ের শেভর দিয়ে একটা তরঙ্গ যাবার সময় তরঙ্গটি স্থিতিকে সংকুচিত এবং প্রসারিত করে এগিয়ে যায়। আবার একটা দড়ির এক পাল্টে একটা বাঁকুনি দিয়ে একটা তরঙ্গ তৈরি করে দড়ির মাঝে দিয়ে পাঠানো যায়। সুতি তরঙ্গের মাঝে কিন্তু একটা মৌলিক পার্থক্য আছে। স্থিতিয়ে তরঙ্গটি ছিল সংকোচন এবং প্রসারণের, স্থিতিতে সংকোচন এবং প্রসারণের দিক এবং তরঙ্গের বেগ একই দিকে। এই ধরনের তরঙ্গের নাম অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ। শব্দ (চিত্র 7.04) হচ্ছে এ রূপ অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ (Longitudinal Wave)।



চিত্র 7.05: অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ কীভাবে অঙ্গসম হয় তাৰ মডেল।

দাঢ়ির বেলায় আমরা যখন দাঢ়িটিতে ঝাঁকুনি দিয়ে তরঙ্গ তৈরি করেছি সেখানে দাঢ়ির কক্ষান্তি কিন্তু তরঙ্গের বেশের দিকে ঘটে না। কক্ষান্তের দিক অর্থাৎ দাঢ়ির ওপাঁ এবং নামা, তরঙ্গের বেশের সাথে লম্ব। এরকম তরঙ্গের নাম অনুপ্রস্থ তরঙ্গ (Transverse Wave)। পানির চেড় হচ্ছে এর একটি উদাহরণ।



### নিজে করো

7.05 চিহ্নটি ফটোকপি করে নাও। এবাবে ছবিতে দেখানো উপায়ে কেটে নাও, সফ করো নিচের আয়তাকার কাগজটিতে ছেট একটা জানালা তৈরি করা হয়েছে। এখন উপরের বৃত্তাকার কাগজটির উপর আয়তাকার কাগজটি রাখো। একটা ছেট তার ক্লিপ চিহ্নিত জায়গা দিয়ে চুকিয়ে চাপ দিয়ে তারটি ভাঁজ করে নাও। এখন নিচের বৃত্তাকার কাগজটি ঘুরিয়ে কাটা অংশটিতে দেখো, অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ বা Longitudinal Wave কীভাবে অঙ্গসর হয় পরিকার দেখতে পাবে।

### 7.2.3 তরঙ্গ সংক্ষিপ্ত রাশি

সরল স্পন্দন গতিতে আমরা যে সরল রাশির কথা বলেছি তার সবগুলোই আসলে তরঙ্গের বেলায় ব্যবহৃত পারব। একটা তরঙ্গেরও পূর্ণ স্পন্দন হয়, তার পর্যায়কাল আছে, কক্ষান্ত আছে এবং বিস্তার আছে। আমরা দেখেছি কোনো একটা তরঙ্গ যাবার সময় আমরা যদি মাধ্যমের কোনো একটা কণার দিকে তাকিয়ে থাকি তাহলে দেখব সেই কণাটির সরল স্পন্দিত কক্ষন হচ্ছে। তরঙ্গের বেলায় আমরা নতুন দুটি রাশির কথা বলতে পারি যার একটা হচ্ছে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য। তরঙ্গের যেকোনো একটি দশা থেকে তার পরবর্তী একই দশার মাঝে দূরত্ব হচ্ছে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য। (চিত্র 7.04) অর্থাৎ এক পর্যায়কালে একটা তরঙ্গ থেকের দূরত্ব অতিক্রম করে সেটাই হচ্ছে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য।

তরঙ্গের মাঝে বিভীষণ আঁচ্ছা একটি রাশি রয়েছে যেটা সরল স্পন্দিত কক্ষনে নেই, সেটি হচ্ছে তরঙ্গের বেগ। প্রতি সেকেন্ডে একটা তরঙ্গ থেকের দূরত্ব অতিক্রম করে সেটাই হচ্ছে তরঙ্গের বেগ। প্রতি সেকেন্ডে যে কমনি পর্যায়কাল থাকে সেটি হচ্ছে কক্ষান্ত, কক্ষান্ত যদি  $f$  এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যদি  $\lambda$  হয় তাহলে বেগ  $v$  হচ্ছে

$$v = f\lambda$$

একটা তরঙ্গ যখন একটা মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে যার তখন তরঙ্গের পরিবর্তন হয়, যেহেতু কক্ষান্ত সব সময় স্থান থাকে তাই তরঙ্গ যখন এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে যার তখন তার

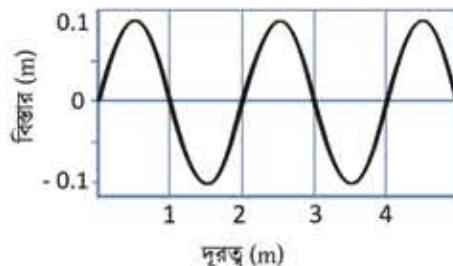
তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন হয়। অর্থাৎ তরঙ্গ বিভিন্ন মাধ্যমের ভেতর দিয়ে যাবার সময় তার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কিছু বেগের পরিবর্তন হয় কিন্তু কল্পাঙ্কের বা পর্যায়কালের কথনো পরিবর্তন হয় না।



### উদাহরণ

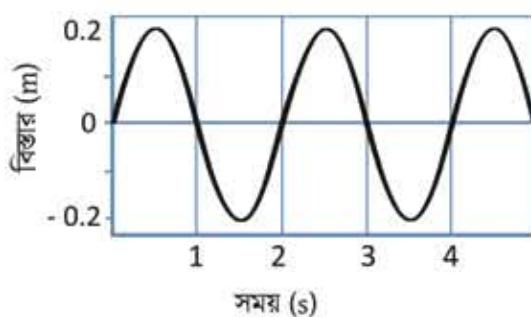
**প্রশ্ন:** 7.06 চিত্রে একটি তরঙ্গ দেখানো হয়েছে। এই চিত্র থেকে তরঙ্গের বিস্তার, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, দোলনকাল, কল্পাঙ্ক এবং বেগের ভেতর কোন কোনটির মান বের করা সম্ভব? সেগুলো বের করে দেখো।

**উত্তর:** ছবিতে যে তরঙ্গ দেওয়া আছে সেখান থেকে শুধু তরঙ্গটির বিস্তার ( $0.1\text{ m}$ ) এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ( $2\text{ m}$ ) বের করা সম্ভব। এই ছবিতে যে তরঙ্গ দেওয়া আছে সেখান থেকে পর্যায়কাল, কল্পাঙ্ক বা বেগ বের করা সম্ভব নয়। উপরের তরঙ্গটি একটি নির্দিষ্ট সময়ে তরঙ্গের অবস্থা। সময়ের সাথে অবস্থানের কীভাবে পরিবর্তন হয়েছে এখানে সে সম্পর্কে কোনো তথ্য নেই।



চিত্র 7.06: অবস্থানের সাথেকে একটি তরঙ্গ।

**প্রশ্ন:** 7.07 চিত্রে আরেকটি তরঙ্গ দেখানো হয়েছে। এই চিত্র থেকে তরঙ্গের বিস্তার, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, দোলনকাল, কল্পাঙ্ক এবং বেগের ভেতর কোন কোনটি বের করা সম্ভব? সেগুলো বের করে দেখো।



**উত্তর:** এই তরঙ্গের বিস্তার ( $0.2\text{ m}$ ) এবং পর্যায়কাল ( $2\text{ s}$ ), এই ছবি থেকে অন্য কোনো তথ্য বের করা সম্ভব না। এই ছবিটিতে একটা নির্দিষ্ট স্থানে সময়ের সাথে সাথে তরঙ্গটি কীভাবে পরিবর্তিত হচ্ছে সেটি দেখানো হয়েছে কাজেই এখান থেকে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত বলা সম্ভব নয়।

চিত্র 7.07: সময়ের সাথেকে একটি তরঙ্গ।

ধৰণ: 7.08 চিত্ৰে একটি নিৰ্দিষ্ট সময়ে বিভিন্ন অবস্থানে এবং একটি নিৰ্দিষ্ট অবস্থানে বিভিন্ন সময়ে একটি তরঙ্গের অবস্থা দেখানো হয়েছে। এৱ বিস্তাৱ, তরঙ্গ দৈৰ্ঘ্য, দোলনকাল, কলাঙ্ক এবং বেগ বেৱ কৰো।

উত্তৰ: প্ৰথম চিত্ৰ থেকে আমৰা দেখতে পাইছি তরঙ্গটিৰ

$$\text{বিস্তাৱ } a = 0.1 \text{ m}$$

$$\text{তরঙ্গ দৈৰ্ঘ্য } \lambda = 1 \text{ m}$$

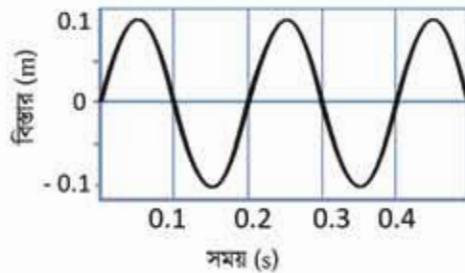
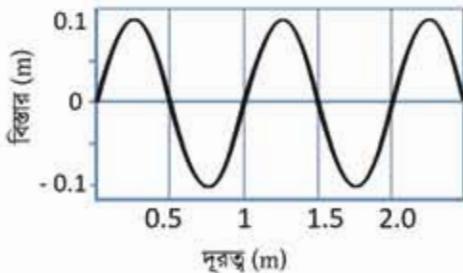
বিড়ীয় চিত্ৰ থেকে আমৰা দেখতে পাইছি তরঙ্গটিৰ

$$\text{বিস্তাৱ } a = 0.1 \text{ m} \text{ (এটি আমৰা প্ৰথম ছবি থেকেও জানি)}$$

$$\text{দোলনকাল } T = 0.2 \text{ s}$$

$$\text{দোলনকাল থেকে কলাঙ্ক } f \text{ বেৱ কৰতে পাৰি}$$

$$f = \frac{1}{T} = 5 \text{ s}^{-1} = 5 \text{ Hz}$$



চিত্ৰ 7.08: একই সাথে অবস্থান এবং সময়েৰ সাপেক্ষে একটি তরঙ্গ।

কাজেই দুটি চিত্ৰেৰ তথ্য ব্যবহাৰ কৰে আমৰা বলতে পাৰি

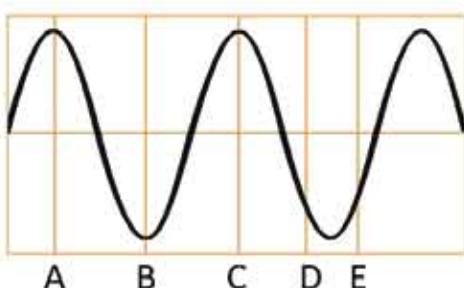
$$\text{তরঙ্গটিৰ বেগ } v = \lambda f = 1 \text{ m} \times 5 \text{ Hz} = 5 \text{ ms}^{-1}$$

ধৰণ: 7.09 চিত্ৰে একটি তরঙ্গেৰ বিভিন্ন অবস্থা দেখানো হয়েছে, কোন কোন অবস্থানে দশা এক?

উত্তৰ: A এবং C তে দশা এক

A এবং B তে তরঙ্গেৰ মান সমান হলেও দশা বিপৰীত

D এবং E তে মান সমান হলেও দশা এক নহ।



চিত্র 7.09: তিনি তিনি অক্ষাংশে একটি তরঙ্গের দশা।

### 7.3 শব্দ তরঙ্গ (Sound Wave)

শব্দ তরঙ্গ তৈরি করতে তার একটা উৎসের দরকার, সেটাকে পাঠানোর জন্য একটা যান্ত্রিক দরকার এবং সেই শব্দ প্রযুক্তি করার জন্য কোনো এক ধরনের বিসিজ্ঞার দরকার। আমাদের চারপাশে অসংখ্য শব্দের উৎস রয়েছে। অবশ্যই সবচেয়ে পরিচিত উৎস আমাদের কণ্ঠ, সেখালে যে ভোকাল কর্ত আছে আমরা তার ভেতর দিয়ে বাতাস বের করার সময় সেখালে যে কল্পনা হয় সেটা দিয়ে শব্দ তৈরি হয়। কথা বলার সময় আমরা যদি পঙ্গাম শর্প করি তাহলে আমরা সেই কঙ্গনটা অনুভব করতে পারব।

তোমরা নিচ্ছাই লক্ষ করেছ পুরুষের গলার স্বর ঘোটা এবং মাঝী ও শিশুদের গলার স্বর তীক্ষ্ণ। আমরা বখন কোনো একটা শব্দ করি তখন আমাদের কুস্কুস থেকে বাতাস গলা দিয়ে দিয়ে বের হয়ে আসে। আমাদের গলায় কুস্কুসে বাতাস ভোকার জন্য এবং বের হওয়ার জন্য রয়েছে wind pipe এর উপরে শব্দ সৃষ্টি করার জন্য রয়েছে স্বরঘন (larynx)। সেখালে দুটো পর্দা ভালভাবে মড়ে কাজ করে, এই পর্দা সুটির নাম ভোকাল কর্ত (Vocal cord)। বাতাস বের করার সময় এগুলো ফাঁপতে পারে এবং শব্দ তৈরি করে। বয়সের সাথে সাথে পুরুষের ভোকাল কর্ত শক্ত হয়ে যায়, মেরেদেরটি কোমল থাকে। সে জন্য পুরুষের কম কঙ্গাজ্ঞের শব্দ তৈরি করে মেরেরা বেশি কঙ্গাজ্ঞ তৈরি করে। যে কারণে পুরুষের গলার স্বর ঘোটা মেঝেদেরটি তীক্ষ্ণ।



নিজে করো

7.10 চিত্রে দেখালো উপরে একটি কাগজ কেটে নিয়ে দুই আঙুলের মাঝে রেখে মুখে লাগিয়ে ফুঁ দাও। কাগজের কাটা টুকরো দুটো স্বরঘন ভোকাল কর্তের যতো কেবলে শব্দ তৈরি করবে। বিস্তৃতভাবে কাগজ কেটে বিস্তৃত রকম শব্দ তৈরি করতে পার কিনা দেখো।

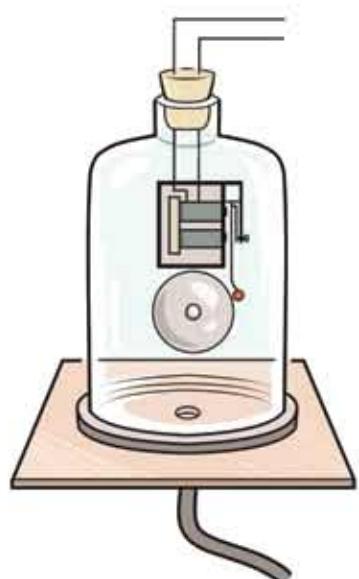
আমাদের কৃষ্ণ ছাড়াও শিকার শব্দের উৎস হিসেবে কাজ করে, সেখানে যে পাতলা ডায়াফ্রাম অঙ্গেছে সেটিকে সুনির্দিষ্টভাবে কাঁপিয়ে শব্দ তৈরি করা হয়। শূলোর ঘটার মাঝে আঘাত করলে সেটি কাঁপতে শুরু করে শব্দ তৈরি করে এবং তখন হাত দিয়ে সেটাকে চেপে ধরে কম্পন বশ্ব করে ফেলা যায়, সাথে সাথে শব্দও বন্ধ হয়ে যাবে। শিটারের ভারে ঠোকা দিলে সেটি কাঁপতে থাকে এবং শব্দ তৈরি করে। শ্যাবরেটারিতে সুর শশাকা দিয়ে নির্দিষ্ট কম্পনে শব্দ তৈরি করা যায়।



চিত্র ৭.১০: কাগজ দিয়ে তোকাল কৃষ্ণ তৈরি করে সেটাকে ফুঁ দিয়ে কাঁপিয়ে শব্দ তৈরি করা যাব।

কম্পন দিয়ে শব্দ তৈরি করার পর সেটিকে এক জারগা থেকে অন্য জারগার পাঠানোর জন্য একটা মাধ্যমের দরকার হয়। শব্দ তরল কিংবা কঠিন পদার্থের ভেতর দিয়েও পাঠানো যায় কিন্তু আমরা বাতাসকে মাধ্যম হিসেবে ব্যবহার করেই শব্দ শুনে অভ্যন্ত।

মাধ্যম ছাড়া যে শব্দ যেতে পারে না সেটি দেখানোর জন্য শ্যাবরেটারিতে ৭.১১ চিত্রে দেখানো উপায়ে একটা কলিং বেল রেখে সেটাকে বাইরে থেকে বিস্তৃৎ সরবরাহ করে বাজানো যেতে পারে। ভারপুর একটা পাল দিয়ে ধীরে ধীরে বায়ুশূল্য করা শুরু করলে কলিং বেলের শব্দ হ্রদু হতে শুরু করবে। বেলজারটি পুরোপুরি বায়ুশূল্য করা হলে ভেতরে কলিং বেলটি বাজতে থাকলেও বাইরে থেকে মনে হবে সেটি কোনো শব্দ তৈরি করছে না।



চিত্র ৭.১১: বেলজার থেকে বাতাস পাল করে সরিয়ে নিলে কলিং বেল শব্দটি আর শোনা যাবে না।

আমরা আমাদের কান দিয়ে শব্দ শুনতে পাই। শব্দের কম্পাক্ষ বাদি  $20\text{ Hz}$  থেকে  $20,000\text{ Hz}$  বা  $20\text{ kHz}$  এর মাঝখানে থাকে তাহলে সেই শব্দ শোনা যায়। (তবে কানে হেডফোন লাগিয়ে অবিরত পান শুনে কিংবা প্রাচুর্য শব্দদূষণে থাকলে অনেক সময় শোনার ক্ষমতা কমে যায়।) শব্দের কম্পাক্ষ  $20\text{ Hz}$  থেকে কম হলে সেটাকে শব্দের বা ইনফ্রাসাউণ্ড এবং  $20\text{ kHz}$  থেকে বেশি হলে সেটাকে শব্দোভর বা আলট্রাসাউণ্ড বলে।  $20\text{ Hz}$  থেকে কম কিংবা  $20\text{ kHz}$  থেকে বেশি কম্পাক্ষ তৈরি করা হলে সেটি

ବାତାମେ ସେ ଆଲୋଡ଼ନ ସୃତି କରିବେ ଆମରା ସେଚି ଶୁଣିତେ ପାରିବ ନା । ଏ ଧରନେର ଶବ୍ଦର ଅନ୍ତିଷ୍ଠ ବୁଝିତେ ହଲେ ଆମରା ବିଶେଷ ଧରନେର ଯାଇଛାକେନ ବା ରିସିଭାର ବ୍ୟବହାର କରିତେ ପାରି । ଅନେକ ପଶୁଗାଢି କମ କଳାକେନ ଶବ୍ଦ ଶୁଣିତେ ପାର୍ଯ୍ୟ । ଭୂମିକଳେର ଆଗେ ଆଗେ ଏ ଧରନେର କମ କଳାକେନ ଶବ୍ଦ ତୈରି ହୁଏ ଏବଂ ଅନେକ ସମୟ ପଶୁଗାଢି ଦେଇ ଶବ୍ଦ ଶୁଣେ ଆଜିକେ ଛୋଟାଛୁଟି କରିବେ କିମ୍ବା ଧରନେର ଘଟନା ଘଟିବେ ବଲେ ଆମା ପେହେ ।



### ଶବ୍ଦ ତରଜୋର ବୈଶିଖ୍ତ

ଶବ୍ଦ ଏକଟି ଯାଞ୍ଚିକ ତରଜୀ କାରଣ ବନ୍ଦୂର କଳାନେର ଫଳେ ଶବ୍ଦ ତରଜୀ ସୃତି ହୁଏ ଏବଂ ସେଚି ସଙ୍କାଳନେର ଅନ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ସାଧକ ମାଧ୍ୟମେର ଦରକାର ହୁଏ । ଏଟି ଏକଟି ଅନୁଦେଶ୍ୟ ତରଜୀ କାରଣ ଏହି ତରଜୋର ପ୍ରବାହେର ଦିକ ଏବଂ କଳାନେର ଦିକ ଏକ । ଶବ୍ଦ ତରଜୋର ବେଗ ମାଧ୍ୟମେ ପ୍ରକୃତିର ଉପର ନିର୍ଭର କରେ, ବାଯବୀର ମାଧ୍ୟମେ ଏଇ ବେଗ କମ, ତରଜେ ତାର ଚରେ ବେଶ, କଟିବ ପଦାର୍ଥ ଆବୋ ବେଶ । ଶବ୍ଦର ବେଗ ମାଧ୍ୟମେର ତାପମାତ୍ରା ଏବଂ ଆର୍ଦ୍ରତାର ଉପରର ନିର୍ଭର କରେ । ଶବ୍ଦର ତୀର୍ତ୍ତା ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ତରଜୋର ଯତୋ ତାର ବିନ୍ଦାରେର ବର୍ଣ୍ଣର ସମାନୁଗତିକ । ଅର୍ଧାଂ ତରଜୋର ବିନ୍ଦାର ବେଶ ହଲେ ଶବ୍ଦର ତୀର୍ତ୍ତା ବେଶ ହବେ ଏବଂ ତରଜୋର ବିନ୍ଦାର କମ ହଲେ ଶବ୍ଦର ତୀର୍ତ୍ତା କମ ହବେ । ସେକୋନ୍ଦୋ ତରଜୋର ଯତୋଇ ଶବ୍ଦ ତରଜୋର ଅତିକଳନ, ପ୍ରତିସରଣ ଏବଂ ଉପରିପାତନ ହତେ ପାରେ ।



### ନିଜେ କରୋ

ଦୁଇଟା ପ୍ଲାସିଟିକେର ପ୍ଲାସ ନିଯେ ପ୍ଲାସଗୁଲୋର ନିଚେ ଦୁଇ ଛୋଟ ଫୁଟୋ କରୋ । (ମେକଟି ପିନ ଛୁଲୋଯ ଗରମ କରେ ଶର୍ଷ କରୋ ।) ସେଇ ଫୁଟୋ ଦିଯେ ସୁତା ଛୁକିଯେ ସୁତାଟା ବେଁଧେ ନାହିଁ (ଚିତ୍ର 7.12) । ଅଭାବେ ଦୁଇ ପ୍ଲାସିଟିକେର ପ୍ଲାସକେ ଏକଟା ଲଦ୍ବା ସୁତା ଦିଯେ ବେଁଧେ ନିଯେ ଦୁଇଇନ ଦୁଇ ଜାଗଗାର ଦାଁଡ଼ିଯେ ଏକଜନ କଥା ବଲୋ ଅନ୍ୟଜନ ଶୋଲୋ । (ସୁତାଟା ଯେଣ ଟାନ ଟାନ ଥାକେ, ତା ନା ହଲେ କିମ୍ବୁ କଥା ଶୋଲା ଯାବେ ନା) ଆମରା ବାତାମେ କଥା ଶୁଣିତେ ଶୁଣିତେ ଏତ ଅଞ୍ଜନ ହୁଏ ପେହି ଯେ ଧରେଇ ନିର୍ରେଖି ଶବ୍ଦ ବୁଝି ଶୁଶ୍ରୁ ବାତାମେଇ ଯାଯା । ଶବ୍ଦ ସେ ତରଜ କିମ୍ବା କଟିବ ପଦାର୍ଥର ଯତୋ ଅନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମ ଦିଯେଓ ସେତେ ପାରେ ଏହି ପରୀକ୍ଷାଟି ତାର ଏକଟା ପ୍ରମାଣ ।



## উদাহরণ

**ধরণ:** 1 kHz কম্পনের একটি সূর শব্দাকা বা টিউনিং ফর্ক দিয়ে শব্দ তৈরি করে সেটি বাতাসে, পানিতে এবং লোহার ভেতর দিয়ে অবাহিত হতে দিয়ে তার বেগ নির্ণয় করে দেখা গেছে শব্দের বেগ বাতাসে  $334 \text{ m/s}$ , পানিতে  $1493 \text{ m/s}$  এবং লোহার ভেতরে  $5130 \text{ m/s}$  কোন মাধ্যমে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত?

**উত্তর:** তরঙ্গের বেগ =  $\lambda f$  যেখানে  $\lambda$  তরঙ্গের দৈর্ঘ্য এবং  $f$  কম্পনক। এখানে কম্পনক  $1 \text{ kHz}$  বা  $1000 \text{ Hz}$  কাছেই

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

বাতাসে

$$\lambda = \frac{334 \text{ ms}^{-1}}{10^3 \text{ s}^{-1}} = 0.334 \text{ m}$$

পানিতে

$$\lambda = \frac{1493 \text{ ms}^{-1}}{10^3 \text{ s}^{-1}} = 1.49 \text{ m}$$

লোহায়

$$\lambda = \frac{5130 \text{ ms}^{-1}}{10^3 \text{ s}^{-1}} = 5.13 \text{ m}$$

### 7.3.1 প্রতিক্রিয়া

শব্দ যেহেতু এক ধরনের তরঙ্গ তাই তার প্রতিক্রিয়া হতে পারে। সাধারণত বড় কাঁকা দালানের ভেতর কথা বললে এক ধরনের গমগম আওয়াজ হয়, সেটি প্রতিক্রিয়া ছাড়া আর কিছু নয়। দালানের ভেতর দূরত্ব বেশি নয় বলে শব্দটা আলাদাভাবে শুনতে পাই না। আমরা যখন কিছু শুনি তার অন্তর্ভুক্তি 0.1 s পর্যন্ত থেকে যাই তাই দৃটি শব্দ আলাদাভাবে শুনতে হলে দৃটি শব্দের মাঝে কমপক্ষে 0.1 s এর একটা ব্যবধান থাকা দরকার। শব্দের বেগ  $330 \text{ m/s}$  কাছেই 0.1 s এর ব্যবধান তৈরি করতে শব্দকে কমপক্ষে 33 m দূরত্ব অতিক্রম করতে হব। একটি বড় দেয়াল, দালান কিংবা খাড়া পাহাড়ের সামনে কমপক্ষে এই দূরত্বের অর্ধেক দূরত্বে (16.5 m) দাঁড়ালে শব্দটি সিলে প্রতিক্রিয়িত হবে কিন্তু আসতে 0.1 s সময় লাগবে এবং আমরা শব্দের প্রতিক্রিয়া শুনতে পাব।

বালুড়ের চোখ আছে এবং সেই চোখে বেশ ভালো দেখতে পায়, তারপরও তারা খড়ার সময় শব্দের প্রতিক্রিয়া ব্যবহার করে। বালুড় খড়ার সময় তার কষ্ট থেকে শব্দ তৈরি করে, সামনে কোলো কিছু

ধাকলে শব্দটি সেখানে প্রতিফলিত হয়ে ফিরে আসে, কতক্ষণ পর শব্দটি ফিরে এসেছে সেখান থেকে বাদুড় দূরবৃত্তি অনুমান করতে পারে। এ জন্য অন্ধকারেও বাদুড় কোথাও ধাকা না থেকে উচ্ছে যেতে পারে। বাদুড়ের তৈরি এই শব্দ আমরা শুনতে পাই না, কারণ শব্দটি আলোসাউন্ড অর্ধাং আমাদের শ্বেতার বাইরের কঙ্কালের শব্দ। বাদুড় প্রায় 100 kHz কঙ্কালের শব্দ তৈরি করতে পারে।

### 7.3.2 শব্দের বেগের পার্শ্বক্ষণ্য

বাতাসে শব্দের বেগ তাপমাত্রার বর্গমূলের সমানুপাতিক। অর্ধাং  
 $v \propto \sqrt{T}$

এখানে তাপমাত্রা কিন্তু সেলসিয়াস তাপমাত্রা নয়। কেবলমাত্র স্কেলে তাপমাত্রা।

শব্দের বেগ বাতাসের চাপের উপর নির্ভর করে না। তবে বাতাসের ঘনত্বের বর্গমূলের উপর বৃক্ষানুপাতিকভাবে নির্ভর করে। তাই বাতাসে জলীয়বালি ধাকলে বাতাসের ঘনত্ব ক্ষয়ে যায়, সে অন্য শব্দের বেগ বেড়ে যায়।

শব্দ একটি যান্ত্রিক তরঙ্গ। এটি মাধ্যমের প্রতিস্থাপকভাবে উপর নির্ভর করে। তরঙ্গ এবং কঠিন পদার্থের প্রকৃতি বাতাস থেকে ভিন্ন এবং স্বাভাবিক কারণেই শব্দের বেগ সেখানে ভিন্ন। তরঙ্গে শব্দের বেগ বাতাস থেকে বেশি এবং কঠিন পদার্থে শব্দের বেগ তরঙ্গ থেকেও বেশি। 7.01 টেবিলে বিভিন্ন মাধ্যমে শব্দের বেগ সেখানে হয়েছে।



নিজে করো

একটা টেবিলের এক মাধ্যম একজন কান লাগিয়ে রাখে, আরেকজনকে বলে টেবিলের অন্য মাধ্যম হালকা ঠোকা দিতে। ঠোকার শব্দটি ঝুমি স্পট শুনতে পাবে, কারণ কঠিন পদার্থ বাতাস থেকে অনেক ভালো শব্দের মাধ্যম।



উদাহরণ

প্রশ্ন: কোনো জায়গার শীতকালে তাপমাত্রা  $10^{\circ} \text{ C}$  এবং শব্দের বেগ  $332 \text{ m/s}$ , গ্রীষ্মকালে তাপমাত্রা  $30^{\circ} \text{ C}$  হলে শব্দের বেগ কত?

টেবিল 7.01: বিভিন্ন

মাধ্যমে শব্দের বেগ

মাধ্যম	m/s
বাতাস	330
হাইড্রোজেন	1,284
পারদ	1,450
পানি	1,493
লোহা	5,130
হীরা	12,000

**উত্তর:**

$$v \propto \sqrt{T}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

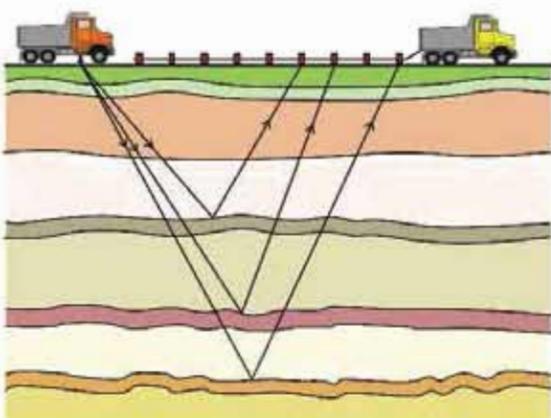
$$v_1 = v_2 \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = 332 \sqrt{\frac{273 + 30}{273 + 10}} \text{ m/s} = 343.5 \text{ m/s}$$

### ৭.৩.৩ শব্দের ব্যবহার

শব্দের অচলিত ব্যবহারের কথা নিচেই আর কাউকে আলাদা করে বলতে হবে না, আমরা কথা বলি, গান শুনি, ডাঙুরং ক্ষেত্রসমন শোনেন, ইজিনিয়ারং ব্যাপাতির শব্দ শোনেন ইত্যাদি ইত্যাদি। শব্দের আরো কিছু ব্যবহার আছে, যার কথা তোমরা হয়তো শোনোনি। স্বতন্ত্রসম্ভব মায়ের গর্ভে যে নবজাতকটি বড় হয় বাইরে থেকে তাকে দেখার কোনো উপায় ছিল না, এখন আলগ্রাসমোপ্রাকি নামে একটি প্রক্রিয়ার সেটি দেখা সম্ভব হয়। শেষ অংশে সেটি আলোচনা করা হয়েছে।

#### গিয়ারিক সিস্টেম দ্বারা

মাটির নিচে গ্যাস বা তেল আছে কি না দেখার জন্য সিস্টেম দ্বারা করা হয়। এটি করার জন্য মাটির খানিকটা নিচে ছেট বিস্ফোরণ করা হয়, বিস্ফোরণের শব্দ মাটির নিচের বিভিন্ন স্তরে আবাত করে প্রতিক্রিয়া হয়ে উপরে ফিরে আসে। জিওফোন (Geophone) নামে বিশেষ এক ধরনের রিসিভারে সেই প্রতিক্রিয়া তরঙ্গকে ধারণ (Detect) করা হয় (চিত্র ৭.১৩)। সমন্ত তরঙ্গ বিস্ফোরণ করে মাটির নিচের নিখুঁত গিয়ারিক ছবি বের করে কোথায় গ্যাস বা কোথায় তেল আছে তা বের করে নেওয়া হয়। শব্দের উৎসটি কোথায়



চিত্র ৭.১৩: শব্দ তরঙ্গে প্রতিক্রিয়া থেকে স্ক্যুটের ডিজিটাল স্কেলে তথ্য জানা যায়।

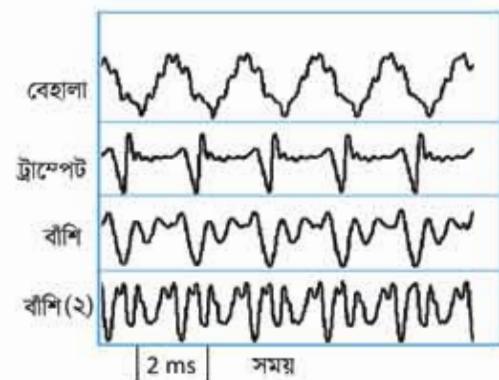
আছে এবং জিওফোন কোথায় আছে দুটিই জানা থাকার কারণে উৎস থেকে জিওফোনে শব্দ আসতে কভুক্তু সময় লেগেছে জানতে পারলেই বিভিন্ন স্তরের দূরত্ব নির্ণয়ভাবে বের করা যায়।

### আলট্রাসাউণ্ড ক্লিনার

স্যাবেরেটেরিতে যখন ছেটখাটো ঘজপাতি নির্মুতভাবে পরিষ্কার করতে হয় তখন আলট্রাসাউণ্ড ক্লিনার ব্যবহার করা হয়। এখানে কোনো একটি তরঙ্গে ছেটখাটো ঘজপাতি ভূবিয়ে রেখে তার ক্ষেত্রে আলট্রাসাউণ্ড পাঠানো হয়, তার ক্ষমতে ঘজপাতির সব মরশ্ডা বের হয়ে আসে।

#### ৭.৩.৪ সুরক্ষিত শব্দ

আমাদের চারপাশে নানা ধরনের শব্দ রয়েছে তার মাঝে কিছু কিছু শব্দ শুনতে আমাদের ভালো লাগে আবার কিছু কিছু শুনতে আমাদের বিপৰ্য্যুক্ত হয়। যে সকল শব্দ শুনতে আমাদের ভালো লাগে তার মাঝে সবচেয়ে অধিক হচ্ছে বিভিন্ন বাস্তবজ্ঞের শব্দ। ৭.১৪ তিনি বেশ কয়েকটি বাস্তবজ্ঞের শব্দের তরঙ্গ দেখানো হয়েছে। তোমরা দেখতেই পাই এর সবগুলোই পরিষ্কৃত ক্ষমতা। সুরক্ষাকা বা টিউনিংবৰ্ক থেকে নির্মুত একটি ক্ষমতার শব্দ বের হয়। কিছু সুরক্ষিত শব্দে শুধু একটি তরঙ্গ থাকে না, একাধিক তরঙ্গ পরম্পরার উপর উপস্থাপন করে শব্দটাকে সুরেলা করে তোলে।



চিত্র ৭.১৪: তিনি তিনি বাস্তবজ্ঞের শব্দ তরঙ্গ।

সুরেলা শব্দকে বাধ্য করার জন্য অনেকগুলো বৈশিষ্ট্য সংজ্ঞায়িত করা হয়েছে তার মাঝে পুরুষপূর্ণ তিনটি হচ্ছে:

**তীব্রতা (Intensity):** একটি সুরেলা শব্দ কত জোরে শোনা যাবে তার পরিমাণ হচ্ছে তীব্রতা। অর্থাৎ একক ক্ষেত্রফল দিয়ে যে পরিমাণ শব্দ শক্তি যাই তাকে শব্দের তীব্রতা বলে। শব্দের তীব্রতার একক হচ্ছে  $\text{Wm}^{-2}$

**তীক্ষ্ণতা (Pitch):** সুরক্ষিত শব্দের যে বৈশিষ্ট্য দিয়ে একই তীব্রাকান্ত শব্দকে কখনো মোটা কখনো তীক্ষ্ণ শোনা যাবে তাকে তীক্ষ্ণতা বা পিচ বলে। তীক্ষ্ণতার একক হচ্ছে Hz।

**টিম্বের (Timbre):** তিম তিম বাস্তবজ্ঞ থেকে আসা শব্দের পার্থক্য যে বৈশিষ্ট্য দিয়ে বোঝা যায় সেটা হচ্ছে টিম্বের বা সুরের গুণ।

সুরেলা শব্দ তৈরি করার জন্য নানা ধরনের বাস্তবজ্ঞের ব্যবহার করা হয়, সেগুলোকে মোটাযুক্তি তিনি ভাগে ভাগ করা যায়:

তার দিয়ে তৈরি বাদ্যযন্ত্র: একতারা, বেহালা, সেতার  
 বাতাসের প্রবাহ দিয়ে তৈরি বাদ্যযন্ত্র: বাঁশি, হারমোনিয়াম  
 আঘাত (Percussion) দিয়ে শব্দ তৈরি করার বাদ্যযন্ত্র: ঢোল, তবলা

আজকাল ইলেকট্রনিকস ব্যবহার করে সম্পূর্ণ ভিন্ন উপায়ে সুরেলা শব্দ তৈরি করা হয়।

### 7.3.5 শব্দের দূষণ

শব্দ আমাদের জীবনের খুব প্রয়োজনীয় একটি বিষয়, কিন্তু এর বাড়াবাড়ি আমাদের জীবনকে অসহ্যনীয় করে তুলতে পারে। আমরা যারা শহরে থাকি, বিশেষ করে যারা বড় একটি রাস্তার পাশে থাকি তারা নিচয়ই লক্ষ করেছি রাস্তায় বাস, গাড়ি, ট্রাকের ইঞ্জিনের শব্দ এবং অনবরত হর্নের শব্দ প্রায় সময়ই সহনশীল সহ্যসীমার বাইরে চলে যায়। দীর্ঘদিন এই শব্দদূষণে থাকতে থাকতে আমরা অনেক সময় তাতে অভ্যস্ত হয়ে যাই। তখন যদি শব্দদূষণ নেই সে রকম কোনো নিরিবিলি জায়গায় যাওয়ার সৌভাগ্য হয় তখন হঠাতে করে শব্দদূষণ ছাড়া জীবনের অনেকটুকুর গুরুত্বটুকু ধরতে পারি। বিভিন্ন ধরনের শব্দের পরিমাণ 7.02 টেবিলে দেখানো হয়েছে।

টেবিল 7.02: বিভিন্ন ধরনের শব্দের পরিমাণ

জেট ইঞ্জিন	110-140 dB
ট্রাফিক	80-90 dB
গাড়ি	60-80 dB
টেলিভিশন	50-60 dB
কথাবার্তা	40-60 dB
নিঃশ্বাস	10 dB
মশার পাখার শব্দ	0 dB

এটি বলার অপেক্ষা রাখে না শব্দদূষণের কারণে আমাদের শোনার ক্ষমতার অনেক ক্ষতি হয়। সমস্যাটি বাড়িয়ে তোলার জন্য আমাদের অনেকে অপ্রয়োজনেও কানে হেডফোন লাগিয়ে গান শোনে।

শব্দদূষণ কমানোর জন্য প্রথম প্রয়োজন দেশে এর বিরুদ্ধে আইন তৈরি করা যেন কেউ শব্দদূষণ করতে না পারে এবং করা হলে তার বিরুদ্ধে আইনি ব্যবস্থা নেওয়া যায়। এরপর প্রয়োজন জনসচেতনতা। সবাইকে বিষয়টি বোঝাতে হবে, যথাসম্ভব কম হ্রন্স ব্যবহার করে চলাচল, কলকারখানায় শব্দ শোষণের যন্ত্র চালু, মাইকের ব্যবহার কমিয়ে কিংবা বন্ধ করে দেওয়া, কম শব্দের যানবাহন ব্যবহার ইত্যাদি। একই সাথে শহরের ফাঁকা জায়গায় প্রচুর গাছ লাগিয়ে শব্দকে শোষণ করার মতো ব্যবস্থাও নেওয়া উচিত।

## অনুশীলনী

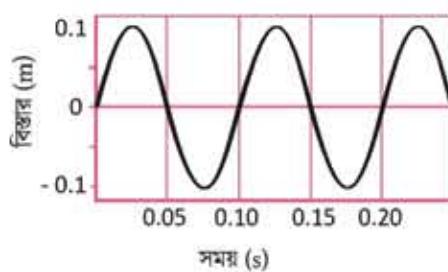
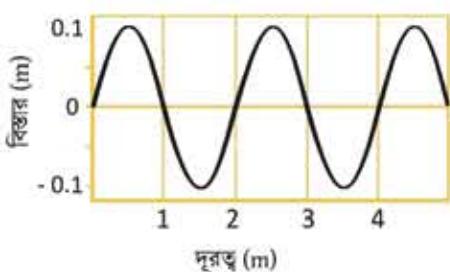


### সাধারণ প্রশ্ন

- দেখাও যে একটি তরঙ্গ শক্তিকে এক জারপা থেকে অন্য জারপায় নিতে পারে।
- শিস দিলে শব্দ হয় কেন?
- “তরঙ্গ প্রবাহিত হওয়ার সময় মাধ্যম প্রবাহিত হয় না, নিজ অবস্থানে তার সরল ছলিত স্থান হয়” সত্য না যিষ্টায়?
- বাঞ্চাত হলে শব্দ হয় কেন?
- ওড়ার সময় আলট্রাসাউন্ড শব্দ তৈরি না করে ইনফ্রা-স্কেটিং শব্দ তৈরি করলে বানুকের কী সমস্যা হতো?



### গাণিতিক প্রশ্ন



চিত্র 7.15: অবস্থান এবং সময়ের সাপেক্ষে একটি তরঙ্গ।

- 7.15 চিত্রে অবস্থান এবং সময়ের সাপেক্ষে একটি তরঙ্গ দেখানা হয়েছে। তরঙ্গাতির বেগ কত?
- বেগ এবং শব্দের বেগ-এর অনুপাতকে *MACH* বলে। *MACH 9* যুক্তবিমানের পতিবেগ কত?
- কোনো একটি শহরে গ্রীষ্মকালে শব্দের বেগ 0.05% বেড়ে গেছে। শীতকালে তাপমাত্রা  $10^{\circ} \text{ C}$  হলে গ্রীষ্মকালে তাপমাত্রা কত?

৪. আমরা 20 Hz থেকে 20 kHz পর্যন্ত শব্দ শুনতে পারি। 20 Hz এবং 20 kHz শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত?

৫.  $dB = 10 \log \left( \frac{P_2}{P_1} \right)$ ,  $P_2$  জেট ইঞ্জিনের শব্দ এবং  $P_1$  মশার পাখার শব্দ হলে, জেট ইঞ্জিনের শব্দ মশার পাখার শব্দ থেকে কত গুণ বেশি?



### বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তরটির পাশে ঠিক (✓) টিক দাও

১. শব্দ কোন ধরনের তরঙ্গ?

- (ক) ডিম্বক তরঙ্গ (খ) তাঙ্গিতচৌমুক তরঙ্গ  
(গ) অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ (ঘ) বেতার তরঙ্গ

২. শব্দের বেগ কোন মাধ্যমে সরচেরে বেশি।

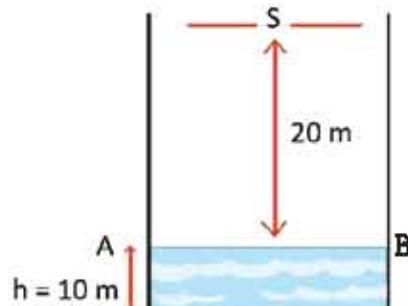
- (ক) কঠিন (খ) তরঙ্গ  
(গ) প্যাসীয় (ঘ) প্লাজমা

৩. বৈদ্যুতিক সাইনে মৃত বাদুড় ঝুলে থাকতে দেখা যায় কেন?

- বৈদ্যুতিক তারপুলোর অবস্থান এবং মধ্যবর্তী দূরত্ব সম্পর্কে ভাবক্ষণিকভাবে সুলভ ধারণা না থাকায়।
- সামনের দিকের শব্দেন্তর তরঙ্গের অভিক্ষমণি শুনতে না পাওয়ায়।
- বাদুড় একটি তারে ঝুলে অপর তারটি ঝর্ণ করায়।

নিচের কোন উত্তরটি সঠিক

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii  
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii



চিত্র 7.16

7.16 চিত্রে S একটি শব্দ উৎস এবং AB পানির পৃষ্ঠাতল। শব্দের বেগ  $332 \text{ m/s}$  থেরে নিয়ে এবং পাশের তথ্য ও চিত্রের ক্ষিতিতে 4 ও 5 নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

৪. পানির উচ্চতা  $h$  এর মান সর্বোচ্চ কত পর্যন্ত প্রতিখনি শোনা যাবে?

- (ক) 13.40 cm      (খ) 13.40 m  
 (গ) 3.40 m      (ঘ) 3.40 cm

৫. অদৃশ চিত্রের ক্ষেত্রে প্রতিখনি শুনতে কত সময় প্রয়োজন হবে?

- (ক) 0.10 s      (খ) 0.12 s  
 (গ) 0.14 s      (ঘ) 0.18 s



### সৃজনশীল প্রশ্ন

১. রাকসান দশম শ্রেণির নির্বাচনী পরীক্ষা দিচ্ছে। পরের দিন তার পদার্থবিজ্ঞান পরীক্ষা। পাশের বাড়িতে বিশেষ অনুষ্ঠান। সেখানে রাত দুইটা পর্যন্ত জোরে জোরে গান বাজল। উচ্চ শব্দের জন্য তার পঢ়াশোনার দারুণ ব্যাধাত ঘটল। তার বাবা উচ্চন্ত্রচাপের মোগী। তাঁরও অসুবিধা হলো।

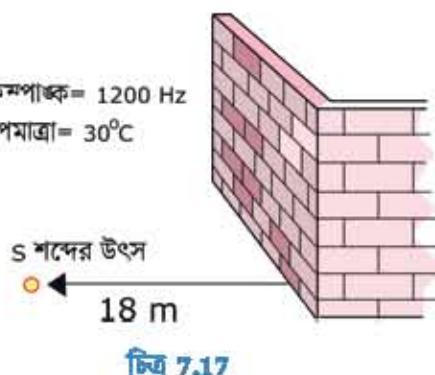
- (ক) শব্দদূষণ কী?  
 (খ) শব্দদূষণের কারণ ব্যাখ্যা করো।  
 (গ) রাকসানের বাবার কী অসুবিধা হতে পারে এবং এ প্রস্তুত অনুষ্ঠানে শব্দদূষণের প্রভাব লিখ।  
 (ঘ) রাকসানের এলাকায় শব্দদূষণ প্রতিরোধে কী কী ব্যবস্থা নেওয়া যেতে পারে?

২. নিচের তথ্য ও ৭.17 চিত্রের ভিত্তিতে

প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।

- (ক) পর্যায়বৃত্ত গতি কাকে বলে?  
 (খ) পানির চেতু অনুপ্রস্থ তরঙ্গ কেন? ব্যাখ্যা করো।  
 (গ) শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।  
 (ঘ) S অবস্থান থেকে প্রতিখনি শোনা সম্ভব কি? গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাচাই করো।

শব্দের কম্পাক্ষ = 1200 Hz  
 বায়ুর তাপমাত্রা =  $30^{\circ}\text{C}$



৩. গ্রীষ্মকালীন ছুটিতে নুসরাত ছোট বোন ও পরিবারসহ সাজেক বেড়াতে গেল। সেখানে নুসরাত তার ছোট বোনকে প্রতিধ্বনির বাস্তবিক প্রদর্শন করার জন্য পাহাড়ের পাশে দাঁড়িয়ে চিংকার করল কিন্তু কোন প্রতিধ্বনি শুনতে না পেয়ে মন খারাপ করল। তখন তার বাবা নুসরাতকে আরও ৩ মিটার সরে গিয়ে আবার শব্দ করতে বললেন এবং এইবার নুসরাত প্রতিধ্বনি শুনতে পেল। ঐ দিন ঐ স্থানে শব্দের বেগ ও কম্পাঙ্গ যথাক্রমে  $332 \text{ m/s}$  ও  $1328 \text{ Hz}$ .

(ক) প্রতিধ্বনি কী?

(খ) প্রতিধ্বনি শোনার জন্য একটা ন্যূনতম দূরত্বের প্রয়োজন কেন?

(গ) নুসরাতের উচ্চারিত শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত?

(ঘ) নুসরাত চিংকার করার  $0.3$  সেকেন্ড পর প্রতিধ্বনি শুনতে চাইলে নুসরাতকে আরও কতটা পেছনে যেতে হবে?

# অষ্টম অধ্যায়

## আলোর প্রতিফলন

### (Reflection of Light)



আমরা চারপাশের যা কিছু আছে সেগুলো থেকে যখন আলো প্রতিফলিত হয়ে আমাদের চোখে এসে পড়ে আমরা তখন সেগুলো দেখতে পাই। আলোর অধ্যায়ে শব্দকে তরঙ্গ হিসেবে জেনেছি, এই অধ্যায়ে আমরা আলোকে তরঙ্গ হিসেবে জানব, তবে সেটি হবে সম্পূর্ণ ভিন্ন এক ধরনের তরঙ্গ যার নাম বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ।

আলো যখন সমতল আয়নার প্রতিফলিত হয় তখন সেটি প্রতিবিষ্ফুল তৈরি করে, আমরা সবাই সেই প্রতিবিষ্ফুলের সাথে পরিচিত। সমতল আয়না না হয়ে গোলাকৃতির আয়নাও ব্যবহার করা যায় তখন সেটি যে প্রতিবিষ্ফুল তৈরি করবে সেটি হবে অন্যরকম। এই অধ্যায়ে আমরা নানা ধরনের আয়নার নানা ধরনের প্রতিবিষ্ফুলের বিষয়গুলোও আলোচনা করব।

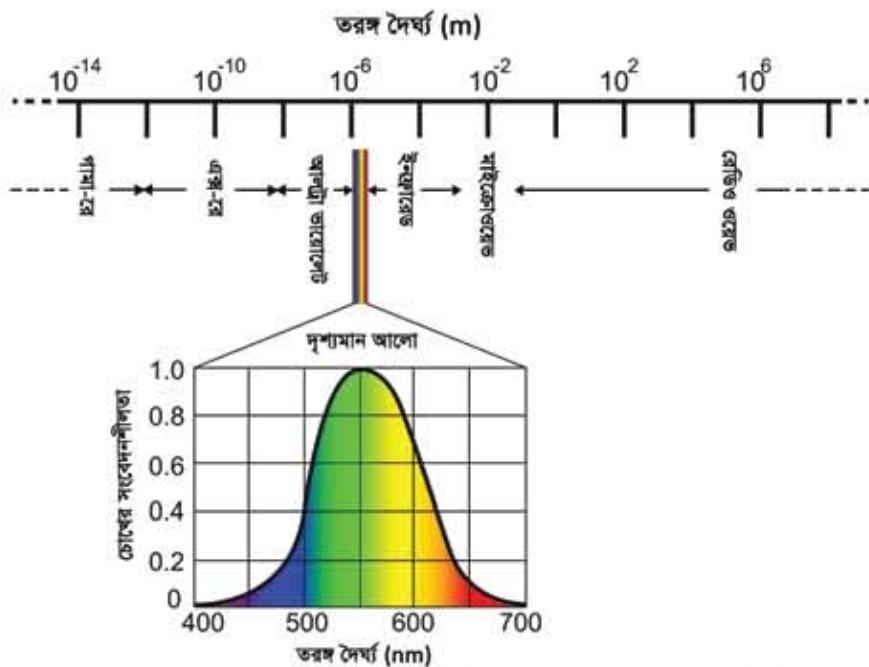


## এ অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা

- আলোর প্রকৃতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- আলোর প্রতিফলনের সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারব।
- দর্শণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- প্রতিবিম্ব ব্যাখ্যা করতে পারব।
- আলোক রশ্মির ক্রিয়ারেখা অঙ্কন করে দর্শণে সৃষ্টি প্রতিবিম্ব ব্যাখ্যা করতে পারব।
- দর্শণে প্রতিবিম্ব সৃষ্টির কিছু সাধারণ ঘটনা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- দর্শণের ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব।
- বিবরণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- প্রতিবিম্ব সৃষ্টি প্রদর্শন করতে পারব।
- আমদের জীবনে বিভিন্ন আলোকীয় ঘটনার প্রভাব এবং এদের অবদান উপস্থিতি করতে পারব এবং প্রশংসা করতে পারব।

## ৪.১ আলোর প্রকৃতি (Nature of Light)

আমরা চোখে যেটা দেখতে পাই, সেটা হচ্ছে আলো। আমরা চোখে গাছপালা দেখি, আকাশ দেখি, চেরাম-টেবিল দেখি, মানুষ দেখি, তার মানে এই সব যে গাছপালা, আকাশ, চেরাম-টেবিল কিংবা মানুষ হচ্ছে আলো। এগুলো থেকে আলো প্রতিফলিত হয়ে সেই আলোটা আমাদের চোখে পড়ে, চোখের



চিত্র ৪.০১: আলোর স্পেক্ট্রাম এবং তিনি তিনি তরঙ্গের সংবেদনশীলতা।

গ্রেটিনা থেকে সেই আলো দিয়ে তৈরি সংকেত আমাদের অস্তিত্বে পৌঁছায় আর আমাদের অস্তিত্ব বৃক্ষতে পারে কোনটা গাছপালা কিংবা কোনটা মানুষ। পুরো ব্যাপারটা শুধু হয় চোখের মাঝে আলো ঢোকা থেকে।

আলো হচ্ছে বিন্দুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ। তরঙ্গ হলোই তার একটা তরঙ্গ দৈর্ঘ্য থাকে, তার মানে আলোরও নিচয়ই তরঙ্গ দৈর্ঘ্য আছে। আমরা যারা পুরুলে চিল ছুঁড়ে কিংবা একটা দাঙ্গিতে শীকুনি দিয়ে তরঙ্গ তৈরি করেছি, তারা জানি যে ইচ্ছে করলেই ছেট-বড় তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের তরঙ্গ তৈরি করা যাব, তাই আলোরও নিচয়ই নানা তরঙ্গ দৈর্ঘ্য থাকতে পারে। কথাটা সঠিক, বিন্দুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গের দৈর্ঘ্য যা কিছু হতে পারে। সেটা কয়েক কিলোমিটার থেকেও বেশি হতে পারে আবার এক

গিটারের ট্রিলিয়ন ট্রিলিয়ন ভাসের এক ভাগও হতে পারে। যে বিষয়টা আমাদের ভালো করে জানা সরকার, সেটি হচ্ছে এই সঙ্গীত বিশাল তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের ছোট একটা অংশ আমরা দেখতে পাই, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য এর থেকে বেশি হলেও আমরা দেখতে পাই না আবার এর থেকে ছোট হলেও আমরা দেখতে পাই না। তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 400 nm থেকে 700 nm এর ভেতরে হলে আমরা বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ দেখতে পাই এবং সেটাকে আমরা বলি আলো। আমরা বে চোখে নানা রং দেখতে পাই সেগুলোও আসলে বিভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো। তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যখন ছোট হয় সেটা হয় বেগুনি। যখন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বাঢ়তে থাকে তখন সেটা নীল সবুজ হলুদ কমলা শাল হয়ে চোখের কাছে অনুষ্ঠ হয়ে থার। মানুষের চোখ এই ব্যাপ্তির বাইরে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য দেখতে পার না—বিচ্ছু পোকামাকড় বা অন্য অনেক প্রাণী এর বাইরেও দেখতে পার। বিভিন্ন আলোতে মানুষের চোখের সংবেদনশীলতা ৪.০১ চিহ্নে দেখানো হয়েছে।



### নিজে করো

তোমরা নিচ্যই কল্পিতারে কিংবা সিডি প্রেমারে ব্যবহার করার সিডি দেখেছ। এরকম একটি সিডি সূর্যের আলোতে ধরে আলোটিকে কাছাকাছি দেয়ালে প্রতিফলিত করো। তুমি সেখানে সূর্যের আলোর পুরো স্পেক্ট্ৰামটি দেখতে পারবে। সিডিতে আসলে খুবই সূক্ষ খাঁজ কাটা থাকে, এই খাঁজগুলো প্রেটিং হিসেবে কাজ করে, যেটি রংগুলোকে বিজ্ঞ করে দেয়।

৪.০১ চিহ্নে আলোর বিভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের নাম দেখানো হয়েছে। তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যদি দৃশ্যমান আলোর সবচেয়ে ছোট তরঙ্গ দৈর্ঘ্য থেকেও ছোট হয়, সেটাকে আমরা বলি আল্ট্রা ভারোলেট আলো, আরো ছোট হলে এআর-রে আরো ছোট হলে গামা রে—যেটা ডেজিঙ্গেল লিউক্স্ট্রিয়াল থেকে বের হয়। আবার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যদি দৃশ্যমান আলোর সবচেয়ে বড় তরঙ্গ দৈর্ঘ্য থেকেও বড় হয়, সেটাকে আমরা বলি ইনফ্ৰাৱেড, আরো বড় হলে মাইক্ৰোওভেন্স, আরো বড় হলে রেডিও ওভেন্স। পদার্থবিজ্ঞান শিখতে হলে যে বিষয়গুলো জানতে হয়, বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গের এই বিভাজনটি হচ্ছে তার সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ একটা বিষয়।



### নিজে করো

ইনফ্ৰাৱেড আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বেশি বলে আমরা খালি চোখে দেখতে পাই না। টেলিভিশনের রিমোট কন্ট্ৰুল কৰাৰ ইউনিট থেকে ইনফ্ৰাৱেড আলো বেৰ হয় বলে আমরা সেখান থেকে আলো বেৰ হতে দেখি না। এটিকে যোৰাইলেৰ ক্যামেৰা দিয়ে দেখতে পাৱো কাৰণ যোৰাইলেৰ ক্যামেৰায় ছুবি তোলাৰ জন্ম সিসিডি নামে যে আলোক সংবেদনশীল আইলি ব্যবহাৰ কৰা হয় সেগুলো দৃশ্যমান আলোৰ সাথে খালি কল্পিতা ইনফ্ৰাৱেড আলো দেখতে পার।

তোমরা দেখতেই পাই আমরা আমাদের চোখে যে আলো দেখতে পাই তার ভবতা দৈর্ঘ্য খুবই ছোট কিন্তু পদার্থবিজ্ঞানের অনেক চমকপ্রদ পরীক্ষা আছে, যেগুলো দিয়ে আমরা এই ভবতের নানা চমকপ্রদ এক্সপ্রিমেন্ট করতে পারি।

আলো সমার্কে আমরা যদি জানতে চাই তাহলে শুরু করতে পারি প্রতিফলন দিয়ে।

## ৪.২ প্রতিফলন (Reflection)

প্রতিফলন কথাটা বলতেই আমাদের প্রায় সবার চোখেই আস্ত্রণার সাথে দাঢ়িয়ে থাকার চিহ্নটা ভেলে শুঠে কিন্তু মনে রাখতে হবে প্রতিফলন বিষয়টা আরো অনেক ব্যাপক। যখনই এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে আলোকে পাঠানো হয়, তখনই আসলে তিনটি তিমি তিমি ঘটনা ঘটে, তার একটি হচ্ছে প্রতিফলন। অন্য দুটি হচ্ছে প্রতিসরণ আর শোষণ। (চিত্র ৪.০২)

প্রথম মাধ্যম থেকে দ্বিতীয় মাধ্যমে যাবার সময় খালিকটা আলো আবার প্রথম মাধ্যমেই কিন্তু আসে সেটার নাম হচ্ছে প্রতিফলন। খালিকটা আলো দ্বিতীয় মাধ্যমে চুকে বেতে পারে সেটা হচ্ছে প্রতিসরণ। আবার খালিকটা আলো শোষিত হয়ে যায় সেটার নাম হচ্ছে শোষণ। এই অধ্যায়ে আমরা প্রতিফলন এবং পরের অধ্যায়ে প্রতিসরণ নিয়ে আলোচনা করব।



চিত্র ৪.০২: এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে আলোর প্রতিফলন, প্রতিসরণ ও শোষণ।

আপেই বলা হয়েছে আলো এক ধরনের ভবতা, সাধারণভাবে ভবতের যাঞ্চল্যার জন্য মাধ্যমের প্রয়োজন হয়, (পানি না থাকলে পানির টেক্টটা হবে কোথাই?) কিন্তু আলোর বিষয়টা সম্পূর্ণ তিমি, এটা যেহেতু বিনোদ এবং চৌম্বক ক্ষেত্রের ভবতা, তাই এটার জন্য কোনো মাধ্যমের দরকার নেই, আলো তার বিনোদ আর চৌম্বক ক্ষেত্রে দুটির ভবতা তৈরি করে নিজেরাই চলে যেতে পারে। কাজেই প্রতিফলন বা প্রতিসরণ ব্যাখ্যা করার জন্য বখন প্রথম এবং দ্বিতীয় মাধ্যমের কথা বলা হয়েছে, তখন একটি মাধ্যম আসলে শূন্য মাধ্যমও হতে পারত। সঙ্গে কথা বলতে কি আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আমরা কাচ বা পানিতে আলোর প্রতিফলন এবং প্রতিসরণের যে উদাহরণগুলো দেখি সেখানে একটা মাধ্যম বাতাস অন্তর্ভুক্ত কাচ (কিংবা পানি)। বাতাস এত হালকা মাধ্যম যে সেটাকে শূন্য মাধ্যম খরে নিলে এমন কিন্তু বড় ভুল হয় না।

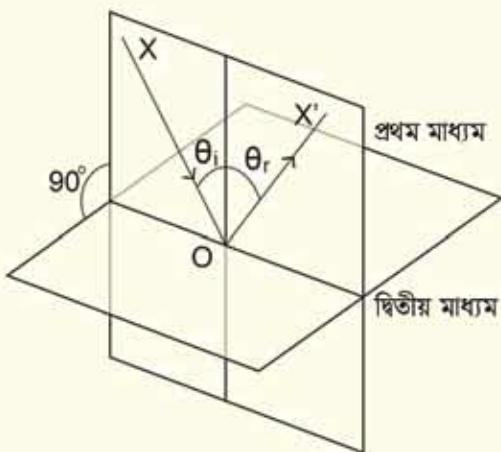
### ৪.2.1 প্রতিফলনের সূত্র

প্রতিফলনের সূত্র বোঝার আগে আমাদের কয়েকটা বিষয়কে সংজ্ঞায়িত করে নেওয়া দরকার। যখন এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে আলো এসে পড়ে আমরা আপাতত ধরে নিই সেটি হচ্ছে একটা সমতল। বিষয়টি বোঝার জন্ম আমরা ধরে নিই যে আলোটা প্রতিফলিত হবে, সেটা একটা আলোক রেখা বা আলোক রশ্মি। যখন একটা আলোক রশ্মি এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমের শুগৰ একটা বিস্তৃত এসে পড়ে থাইমেই সেই বিস্তৃত থেকে একটা সম কল্পনা করে নিতে হবে। যে আলোক রশ্মিটি এসে সেই বিস্তৃতিতে পড়েছে এবং যে সমষ্টি কল্পনা করেছে সেই দৃষ্টি রেখাকে নিয়ে একটি সমতল কল্পনা করে নাও। (চিত্র ৪.০৩)

যে রশ্মিটি প্রথম মাধ্যম থেকে দ্বিতীয় মাধ্যমে ঢোকার জন্য একটা বিস্তৃত আপত্তি হয়েছে আমরা সেটাকে বলব, আপাতন রশ্মি ( $XO$ )। যে রশ্মিটি প্রতিফলিত হয়েছে ( $OX'$ ) সেটা হচ্ছে প্রতিফলিত রশ্মি (বোঝাই যাচ্ছে যেটা দ্বিতীয় মাধ্যমে চুক্কে যাবে সেটা প্রতিসরিত রশ্মি—এই অধ্যায়ে সেটা নিয়ে আমরা আলোচনা কৰব না।) আপত্তি রশ্মি লভের সাথে যে কোণ করবে, সেটাকে বলব আপাতন কোণ ( $\theta_1$ ), প্রতিফলিত রশ্মি লভের সাথে যে কোণ ( $\theta_2$ ) করবে, সেটাকে বলব প্রতিফলন কোণ। এখন আমরা প্রতিফলনের সূত্র দৃষ্টি বলতে পারি:

**প্রথম সূত্র:** আপাতন রশ্মি এবং সম নিয়ে আমরা যে সমতলটি কল্পনা করে নিয়েছিলাম প্রতিফলিত রশ্মিটি সেই সমতলেই থাকবে।

**দ্বিতীয় সূত্র:** প্রতিফলন কোণটি হবে আপাতন কোণের সমান।



চিত্র ৪.০৩: প্রথম মাধ্যম থেকে দ্বিতীয় মাধ্যমে আলোর প্রতিফলন।



উদাহরণ

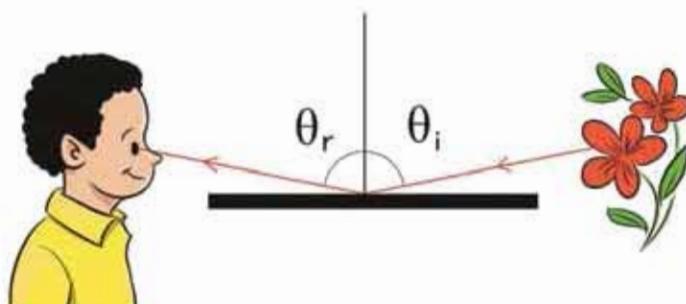
ধরা: ৪.০৪ চিত্রে দেখানো অবস্থার দৃষ্টি আয়না রাখা আছে। মাঝখানে  $x$  বিস্তৃত একটি মোমবাতি রাখা হয়েছে। মোমবাতির প্রতিবিম্ব কোথায় হবে?

**উক্তব্য:** আয়নায় প্ৰতিবিষ্ফুল দেখা যাবে। সেই প্ৰতিবিষ্ফুলৰ প্ৰতিবিষ্ফুলটিও আয়না দুটিতে দেখা যাবে, এভাৱে চলতোই থাকবে। কাজেই ৪.০৪ টিমে যেভাবে দেখালো হয়েছে, সেভাবে অসংখ্য প্ৰতিবিষ্ফুল দেখা যাবে।



চিত্ৰ ৪.০৪: দুটি সমান্তৰাল আয়নাৰ মাঝখালে একটি যোগবাক্তি  $X$  মাঝা হলে তাৰ প্ৰতিবিষ্ফুল  $X'$  এবং  $X'$  প্ৰতিবিষ্ফুলৰ প্ৰতিবিষ্ফুল  $X''$ ,  $X'''$  ... তৈরি হতে থাকে।

প্ৰতিফলনেৰ দুটি সূত্ৰ বলা হলোই প্ৰতিফলন নিয়মে সবকিছু বলা হয়ে যাব না, সত্যি কথা বলতে কি প্ৰতিফলনেৰ সবচেয়ে গুৰুত্বপূৰ্ণ বিবৃতাই বলা হয়নি, কিন্তু প্ৰতিফলন হবে? প্ৰতিফলনেৰ জন্য যদি আয়না ব্যবহাৰ কৰা হয় তাহলে প্ৰাৱ পুৱোটাই প্ৰতিফলিত হয়, কিন্তু প্ৰতিফলন কথাটি তো শুধু আয়নাৰ জন্য তৈৱি কৰা হয়নি—এটা তো যেকোনো দুটো মাধ্যমেৰ মাবে হতে পাৱে। কিন্তু প্ৰতিফলন হবে সেটাৰ জন্য সূত্ৰটিৰ নাম ফ্ৰেনেলেৰ (Fresnel) সূত্ৰ। সূত্ৰটা তোমৰা আৱেকটু বড় হয়ে শিখবে, এখন এটাৰ মূল বিবৃতা জেনে শুধু রাখো—আগামত কোণ বজা বেশি হবে প্ৰতিফলনও হবে তত বেশি (চিত্ৰ ৪.০৫)। তোমৰা দেখেছ সাধাৰণ এক টুকুজো কাঠে প্ৰতিফলন হয় কম, মাত্ৰ ৪% থেকে ৫%, বাকিটা ভেজৱে দিয়ে প্ৰতিসংৰিত হয়ে যাব। কিন্তু প্ৰতিফলন কোণ যদি বেশি হয়  $80^{\circ}$  কিংবা  $90^{\circ}$  এৰ কাছাকাছি, তাহলে প্ৰতিফলিত আলো অনেক বেশি বেড়ে যাব। জানালাৰ কাচৰ পাশে দাঁড়িয়ে তোমৰা এখনই সেটা পৰীকা কৰে দেখতে পাৱো।



চিত্ৰ ৪.০৫: আগামত কোণ বেশি হলে প্ৰতিফলন অনেক বেশি হয়।

### ଶୋଷଣ

ଆମାଦେର ଚାରପାଶେର ଜଗତେର ସୌନ୍ଦର୍ଯ୍ୟର ବଢ଼ ଏକଟା ଅଳ୍ପ ଆମେ ବିଭିନ୍ନ ରଂ ସେବକେ କିନ୍ତୁ ଉପରେ ଆମେ କେମନ କରେ? ଆମରା ସଖନ ସବୁଜ ପାତାର ମାଝେ ଏକଟା ଲାଲ ଗୋଲାପ ଫୁଲ ଦେଖି, ସେହି କେମ ଲାଲ କିମ୍ବା ତାର ପାତାଟି କେମ ସବୁଜ? ବିବିହାଟା ଆମୋ ବିଶ୍ୱାସକର ମନେ ହଜେ ପାରେ ସଖନ ତୋମରା ଦେଖିବେ ସବୁଜ ଆମୋତେ ଲାଲ ଫୁଲଟାକେଇ ଦେଖାବେ କୁଚକୁଚେ କାଳୋ କିମ୍ବା ଲାଲ ଆମୋତେ ସବୁଜ ପାତାକେ ଦେଖାବେ କୁଚକୁଚେ କାଳୋ ।

ବିବିହାଟା ଆମୋଲେ ସହଜ, ସାଧାରଣ ଆମୋତେ (ଅନେକ ସମ୍ବନ୍ଧ ବଲେ ସାଲା ଆମୋ), ଆମୋଲେ ସବଗୁଲୋ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟରେ ଥାକେ, ରଂ ଯେହେତୁ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟରେ ଓପର ନିର୍ଭର କରେ, ତାହିଁ ବଲା ସେବନେ ପାରେ ସେବନେ ସବ ରଙ୍ଗର ଆମୋ ରହେଛେ । ସଖନ ସବଗୁଲୋ ରଂ ଥାକେ ତଥନ ସେବନେ ଆମାଦାଭାବେ କୋନୋ ରଂ ଦେଖା ଯାଇ ନା—ତଥନ ଆମୋଟାକେ ଆମରା ବଲି ବନ୍ଧିଲ କିମ୍ବା ସାଦା ଆମୋ । ଏହି ଆମୋଟା ସଖନ ଏକଟା ଲାଲ ଗୋଲାପ ଫୁଲେ ପଡ଼େ ତଥନ ଗୋଲାପ ଫୁଲଟା ଲାଲ ରଂ ଛାଡ଼ା ଅନ୍ୟ ସବଗୁଲୋ ରଂ ଶୋଷଣ କରେ ନେଇ—ତାହିଁ ସେ ଆମୋଟା ପ୍ରତିକଳିତ ହୁଏ ଆମାଦେର ଚୋଥେ ପଡ଼େ, ସେବନେ ଲାଲ ଛାଡ଼ା ଆର କୋନୋ ରଂ ଥାକେ ନା ଏବଂ ଗୋଲାପ ଫୁଲଟାକେ ମନେ ହୁଏ ଲାଲ ।

ଠିକ ଲେ ରକମ ସବୁଜ ପାତାଟାଟେ ସବ ରଂ ଏବେ ପଡ଼େ ଏବଂ ପାତାଟା ସବୁଜ ଛାଡ଼ା ଅନ୍ୟ

ସବ ରଂ ଶୋଷଣ କରେ ନେଇ, ତଥନ ସେ ରଙ୍ଗଟା ପ୍ରତିକଳିତ ହୁଏ ସେଟାତେ ସବୁଜ ଛାଡ଼ା ଅନ୍ୟ କୋନୋ ରଙ୍ଗର ଆମୋ ଥାକେ ନା ବଲେ ପାତାଟାକେ ଦେଖାର ସବୁଜ । (ଚିତ୍ର ୪.୦୬)

ଯଦି ସର୍କାର୍ ଲାଲ ଆମୋତେ ଏହି ଗୋଲାପ ଫୁଲ ଏବଂ ପାତାଟାକେ ଦେଖା ହତୋ ତାହଲେ ଫୁଲଟାକେ ଠିକଇ ଲାଲ ଦେଖା ସେତ କାରଣ ଏହା ଲାଲ ରଂ ଶୋଷଣ କରେ ନା କିନ୍ତୁ ପାତାଟାକେ ଅର ସତିକ ରଙ୍ଗ ନା ଦେଖିଯେ ଦେଖାବେ କାଳୋ । କାରଣ ପାତାଟା ଲାଲ ରଂକେ ଶୋଷଣ କରେ କେବଳେ ଏବଂ କୋନୋ ରଂ ପ୍ରତିକଳିତ କରିବେ ନା । ଠିକ ଏହି କାରଣେ ସବୁଜ ଆମୋତେ ପାତାଟା ସବୁଜ ଦେଖାଲେ ଏହାକୁ ପୁରୋପୁରି ଶୋଷଣ କରେ ନେବେ ବଲେ ଗୋଲାପ ଫୁଲ ସେବକେ ପ୍ରତିକଳିତ ହୁଏର ମତୋ କୋନୋ ରଂ ଥାକିବେ ନା ବଲେ ସେଟାକେ ଦେଖାବେ କାଳୋ ।

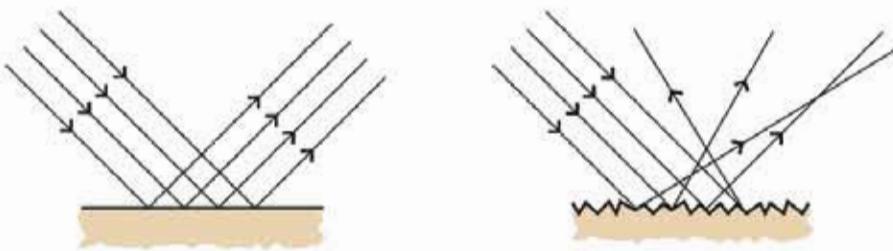
ସାଦା (ସବ ରଂ)



ଚିତ୍ର ୪.୦୬: ଏକଟା ବନ୍ଧୁ ସବ ରଂ ଶୋଷଣ କରେ ସେଟା ପ୍ରତିକଳିତ କରେ ସେଟାକେଇ ତାର ରଂ ବଳେ ମନେ ହର ।

### ৮.২.২ মসৃণ এবং অমসৃণ পৃষ্ঠে প্রতিফলন

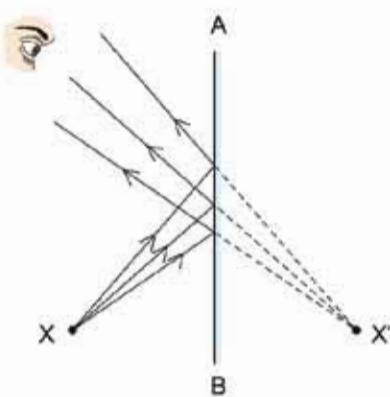
আৱনা কিংবা আৱনাৰ ঘৰ্জো মসৃণ পৃষ্ঠে আলোৰ সমান্তরাল রশ্মিগুলো প্রতিফলনেৰ পথেও সমান্তরাল থাকে, কাৰণ প্ৰজেকটা রশ্মিৰ প্রতিফলনেৰ সূত্ৰ মেনে আগাতন কোণেৰ সমান প্রতিফলন কোণে প্রতিফলিত হয়। পৃষ্ঠটি বাদি মসৃণ না হয়ে তাৰলেও প্ৰজেকটা রশ্মিৰ প্রতিফলনেৰ সূত্ৰ মেনে চলে কিন্তু একেক অংশেৰ পৃষ্ঠ একেক কোণে থাকে বলে প্রতিফলনেৰ পৰ আলোক রশ্মিগুলো ভিন্ন ভিন্ন কোণে প্রতিফলিত হয়। তখন প্রতিফলনেৰ পৰ আৱ আলোক রশ্মিগুলো সমান্তরাল না থেকে চাৰদিকে ছড়িয়ে পড়ে। (চিত্ৰ ৮.০৭) এ ধৰনেৰ প্রতিফলনকে অনেক সহজ ব্যাখ্যা প্রতিফলন বলা হয়।



চিত্ৰ ৮.০৭: মসৃণ পৃষ্ঠে আলো প্রতিফলিত হয় কিন্তু অমসৃণ পৃষ্ঠে আলো বিশ্বারিত হয়।

### ৮.৩ আৱনা অৰ্থাৎ দৰ্শন (Mirror)

আমৰা সবাই আৱনা (দৰ্শন) দেখেছি। আৱনাৰ নিয়মিত প্রতিফলনেৰ কাৰণে শৰ্ট প্রতিবিহীন তৈৰি হয়। আৱনা তৈৰি কৰাৰ জন্য কাচেৰ পেছনে প্রতিফলনেৰ উপৰোক্তী রূপার প্রলেপ দেওৱা হয়। কাচেৰ সামনেৰ পৃষ্ঠ থেকে ৪% আলো প্রতিফলিত হলেও পেছনেৰ পৃষ্ঠ থেকে শুৰো আলো প্রতিফলিত হয়ে বলে সেটি যুৱ প্রতিবিহীন তৈৰি কৰে। টেলিকোপ বা অন্য অপটিক্যাল (Optical) যন্ত্ৰ বখন যুৱ প্রতিবিহীন খুব গুৰুত্বপূৰ্ণ হয়ে তখন কাচেৰ উপৰোক্তী রূপা বা অ্যালুমিনিয়ামেৰ প্রলেপ দেওৱা হয়ে বেল একটি ৪% হালকা আৱেকটি ৭৬% শৰ্ট, এ রকম দুটি প্রতিবিহীন তৈৰি না হয়ে একটা 100% শৰ্ট প্রতিবিহীন তৈৰি হয়।



চিত্ৰ ৮.০৮: X বস্তুটিৰ প্রতিবিষ্য X'  
অবস্থানে দেখা বাবে।

### ৪.3.1 প্রতিবিষ্ট

ভূমি যখন আয়নার সামনে দাঁড়াও তখন ভূমি নিজের প্রতিবিষ্ট দেখতে পাও, ভূমি আয়নার বক্সটুকু সামনে আছ, তোমার মনে হবে প্রতিবিষ্টি কুরি ঠিক ততটুকু পেছলে আছে। ৪.০৪ চিত্রে দেখানো হয়েছে  $X$  হচ্ছে একটি বক্স সেখান থেকে তিনটি রশ্মি  $AB$  আয়নার প্রতিফলিত হয়েছে (অর্ধাং আপাতন কোণ = প্রতিফলিত কোণ)। প্রতিফলিত রশ্মিগুলোকে আমরা যদি আয়নার পেছনে বাঢ়িয়ে দিই তাহলে মনে হবে সবগুলো  $X'$  এক বিশুল্যে কেন্দ্রীভূত হয়েছে। এই বিশুল্যটি হচ্ছে  $X$  বক্সটির প্রতিবিষ্ট। সত্যিকার বস্তুতে একটা বিশুল্য না থেকে অনেকগুলো বিশুল্য থাকে এবং প্রতিটা বিশুল্য একটা করে প্রতিবিষ্ট হয়ে পুরো বক্সটির প্রতিবিষ্ট তৈরি হয়।

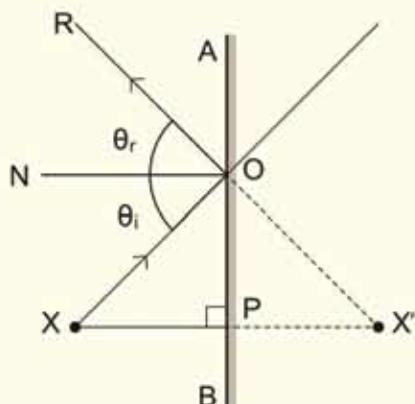
আমরা যদি জ্ঞানিতি ব্যবহার করে প্রতিবিষ্টিটির অবস্থান দেখাতে চাই তাহলে কর্মসূক্ষে দূর্তি রশ্মি আঁকতে হবে। চিহ্নটি আৰু অনেক সহজ হয় যদি আমরা সোজা শব্দাবে বাওয়া রশ্মিটিকে ( $XP$ ) একটি রশ্মি হিসেবে নিই এবং চিত্রে যেভাবে দেখানো হয়েছে সেভাবে তার সাথে অন্য বেকোনো একটা রশ্মিকে ( $XO$ ) নিই।  $OPX$  এবং  $OPX'$  ত্রিভুজ দূর্তি সর্বসম। অর্ধাং  $XP = X'P$  তার মানে  $X$  বিশুল্য  $X'$  প্রতিবিষ্টি আয়না থেকে বক্সটির সমান দূরত্বে তৈরি হয়েছে।



#### উদাহরণ

ধর: ৪.০৯ দেখাও  $OPX$  এবং  $OPX'$  ত্রিভুজ দূর্তি সর্বসম।

**উত্তর:** এখানে  $\angle XPO = \angle X'PO$  কারণ দূর্তি এক সমকোণ যেহেতু  $XP$  হচ্ছে আয়নার পৃষ্ঠে আৰু অন্য অন্যান্য আপাতন কোণ প্রতিফলন কোণের সমান কাজেই  $\angle XOP = \angle ROA$  আৰার  $\angle ROA = \angle X'OP$  কাজেই ত্রিভুজ  $OPX$  এবং  $OPX'$  এর যাবে  $OP$  সাধারণ বাহু এবং এই বাহুর দুই নিকের কোণ দূর্তি সমান।  $OPX$  এবং  $OPX'$  ত্রিভুজ দূর্তি সর্বসম, তাই  $XP = X'P$



চিত্র ৪.০৯:  $X$  অবস্থানের বক্সটির প্রতিবিষ্ট দেখাও কলা  $XP$  এবং  $XO$  এই দূর্তি আলোক রশ্মি ব্যবহার করাই যথেষ্ট।

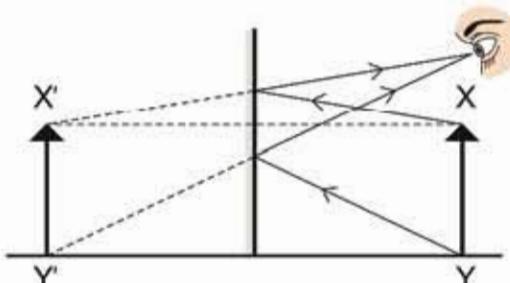
কোনো আয়নায় আমরা যদি একটি বক্সের প্রতিবিষ্ট দেখি সেটিকে যথেষ্ট বাস্তব মনে হলেও আসলে সেটি বাস্তব নয়। কারণ যেখান থেকে আলো আসছে বলে মনে হয় সেখান থেকে কোনো আলো

আসছে না। আমরা পরে দেখব অনেক সময় কিন্তু সজ্ঞি সজ্ঞি এমনভাবে একটা প্রতিবিম্ব তৈরি হয়, যেখানে সজ্ঞি সজ্ঞি আলো কেজীভূত হয় এবং সেখান থেকে আলোক রশ্মি বের হয়ে আসে। এ রকম প্রতিবিম্বকে বলে বাস্তব প্রতিবিম্ব এবং এই খননের প্রতিবিম্ব দিয়ে অনেক কাজ করা সহজ। আয়নায় যে প্রতিবিম্ব তৈরি হয়, সেখানে সঠিকান্তরে আলো কেজীভূত হয় না, তাই এর নাম অবাস্তব প্রতিবিম্ব।

৪.10 চিত্রে একটি যাত্র বিন্দু না হয়ে একটা কিন্তু বস্তুর প্রতিবিম্ব কীভাবে তৈরি হয় দেখানো হচ্ছে। X এবং Y বিন্দু থেকে আলো আয়নায় প্রতিকলিত হয়ে যাবাক্ষমে X' এবং Y' এ অবাস্তব প্রতিবিম্ব তৈরি করেছে অর্থাৎ মনে হচ্ছে তাঁখে আলোক রশ্মি আসছে X' এবং Y' থেকে। সেখাই যাচ্ছে XY এর বে দৈর্ঘ্য X'Y' এর সেই

একই দৈর্ঘ্য। XY তে তীব্রের যাথাটি যদি উপরের দিকে হয় তাহলে X'Y' তেও তীব্রের যাথাটি উপরের দিকে হবে। অর্থাৎ সাধারণ আয়নায় কিংবা দর্শনে প্রতিবিম্ব:

- (a) আয়না থেকে সমন্বয়স্থ
- (b) অবাস্তব
- (c) সোজা এবং
- (d) সমান দৈর্ঘ্যের

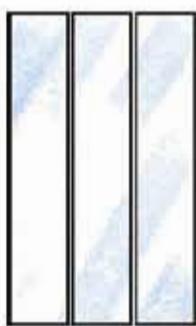


চিত্র ৪.10: XY বস্তুটির প্রতিবিম্ব X'Y'

আমরা আলাদা আলাদাভাবে এই বিষয়গুলো মনে করিয়ে নিজে কাল্পন একটু পরেই দেখব সাধারণ আয়নার বদলে অন্য খননের আয়না ব্যবহার করলে প্রতিবিম্ব জিন দূরত্বে হতে পারে, বাস্তব হতে পারে, উল্টো হতে পারে এমনকি ছেট কিংবা বড়ও হতে পারে।



নিজে করো



চিত্র ৪.11: তিন টুকরা কাচ দিয়ে কালাইজোকোপ তৈরি করা যায়।

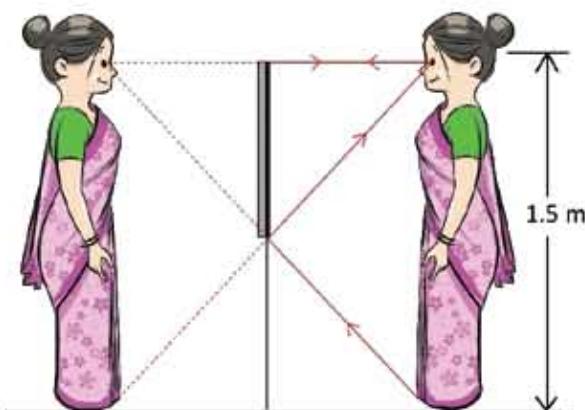
এক মাপের তিনটি কাচের টুকরো নাও (ছবি ছেদের সোকানে এরকম কাচের টুকরো সহজেই পাওয়া যায়) তিনটি কাচের টুকরো যিন্দুজাকৃতিভাবে রেখে (চিত্র ৪.11) কাগজ দিয়ে কয়েকবার পৌঁছিয়ে নাও এবং আঠা দিয়ে ঝুঁড়ে দিয়ে কাচের টুকরোকে যিন্দুজাকৃতি ভাবে আটকে রাখো। এক পাশে পাতলা কাগজ দিয়ে ঢেকে দাও। এবারে ক্ষেত্রে একটা দুটো গুল্মন পাথর, পুঁতি, ভাঙ্গা কাচের ছাঁড়ি ইত্যাদি রেখে অন্য পাশ দিয়ে দেখো। তুমি অপূর্ব নকশা দেখতে পাবে। এটাকে ক্যালাইডোস্কোপ (kaleidoscope) বলে। তোধে লাগিয়ে রেখে এটা ঘোরাও তাহলে নকশাটিকে নড়তে দেখবে। কাচ থেকে প্রতিফলনের প্রতিফলন এবং তার প্রতিফলনের কারণে এটা ঘটে। তোমাদের মনে হতে পারে সাধারণ স্বভাব কাচে প্রতিফলন বুবি হয় খুব কম, কিন্তু ক্যালাইডোস্কোপ কাচ ঘোষে দেখা হয় যেখানে আগামন কোথা অনেক বেশি তাই প্রতিফলনটাকে অনেক বেশি।



### উদাহরণ

**প্রশ্ন:** পৃষ্ঠদৈর্ঘ্য প্রতিবিম্ব দেখার জন্য আয়না কত বড় হতে হয়?

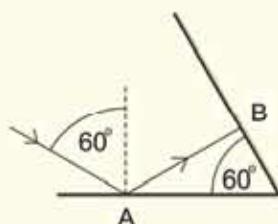
**উত্তর:** ৪.12 চিত্রের জ্যামিতি থেকে বলা যায় আয়নার দৈর্ঘ্য  $0.75$  মিটার। মাঝের ব্যাপার হচ্ছে, তুমি আয়না থেকে  $1$  মিটার দূরেই থাকো কিন্বা  $10$  মিটার দূরে থাকো তোমার আয়নার দৈর্ঘ্য কিন্তু সব সময়ই হবে তোমার দৈর্ঘ্যের অর্ধেক। তোমার মা-বাবা কিন্বা অন্য কেউ যদি সাজাপোজ করার পর তাদের কেমন দেখাচ্ছে দেখার জন্য পৃষ্ঠদৈর্ঘ্য আয়না (যুচ্চ লেংথ মিরর) কিনতে যাও তাদের বলো অর্ধদৈর্ঘ্য আয়না কিনসেই কাজ চলে যাবে।



**চিত্র ৪.12:** পৃষ্ঠদৈর্ঘ্য প্রতিবিম্ব দেখার জন্য পৃষ্ঠদৈর্ঘ্য আয়নার অর্ধেক হবে না।

**প্রশ্ন:** দুটি আয়না পরস্পরের সাথে  $60^{\circ}$  কোণে রাখা আছে (চিত্র 8.13)। দ্রুত আয়নার  $60^{\circ}$  তে আলো কেলা হলে আলোক রশ্মি কোন দিকে যাবে?

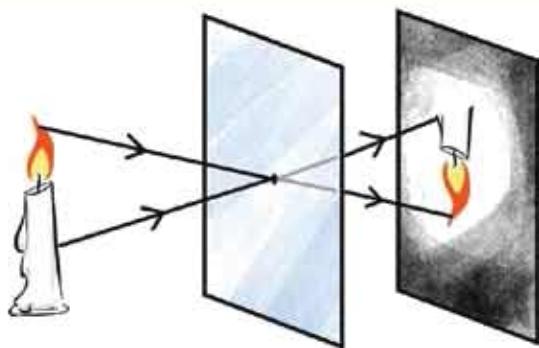
**উত্তর:** জ্যামিতি থেকে বলা যায় রশ্মিটি B বিন্দুতে আপত্তি হবে এবং ঠিক বিপরীত দিকে প্রতিফলিত হবে।



চিত্র 8.13:  $60^{\circ}$  কোণে রাখা দুটি আয়নার একটিতে  $60^{\circ}$  কোণে



### একক কাজ



চিত্র 8.14: সূর্য সূঁটো দিয়ে কোনো কল্পনা প্রতিবিষ্ট তৈরি করা সম্ভব।

একটা অল্পকার ঘরে একটা বোর্ডের মাঝে খুব ছোট একটা মূঁটো করে একটা অল্প মোমবাতির সামনে রাখো। 8.14 চিত্রে দেখানো উপরে বোর্ডটির অন্ত পাশে একটা সাদা কাগজ রাখো। সাদা কাগজে যদি অন্য কোথাও থেকে আলো পড়তে না দাও তাহলে দেখানো মোমবাতির শিখার একটা প্রতিবিষ্ট দেখবে। পেছনের সাদা কাগজটি সামনে-পেছনে সরিয়ে প্রতিবিষ্টটি ছেট-বড় করতে পারবে। প্রতিবিষ্টটি কি বাস্তব নাকি অবস্থা? সোজা না উঠেটো? সমন্বয়ে না তিনি দূরছে? বড় না ছেট?

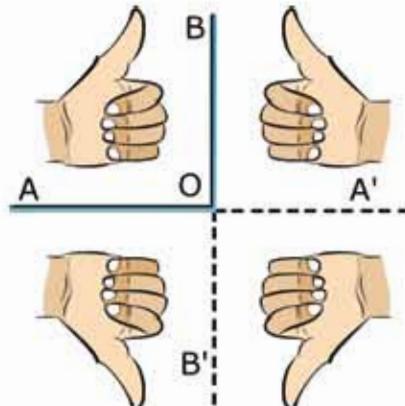
বুঝতেই গারছ, প্রতিবিষ্টটি বাস্তব, উঠেটো, সকল দূরছে শেষ এবং বড় দূরে তৈরি হয় তত বড়। এই পদ্ধতিকে পিল হেল ক্যামেরা তৈরি করা।



## উদাহরণ

অঙ্গ: ৪.15 চিত্রে মেঢ়াবে সেখালো হয়েছে, সেভাবে দুটি আয়না  $AO$  এবং  $BO$  পরস্পরের সাথে সহজভাবে রাখা আছে। তার সাথে সুমি তোমার বাম হাতটি দেখেছে। হাতটির প্রতিবিম্বগুলো আঁকো।

উত্তর:  $AOB$  তে তোমার প্রকৃত হাত।  $A'OB'$  তে তোমার হাতের সায়না-সায়নি প্রতিবিম্ব। ঠিক সেরকম  $AOB'$  তে তোমার হাতের উপর-নিচ প্রতিবিম্ব। অফ করো, দুই ক্ষেত্রেই বাম হাতের প্রতিবিম্ব ডান হাত হিসেবে এসেছে।  $A'OB'$  ক্ষেত্রে প্রতিবিম্বের প্রতিবিম্ব সেখা যাবে। এটি  $A'OB$  এর প্রতিবিম্বের উপর-নিচ প্রতিবিম্ব হতে পারে, আবার  $AOB'$  এর প্রতিবিম্বের সায়না-সায়নি প্রতিবিম্ব হতে পারে। অফ করো একবার প্রতিফলনে বাম হাত ডান হাত হয়ে গিয়েছিল কিন্তু দুইবার প্রতিফলনে (প্রতিফলনের প্রতিফলনে) বাম হাত আবার বাম হাত হিসেবেই এসেছে।



চিত্র ৪.15: সমকোণে রাখা দুটি আয়নার বাম হাতের মুঠির ভিজ তিনি প্রতিফলন।

## ৪.৪ গোলীয় আয়না (Spherical Mirror)

সাধারণ সমতল আয়না আমরা সবাই দেখেছি কিন্তু সত্ত্বিকারের গোলীয় আয়না আমরা সবাই নাও দেখতে পারি—তবে গোলীয় আয়নার মূল বিষয়টি কিন্তু চকচকে নতুন চাপতে অনেকটা দেখা যাব। গোলীয় আয়না দুই রকমের হয়ে থাকে—অবতল এবং উত্তল। একটা ঝাঁপা গোলকের খালিকটা কেটে তার পৃষ্ঠে রূপা বা আলুমিনিয়ামের প্রলেপ লাগিয়ে অবতল কিংবা উত্তল গোলীয় আয়না তৈরি করা যাব। কোন পৃষ্ঠে রূপা বা আলুমিনিয়ামের প্রলেপ দেওয়া হবে তার উপর নির্ভর করবে এই গোলীয় আয়নাটি অবতল না উত্তল গোলীয় আয়না হবে।

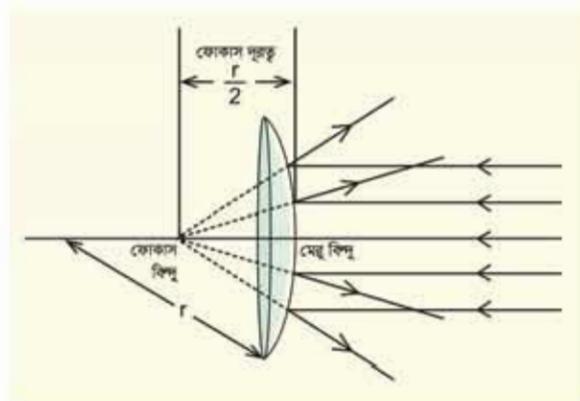


চিত্র ৪.16: একটা চাপতে উচ্ছিটা পৃষ্ঠ উত্তল গোলীয় আয়নার ভঙ্গ।

## ৪.৫ উভল আয়না (Convex Mirror)

তোমরা যদি কখনো একটা চকচকে চামচের নিচের বা পেছনের অংশে নিজের চেহারা দেখাব চেষ্টা করে থাকো (চিত্র ৪.১৬) তাহলে নিচয়ই লক কঢ়েছ যে সেখানে তুমি তোমার চেহারাটা সোজা দেখালেও সেটি হবে ভুলনামূলকভাবে ছোট। চামচের এই অংশটা উভল আয়নার মতো কাজ করে। সত্ত্বিকারের উভল আয়না একটা প্রকৃত গোলকের অংশ হয়। ধৰা যাক, গোলকটির ব্যাসার্ধ  $r$  (চিত্র ৪.১৭) এবং তার একটা অংশ কেটে তার উভল অংশটির দিক থেকে আলোৰ প্রতিফলনের ব্যবস্থা কৰা হয়েছে। এই আয়নায় একটা সমান্তরাল আলো কেলা হলে আলোটি চারদিকে ছড়িয়ে যাবে, ছড়িয়ে যাওয়া আলোক রশ্মিগুলো যদি আয়নার কেন্দ্ৰের দিকে বৰ্ধিত কৰি তাহলে মনে হবে সেটা বুঝি একটা বিন্দু থেকে ছড়িয়ে গেছে। এই বিন্দুটিকে বলে ফোকাস বিন্দু। উভল আয়নার মে পৃষ্ঠ থেকে প্রতিফলন হয় তাৰ কেজৰিন্দুটিকে বলে মেরু বিন্দু এবং এই বিন্দু থেকে ফোকাস বিন্দুৰ দূৰত্বটিকে বলে ফোকাস দূৰত্ব ( $f$ )।

একটা গোলীয় আয়নাকে আয়না সব সময়ই একটা গোলকের অংশ হিসেবে কল্পনা কৰতে পারি। ঐ গোলকটিৰ ব্যাসার্ধ যদি  $r$  হয় তাহলে ফোকাস দূৰত্ব হবে  $r/2$ .



চিত্র ৪.১৭: উভল আয়নার ফোকাস দূৰত্ব গোলকেৰ ব্যাসার্ধৰ অৰ্ধেক।



### উদাহৰণ

**প্রশ্ন:** শৰীৰ কেন্দ্ৰো  $f = r/2$

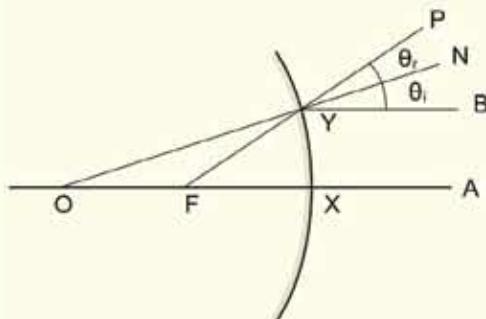
**উত্তৰ:** মজাৰ ব্যাপীৱ হচ্ছে, তুমি কিন্তু এটা পুৱোপুৱি শৰীৰ কৰতে পাৰবে না, শুধু আৰ কাছাকাছি শৰীৰ কৰতে পাৰবে। ধৰা যাক গোলীয় আয়নার মূল অক্ষেৰ সাথে সমান্তরাল দৃষ্টি রশ্মি A এবং B

থেকে  $X$  (মেরু বিন্দু) বিন্দুতে এবং অন্য একটি  $Y$  বিন্দুতে এসেছে (চিত্র ৪.18)। যে রশ্মিটি  $X$  বিন্দুতে এসেছে সেটি প্রতিকলিত হয়ে দেখিকে এসেছে ঠিক সেদিকেই কিরণ হাবে। আমরা এই রেখাটিকে গোলকের কেন্দ্র  $O$  বিন্দু পর্যন্ত বর্ধিত করি, দেখাই যাচ্ছে  $OX = r$  (গোলকের ব্যাসার্ধ)।  $B$  থেকে যে রশ্মিটি  $Y$  বিন্দুতে এসেছে সেটি সেই বিন্দুতে সব  $ON$  এর সাথে  $\theta_1$  আপাতত কোণ করেছে।  $BY$  রশ্মিটির প্রতিকলন কোণ  $\theta_2$  এবং সেটি প্রতিকলিত হয়ে  $YP$  দিকে যাবে। আমরা  $PY$  কে বর্ধিত করলে সেটি  $OX$  রেখাকে  $F$  বিন্দুতে ছেদ করবে।

$FO = FY$  কারণ  $OFY$  খিলুজের  $\angle FOY = \angle OYF$  বেহেতু  $\angle FOY = \theta_1$  এবং  $\angle FYO = \theta_2$

$FY \cong FX$  বর্তন  $XY$  ব্যাসার্ধ  $r$  থেকে অনেক ছোট হয় তখন এটি সত্য। বেশির ভাগ উভয় আয়নায় এটা সত্য।

কাজেই  $FO = FY = FX = r/2$  অর্থাত  
ফোকাস দূরত্ব  $f = r/2$



চিত্র ৪.18: একটি গোলীয় উভয় আয়না আসলে  
একটা গোলকের অংশ।

শ্রেণী: সমতল আয়নাকে যদি আমরা গোলীয় উভয় আয়না হিসেবে কল্পনা করি তাহলে তার ফোকাস দূরত্ব কত?

উত্তর: অসীম।

আমরা এখন গোলীয় আয়নার জন্য প্রতিবিম্ব কেমন হতে পারে সেটি দেখব। তোমরা দেখিবে গোলীয় উভয় আয়নায় প্রতিবিম্ব সব সময় অবস্থার কিন্তু গোলীয় অবস্থল আয়নায় সেটি বাস্তব কিন্তু অবস্থার দৃঢ়ত্ব হতে পারে, তবে সেটি নির্ভর করে বস্তুটি কোথায় আছে তার উপর।

### ৪.5.1 গোলীয় উভয় আয়নার প্রতিবিম্ব

আমরা আপেই বলেছি চামচের বাইরের অংশটা গোলীয় উভয় আয়নার মতো কাজ করে এবং সেখানে তৃপ্তি নিজেকে দেখতে চাইলে ছোট এবং সোজা একটা প্রতিবিম্ব দেখতে পাও। যার অর্থ আমরা গোলীয় উভয় আয়নার প্রতিবিম্বটি সব সময়ই ছোট দেখাব কথা।

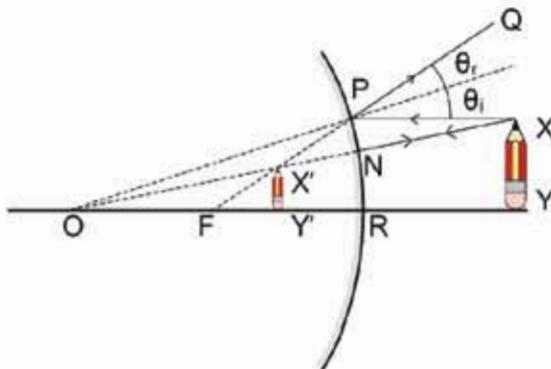
গোলীয় উভল আয়নায় কীভাবে প্রতিবিম্ব তৈরি হয় সেটি বোধার জন্য আলোক রশ্মি গোলীয় উভল আয়নার এসে পড়ছে তার উপর। আমরা তিনটি বিশেষ আলোক রশ্মির প্রতিফলনের নিয়ম জানলেই কীভাবে প্রতিবিম্ব তৈরি হয় সেটি ব্যাখ্যা করতে পারব:

- (i) আলোক রশ্মি কেজযুরী হলে (চিত্র 8.19, XN কিংবা YR রশ্মি) সেটি সমভাবে প্রতিফলিত হয়ে যেদিক থেকে এসেছে ঠিক সেদিকেই কিরণ থার।
- (ii) প্রথম অক্ষের সমান্তরাল (চিত্র 8.19, XP) রশ্মিটি প্রতিফলনের পর যান্তে হবে যেন রশ্মিটি (PQ) কোকাস বিন্দু (F) থেকে ছাড়িয়ে যাচ্ছে।
- (iii) আলোক রশ্মির দিক পরিবর্তন করা হলে গতি যেদিক থেকে এসেছে ঠিক সেদিক দিয়ে কিরণ থার। কাজেই কোনো আলোক রশ্মি (চিত্র 8.19, QP) কোকাস অভিযুরী হলে সেটি প্রথম অক্ষের সাথে সমান্তরাল হয়ে (PX) প্রতিফলিত হবে।

আমরা এখন এই তিনটি নিয়ম ব্যবহার করে প্রতিবিম্ব তৈরি করতে পারব। 8.19 চিত্রে একটা উভল আয়নার সাথে XY একটি বন্ধু রাখা আছে Y বিন্দু থেকে আলো R বিন্দুতে এলে সেটি সমভাবে প্রতিফলিত হয়ে আবার Y বিন্দুর নিকেই কিরণ থার, যার অর্থ XY বন্ধুর Y বিন্দুর প্রতিবিম্বটি এই YO রেখার কোণাও হবে। সেটি ঠিক কোথায় জানতে হলে X বিন্দু থেকে অন্যদিকে আলোকটি রশ্মি আঁকতে হবে, আমাদের সেটি করার প্রয়োজন নেই কারণ X বিন্দুটির প্রতিবিম্বটি বের করে সেখান থেকে আমরা গতি জেনে নেব।

X বিন্দুর প্রতিবিম্ব বের করার জন্য দুটি রশ্মি আঁকতে হবে, একটি আগের মতো সরাসরি O বিন্দুর সাথে যুক্ত করি। YR রশ্মিটি যে রকম সমভাবে প্রতিফলিত হয়ে Y এর দিকে কিরণ দিয়েছিল এই

রশ্মিটিও ঠিক একইভাবে N বিন্দুতে প্রতিফলিত হয়ে X এর দিকে কিরণ থাবে। দ্বিতীয় রশ্মিটি YR এর সাথে সমান্তরালভাবে আঁকা যেতে পারে, সেটা উভল আয়নার P বিন্দুতে শৰ্প করলে মনে হবে যেন F বিন্দু থেকে ছাড়িয়ে যাচ্ছে কাজেই আমরা FP কে যুক্ত করে Q এর দিকে বাঢ়িয়ে দিতে পারি।



চিত্র 8.19: উভল আয়নার একটি বন্ধু XY কোকাস স্মান্তরে তেজনে রাখা হলে প্রতিবিম্ব X'Y' ষ্টেট দেখায়।

FP রেখাটি OX রেখাকে X' বিন্দুতে ছেদ কৰেছে, যাৰ অৰ্থ X বিন্দুৰ প্ৰতিবিষ্টি হবে X' বিন্দুতে। X' থেকে OY রেখার উপর সম টানলে সেটা Y' বিন্দুতে ছেদ কৰবে। যেহেতু আমাদেৱ মনে হবে X বিন্দুৰ প্ৰতিফলনটি আসছে X' বিন্দু থেকে সে কাৰণে আমাদেৱ মনে হবে Y বিন্দুৰ প্ৰতিফলনটি আসছে Y' বিন্দু থেকে। কাজেই X'Y' হবে XY এৰ প্ৰতিবিষ্টি।

দেখাই যাইছে X'Y' সব সময় XY থেকে ছোট এবং XY উভল আৱনা থেকে যত দূৰে থাকবে X'Y' হবে তত ছোট। প্ৰতিফলনেৰ নিয়ম ব্যবহাৰ কৰে উভল কিংবা অবভল আৱনায় প্ৰতিবিষ্টি আৰকাৰ এই পদ্ধতিটি ভালো কৰে জেনে রাখা সহকাৰ, এটি পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ খুব দায়োজনীয় একটা পদ্ধতি।

বোৰাই যাইছে X'Y' থেকে আসলে সজিকাৰেৱ আলো বিচ্ছুলিত হচ্ছে না, আমাদেৱ শুধু মনে হচ্ছে বৃক্ষ প্ৰতিবিষ্টি এখানে আছে। কাজেই এটা অবাস্তব প্ৰতিবিষ্টি। সাধাৰণ আৱনাৰ প্ৰতিবিষ্টেৰ সাথে ভুলনা কৰে আমৰা বলতে গাৰি

- এই প্ৰতিবিষ্টিৰ অবস্থান হবে কোকাস বিন্দু এবং মেৰু বিন্দুৰ মাঝখানে। বশ্রুটি যত দূৰে থাকবে প্ৰতিবিষ্টি কোকাস বিন্দুৰ তত কাছে তৈৰি হবে।
- এই প্ৰতিবিষ্টি অবাস্তব
- এটি সোজা
- এটা ছোট, কম্ভুটি আৱনা থেকে যত দূৰে যাৰে প্ৰতিবিষ্টি তত ছোট হতে থাকবে।

## ৪.৬ অবভল পোলীয় আৱনা (Concave Mirror)

একটা চকচকে চামচেৰ ভেতৱেৰ অংশটা অবভল পোলীয় আৱনাৰ উদাহৰণ হতে পাৰে। তোমৰা যারা চামচেৰ ভেতৱেৰ দিকে তাৰিহে তাৰা নিশ্চলই সক্ষ (চিত্ৰ ৪.২০) কৰেছে সেখানে তোমাৰ প্ৰতিবিষ্টি ছোট এবং সবচেৱে চমকপদ হচ্ছে যে প্ৰতিবিষ্টি উভলো। তোমৰা চাইলে তোমাৰ আভল চামচটাৰ খুব কাছে এনে দেখতে পাৰো, তখন দেখবে আভলটা সোজাই দেখাইছে। এবাবে আস্তে আস্তে দূৰে সৱাতে থাক, দেখবে তোমাৰ আভলটা বড় দেখাতে শুধু কৰেছে আমৰা সমতল আৱনা কিংবা উভল আৱনায় এৰ আপে প্ৰতিবিষ্টি তৈৰি কৰতে পেৱেছি কিন্তু কখনোই বশ্রুৰ অকৃত আৰকাৰ থেকে বড় প্ৰতিবিষ্টি তৈৰি কৰতে পাৰিনি—এই প্ৰথম বড় প্ৰতিবিষ্টি দেখতে



চিত্ৰ ৪.২০: একটা চামচেৰ ভেতৱেৰ অংশ অবভল পোলীয় আৱনাৰ মতো কাজ কৰে।

পাইছ। আঙুলটা যদি আল্টে আল্টে সরাতে থাকো একসময় অবাক হয়ে দেখবে আঙুলের প্রতিবিম্বটা উল্টো হয়ে গেছে। এটাকে এখন যতই সরিয়ে নাও, এটা এখন সব সময় উল্টোই থেকে থাবে। (সমস্ত আয়না কিংবা উল্টুল আয়না দিয়ে আমরা এবং আগে কখনোই উল্টো প্রতিবিম্ব তৈরি করতে পারিনি—এই প্রথম আয়না উল্টো প্রতিবিম্ব দেখছি।)

কাজেই দেখতে পাইছ চামচের বাইরের অংশটা উল্টুল আয়নার মতো এবং ভেতরের অংশটা অবতল আয়নার মতো কাজ করে। সত্ত্বিকারের অবতল আয়না আসলে একটা গোলকের অংশ। উল্টুল আয়নার বেলায় বাইরের উল্টুল অংশ থেকে আলো প্রতিকলিত হতো, অবতল আয়নার বেলায় আলো ভেতরের অবতল অংশ থেকে প্রতিকলিত হবে।

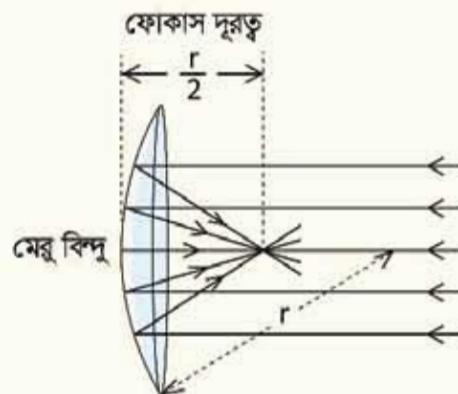
একটি অবতল আয়নায় সমান্তরাল আলো ফেলা হলে আলোর রশ্মিগুলো প্রতিকলনের পর এক বিন্দুতে মিলিত হবে (চিত্র ৪.২১)। বুঝতেই পাইছ এই বিন্দুটি অবতল আয়নার কোকাস বিন্দু এবং যের বিন্দু থেকে এই বিন্দু পর্যন্ত দূরত্বটা হচ্ছে কোকাস দূরত্ব। আলোর রশ্মির তো আর থেমে থাকার উপায় নেই কাজেই এক বিন্দুতে মিলিত হবার পরও সেটা সোজা সামনের দিকে এগোতে থাকবে এবং দেখা যাবে সেই বিন্দু থেকে আলোগুলো ছড়িয়ে পড়ছে। অর্থাৎ কোকাস বিন্দুতে পৌঁছানোর আগে আলো একজ হতে থাকে (অভিসারী) কোকাস বিন্দুতে পৌঁছানোর পর আলো ছড়িয়ে যেতে থাকে (অপসারী)।



### উদাহরণ

**ধর্ম:** সমস্ত আয়নাকে আয়না যদি গোলীয় অবতল আয়না হিসেবে কল্পনা করি তাহলে তাৰ কোকাস দূরত্ব কত?

**উত্তৰ:** অসীম।



চিত্র ৪.২১: অবতল আয়নার কোকাস দূরত্ব গোলকের কাসার্বের অর্দেক।

অবতল আয়নাতেও ফোকাস দূরত্ব হচ্ছে ব্যাসার্ধের অর্ধেক। এটি তুবতু প্রমাণ করা যায় না, কাছাকাছি প্রমাণটি এবারে আমরা তোমাদের হাতে ছেড়ে দিলাম।

### ৪.6.1 অবতল আয়নায় প্রতিবিম্ব

এবারে এসেছি আমরা সবচেয়ে মজার অংশটুকুতে। সমতল আয়না এবং উত্তল আয়নায় শুধু একধরনের প্রতিবিম্ব তৈরি হতো। অবতল আয়নায় দুই ধরনের প্রতিবিম্ব হতে পারে। একটা বস্তু ফোকাস দূরত্ব থেকে কম দূরত্বে রাখলে একধরনের প্রতিবিম্ব তৈরি হয়, ফোকাস দূরত্ব থেকে বেশি দূরত্বে রাখলে অন্য রকম প্রতিবিম্ব তৈরি হয়।

সেটি শুরু করার আগে আমরা আলোক রশ্মি গোলীয় অবতল আয়নায় কীভাবে প্রতিফলিত হয় সেটি জেনে নেই। গোলীয় অবতল আয়নায় তিনটি বিশেষ আলোক রশ্মির প্রতিফলনের নিয়ম জানলেই কীভাবে প্রতিবিম্ব তৈরি হয় সেটি ব্যাখ্যা করতে পারব:

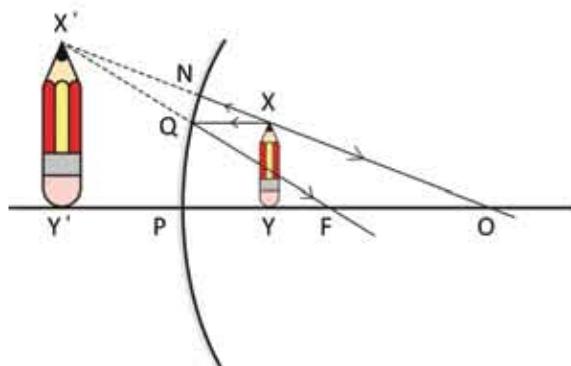
- (i) আলোক রশ্মি ব্যাসার্ধ বরাবর বা কেন্দ্র থেকে শুরু হলে (চিত্র 8.22, OP কিংবা ON রশ্মি) সেটি লম্বভাবে প্রতিফলিত হয়ে যেদিক থেকে এসেছে ঠিক সেদিকেই ফিরে যায়।
- (ii) প্রধান অক্ষের সমান্তরাল (চিত্র 8.22, XQ) রশ্মিটি প্রতিফলনের পর ফোকাস বিন্দু (F) দিয়ে যাবে (QF)।
- (iii) আলোক রশ্মির দিক পরিবর্তন করা হলে এটি যেদিক থেকে এসেছে ঠিক সেদিক দিয়ে ফিরে যায়। কাজেই কোনো আলোক রশ্মি (চিত্র 8.22, FQ) ফোকাস দিয়ে গেলে সেটি প্রধান অক্ষের সাথে সমান্তরাল হয়ে (QX) প্রতিফলিত হবে।

এবারে আমরা অবতল আয়নার জন্য প্রতিবিম্ব তৈরি করতে পারব।

### ফোকাস দূরত্ব থেকে কম দূরত্বে

8.22 চিত্রে একটা অবতল আয়না দেখানো হয়েছে, অবতল আয়নাটি যে গোলকের অংশ সেই গোলকের কেন্দ্র হচ্ছে O, অবতল আয়নার ফোকাস বিন্দু F এবং ধরা যাক XY বস্তুটির প্রতিবিম্বটি আমরা বের করতে চাই। Y বিন্দুটি থেকে আলো অবতল আয়নার P বিন্দুতে প্রতিফলিত হয়ে আবার Y হয়ে O বিন্দুর দিকে ফিরে যাবে। কাজেই বোঝা যাচ্ছে এটি OP রেখায় কিংবা তার বর্ধিত অংশের কোনো একটা বিন্দুতে থাকবে, ঠিক কোথায় সেই বিন্দুটি হবে সেটি বের করতে হলে Y বিন্দু থেকে অন্যদিকে আরো একটি রশ্মিকে অবতল আয়নার দিকে আঁকতে হবে, আমরা আর সেটি করছি না, আগের মতো X বিন্দুটির প্রতিবিম্ব বের করতে পারলেই সেখান থেকে Y বিন্দুটির প্রতিবিম্বের সঠিক জায়গাটি বের করা যাবে। X বিন্দুর প্রতিবিম্ব বের করতে হলে এই বিন্দু থেকে দুটি রেখা আঁকতে হবে, বোঝাই যাচ্ছে প্রথম রেখাটি হবে OX রেখার বর্ধিত অংশ, এটা অবতল আয়নাকে লম্বভাবে স্পর্শ করে ঠিক সেই পথেই প্রতিফলিত হয়ে ফিরে যাবে। চিত্রে যেভাবে দেখানো হয়েছে X বিন্দু থেকে

আলোকটা রশ্মি হতে পারে অক্ষের সাথে সমান্তরাল একটা রশ্মি, কাৰণ আমৰা এৱং মধ্যে জনে পেছি সমান্তরাল রশ্মি প্রতিফলনেৰ পৰি ফোকাস বিন্দু দিয়ে থারে। কাজেই এটা Q বিন্দুতে আপত্তি হয়ে প্রতিফলিত হয়ে F বিন্দু দিয়ে চলে যাবে।



চিত্ৰ ৪.২২: অবক্ষেত্র আয়নাৰ একটা বস্তু ফোকাস দূৰত্বেৰ ভেতৱে রাখা হলে প্রতিবিহৃতি বড় দেখায়।

X বিন্দু থেকে বেৰ হওয়া দৃটি রশ্মি প্রতিফলনেৰ পৰি NO এৰং QF এৱং এই দিকে বাবে এবং দেখাই বাছে এই রশ্মি দৃটো মিলিত হবাৰ কোনো সুযোগ নেই। কাজেই ডান পাশে কোনো প্রতিবিম্ব তৈৱি হতে পাৰবে না। কিন্তু যদি ডান পাশ থেকে বাম পাশে তাকানো যাব তাহলে মনে হবে ON রেখা এবং FQ রেখা দৃটি বুঝি X' বিন্দুতে মিলিত হয়েছে—কাজেই X' হবে X এৱং প্রতিবিম্ব। এই বিন্দু থেকে OP অক্ষেৰ উপৰ একটি লব আঁকলেই আমৰা XY এৱং X'Y' পেয়ে থাব। X'Y' থেকে সত্যকাৰভাৱে কোনো আলো বাছে না, শুধু আমাদেৱ মনে হয়ে এখানে বুঝি প্রতিবিহৃতি তৈৱি হয়েছে। কাজেই এই প্রতিবিহৃতি অবস্থাৰ প্রতিবিম্ব। চিত্ৰ থেকে দেখা বাছে প্রতিবিহৃতি মূল বস্তু থেকে বড়। শুধু তা-ই নহ আমৰা বস্তুটিকে যতই ফোকাস বিন্দুৰ কাছে আনব, প্রতিবিহৃতি ততই বড় হবে। (যদি এটাকে ঠিক ফোকাস বিন্দুতে বসানো হয় তাহলে প্রতিফলিত আলোক রশ্মি আসলো সমান্তরাল হয়ে যাবে অৰ্থাৎ প্রতিবিম্ব তৈৱি কৰাৰ জন্য আলোক রশ্মি আৱ মিলিত হতে পাৰবে না।)

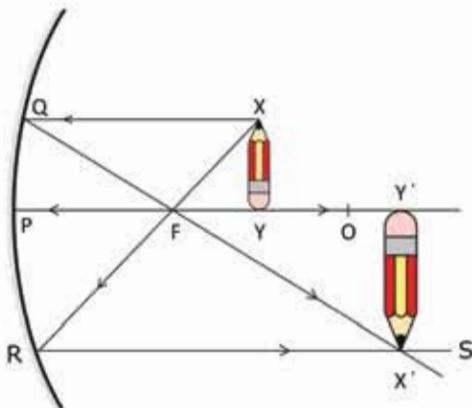
এবাবে অবক্ষেত্র আয়নাৰ ফোকাস দূৰত্বেৰ ভেতৱে কোনো কিনু রাখা হলে তাৰ প্রতিবিহৃতি কেমন হবে সেটি দেখে নেওয়া থাক:

- প্রতিবিহৃতিৰ অবস্থান কোথাও হবে সেটি নিৰ্ভৰ কৰবে আসল বস্তুটিৰ অবস্থানেৰ উপৰ। বস্তুটি যতই ফোকাসেৰ কাছে রাখা হবে প্রতিবিহৃতিৰ অবস্থানটি হবে তত দূৰে।
- এটি অবস্থা
- সোজা
- প্রতিবিহৃতিৰ দৈৰ্ঘ্যও নিৰ্ভৰ কৰবে তাৰ অবস্থানেৰ উপৰ, যত ফোকাস বিন্দুৰ কাছে যাবে তাৰ দৈৰ্ঘ্যও তত বেড়ে যাবে।

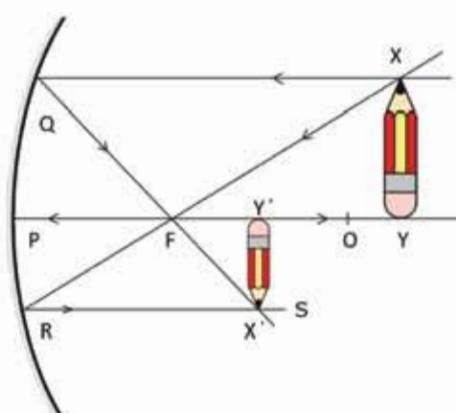
### কোকাস দূৰত্ব থেকে বেশি দূৰত্বে

আমৰা এখন পৰ্যন্ত যত প্ৰতিবিষ্টি দেখেছি তাৰ মাঝে এই প্ৰতিবিষ্টি সবচেয়ে চমকপ্ৰদ, কাৰণ এই প্ৰথমবাৰ আমৰা একটি বাস্তৱ প্ৰতিবিষ্টি দেখব, অৰ্থাৎ যেখানে প্ৰতিবিষ্টি তৈৰি হবে, সেখানে সত্য সত্য আলো কেন্দ্ৰীভূত হবে (চিত্ৰ ৪.২৩)।

সত্যিকাৰের বস্তুটি হচ্ছে  $XY$  এবং  $Y$  বিন্দুৰ প্ৰতিবিষ্টি অনাবালোৱ মতো নিচয়েই  $Y'P$  রেখাৰ উপৰে থাকবে।  $X$  বিন্দুটিৰ প্ৰতিবিষ্টি বেৱে কৱাৰ জন্য আমাদেৱ দুটি গাঁথু আৰক্ষে হবে। একটি হবে অক্ষেৱ সাথে সমান্তৰাল  $XQ$  এবং প্ৰতিফলিত হয়ে এটি নিচয়েই কোকাস বিন্দু  $F$  এৱে ভেতৱ দিয়ে  $QF$  হিসেবে বাবে। ধিতীয় গাঁথুটি আমৰা  $F$  বিন্দুৰ ভেতৱ দিয়ে আৰক্ষে পাৰি। এটি অবকল আৱনায় প্ৰতিফলিত হয়ে  $RS$  হিসেবে সমান্তৰাল হয়ে থাবে, কাৰণ সমান্তৰাল রেখাৰ আলো অবকল আৱনাতে প্ৰতিফলিত হয়ে যে রুকম কোকাস বিন্দুৰ ভেতৱ দিয়ে যাৱ ঠিক সে রুকম তাৰ উল্লেটোও সত্য, আলো সব সময়ই তাৰ গতিশৰ্প উল্লেটো গথে পুৱেগুৱি অনুসৰণ কৰে।  $QF$  এবং  $RS$  রেখা দুটি  $X'$  বিন্দুতে হেদ কৰেছে এবং  $X'$  বিন্দুটি হচ্ছে  $X$  বিন্দুৰ প্ৰতিবিষ্টি। কাজৈই  $X'$  বিন্দু থেকে  $PO$  রেখাৰ উপৰ লম্বটি  $Y'$  বিন্দুতে হেদ কৰেছে এবং  $X'Y'$  হচ্ছে  $XY$  এৱে প্ৰতিবিষ্টি। দেখতেই পাৰি এই প্ৰতিবিষ্টি এখন পৰ্যন্ত দেখা অন্যান্য প্ৰতিবিষ্টি থেকে ভিন্ন।



চিত্ৰ ৪.২৩: অবকল আৱনায় একটি বস্তু কোকাস দূৰত্বেৰ বাইৱে রাখলে প্ৰতিবিষ্টি হয় উল্লেটো।



চিত্ৰ ৪.২৪: অবকল আৱনায় একটি বস্তু কোকাস দূৰত্বেৰ বিগুণ থেকে বেশি দূৰত্বে রাখা হয়েছে। এৰাৱে বস্তুটিৰ প্ৰতিবিষ্টি হয়েছে ছোট। বস্তুটি যদি ঠিক কোকাস দূৰত্বেৰ বিগুণ দূৰত্বে রাখা হতো তাহলে তাৰ প্ৰতিবিষ্টিও হতো এই একই বিন্দুতে, ৪.২৫ চিত্ৰে যেমন

দেখানো হয়েছে। শুধু তা-ই নয়, প্রতিবিস্থিতির আকার হতো ঠিক বস্তুটির সমান। ফোকাস দূরত্বের বাইরে রাখা এই তিনটি ভিন্ন ব্যাপার এবারে গুচ্ছে লেখা যেতে পারে। ফোকাস দূরত্বের বাইরে কোনো বস্তুকে রাখা হলে তার প্রতিবিম্ব হবে এ রকম:

- (a) প্রতিবিম্বের অবস্থানটা নির্ভর করবে বস্তুটি কোথায় আছে তার ওপর। যতক্ষণ পর্যন্ত বস্তুটি ফোকাস বিন্দু এবং অবতল আয়নার কেন্দ্রের মাঝখানে আছে প্রতিবিম্বের অবস্থানটা হবে কেন্দ্রের বাইরে। বস্তুটি যদি অবতল আয়নার বক্রতার কেন্দ্র থেকে বাইরে থাকে তাহলে তার প্রতিবিম্ব হবে কেন্দ্রের ভেতরে। যদি বস্তুটি ঠিক কেন্দ্রের ওপর থাকে তাহলে প্রতিবিম্বের অবস্থানটাও হবে কেন্দ্রে।
- (b) প্রতিবিম্বটি বাস্তব। তাই বস্তুটাকে দিয়ে তার প্রতিবিম্ব যে রকম বের করতে পারি ঠিক সে রকম প্রতিবিম্বটাকে বস্তু ধরা হলে বস্তুটাই হবে তার প্রতিবিম্ব।
- (c) প্রতিবিম্বটি উল্টো।
- (d) প্রতিবিম্বটির দৈর্ঘ্য নির্ভর করবে এটি কোথায় আছে তার ওপর। যদি এটা ফোকাস বিন্দু এবং বক্রতার কেন্দ্রের মাঝখানে থাকে তাহলে প্রতিবিম্বটির প্রতিবিম্ব হবে বস্তুটি থেকে বড়। যত ফোকাস বিন্দুর কাছাকাছি তত বড়। যদি বস্তুটি বক্রতার কেন্দ্র থেকে বাইরে হয় তাহলে এর আকার হবে আসল বস্তুটি থেকে ছোট। যদি এটা ঠিক বক্রতার কেন্দ্রে থাকে তাহলে প্রতিবিম্বের আকার হবে ঠিক বস্তুটির আকারের সমান।

আমরা জ্যামিতি ব্যবহার করে উল্ল এবং অবতল আয়নার জন্য প্রতিবিম্বের অবস্থান আকার ইত্যাদি বের করেছি। আমরা চাইলে একটিমাত্র সূত্র ব্যবহার করে এই কাজগুলো করতে পারতাম, সূত্রটি হচ্ছে:

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

এখানে  $u$  হচ্ছে আয়নার পৃষ্ঠ থেকে বস্তুর দূরত্ব,  $v$  হচ্ছে প্রতিবিম্বের দূরত্ব এবং  $f$  হচ্ছে ফোকাস দূরত্ব।

বাস্তব প্রতিবিম্ব খুবই গুরুত্বপূর্ণ একটি ধারণা। আমরা পরের অধ্যায়ে দেখব কেমন করে লেন্স দিয়েও এ রকম বাস্তব প্রতিবিম্ব তৈরি করা যায়। তোমরা দেখতেই পেয়েছ বাস্তব প্রতিবিম্বে সত্যিকারের আলোক রশ্মি থাকে, তাই এটাকে যদি কোনো পর্দায় ফেলা যায়, সেখানে প্রতিবিম্বটি দেখাও সম্ভব হয়। সাধারণ আয়নায় তুমি তোমার চেহারা দেখতে পারবে কিন্তু শুধু সাধারণ আয়না দিয়ে কখনো তোমার চেহারা কোনো পর্দায় ফেলতে পারবে না।



## উদাহরণ

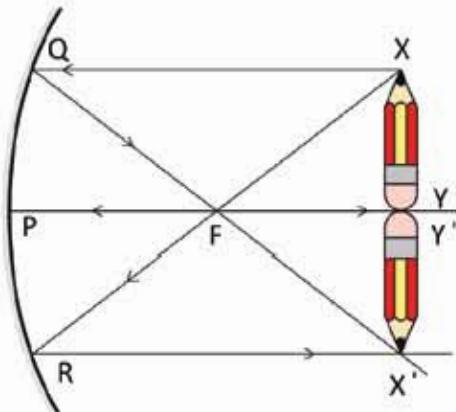
**প্রশ্ন:** ৮.২৪ চিত্রে দেখানো হয়েছে XY বস্তুটির প্রতিবিম্ব তৈরি হয়েছে X'Y' এ। যদি X'Y' টি বস্তুটি হতো তাহলে তাৰ প্রতিবিম্ব কোথায় হতো?

**উত্তৰ:** এটি অক্ষত প্রতিবিম্ব। কাজেই X'Y' যদি অক্ষত বস্তু হয় তাহলে তাৰ প্রতিবিম্ব হবে XY।

**প্রশ্ন:** অবস্থল আৱনার কোকাস দূৰত্ব এৰ ঠিক বিশুণ দূৰত্বে একটি বস্তু গাঁথলে প্রতিবিম্বটি কোথায় দেখা যাবে?

**উত্তৰ:** (চিত্র ৮.২৫) ঠিক একই আমগায় একই আকারের কিছু উল্লেখ অবস্থায় দেখা যাবে।

আমরা এককস সোলীয় অবস্থল আৱনার তেতুবকাৰ বিজ্ঞানটুকু শিখেছি, এবাবে দেখা যাব কীভাবে সেটা আমরা ব্যবহাৰ কৰিব।



**চিত্র ৮.২৫:** অবস্থল আৱনার কোকাস দূৰত্ব এৰ বিশুণ দূৰত্বে একটি বস্তু গাঁথলে প্রতিবিম্বটি ঠিক একই আমগায় উল্লেখ অবস্থায় দেখা যাব।

## ৮.৭ বিবৰ্ধন (Magnification)

আমরা বেহেছ সেধতে পেৱেছি যে একটা প্রতিবিম্ব কখনো অক্ষত বস্তু থেকে ছোট হয় কখনো বড় হয় তাই বিষয়টাকে ব্যাখ্যা কৰাৰ জন্য বিবৰ্ধন বলে একটা শব্দ ব্যবহাৰ কৰা যেতে পাৰে। প্রতিবিম্বটি মূল বস্তু থেকে বড় বড় সেটাকে বিবৰ্ধন  $m$  বলা হয়। যদি একটা বস্তুৰ আকাৰ হয়  $l'$  এবং তাৰ প্রতিবিম্বেৰ আকাৰ হয়  $l$  তাহলে বিবৰ্ধন হচ্ছে:

$$m = \frac{l'}{l}$$

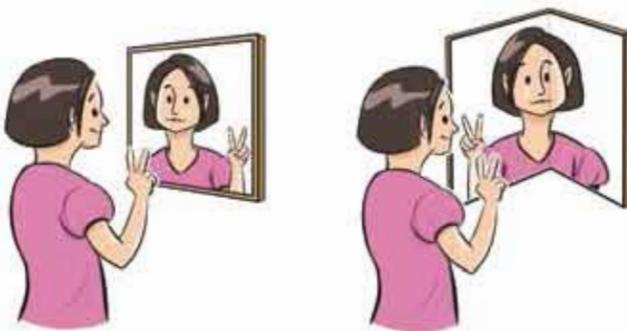
আমরা যখন টেলিস্কোপে কোনো বস্তুকে দেৰি, খালি চোখে দেখলে সেটাকে যত বড় দেখানোৰ কথা টেলিস্কোপে দেখলে সেটাকে সে তুলনায় যত বড় দেখাবে, সেটাই হচ্ছে টেলিস্কোপেৰ বিবৰ্ধন।

## ୪.୪ ଆୟନାର ସ୍ୱର୍ଥାର (Use of Mirrors)

### ୪.୪.୧ ସାଧାରଣ ଆୟନା

ଦୈଲନ୍ଦିନ ଜୀବନେ ସାଧାରଣ ଆୟନାର ସ୍ୱର୍ଥାର ସବଚେତ୍ରେ ବେଳି । ସଖନାଇ ଏକଦିକେ ପାଠୀଲୋ ଆଲୋକେ ଅନ୍ୟଦିକେ ନିତେ ହୁଏ ତଥନ ଆମରା ସାଧାରଣ ଆୟନା ସ୍ୱର୍ଥାର କରି । ତୋଗନା ନିଶ୍ଚମାଇ ଲକ୍ଷ କରେଛ ସାଧାରଣ ଆୟନାର ଡାନ ଏବଂ ବାମ ଦିକ୍ ବାଲେ ଯାଏ । ତାଇ ଯଦି ଆମାଦେର ଡାନ-ବାମ ଅବିକୃତ ରାଖିତେ ହୁଏ ତାହଙ୍କେ ଏକଟି ଆୟନାର ପ୍ରତିବିଷ ଅନ୍ୟ ଏକଟି ଆୟନାର ଦ୍ୱିତୀୟବାର ପ୍ରତିଫଳିତ କରେ ଆବାର ତିକ କରେ ନିତେ ହୁଏ ।

ସାଧାରଣ ଆୟନାର ପ୍ରତିବିଷ ଡାନ ଏବଂ ବାମେର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ । ଦୁଟି ଆୟନାକେ ପରିପରେର ସାଥେ  $90^{\circ}$  କେ ରେଖେ ଲୋଟାକେଇ ଏକଟା ଆୟନା ହିସେବେ ସ୍ୱର୍ଥାର କରିଲେ ଡାନ-ବାମେର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନା । ଦୁଟି ଆୟନା ଦିଲେ ବିଷମଟା ପରୀକ୍ଷା କରେ ଦେଖୋ (ଚିତ୍ର ୪.୨୬) ।



ଚିତ୍ର ୪.୨୬: ସାଧାରଣ ଆୟନାର ପ୍ରତିବିଷ ଡାନ ଏବଂ ବାମ ପାହଟେ ବାର, ପ୍ରତିବିଷେ ବାମ-ଡାନ ଅବିକୃତ ରାଖିତେ ହୁଏ ଦୁଟି ଆୟନାକେ ସମକୋଣେ ରାଖିତେ ହବେ ।

ଏଥାଣେ ଏକଟା ଖୁବ ଗୁରୁତ୍ବପୂର୍ଣ୍ଣ ବିଷୟ ଜେନେ ଜୀବା ଭାଲୋ, ସବନ ଖୁବ ଭାଲୋ ପ୍ରତିକଳନେର ପ୍ରୋଜନ ହୁଏ ତଥନ କିନ୍ତୁ ସାଧାରଣ ଆୟନା ସ୍ୱର୍ଥାର ନା କରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭିନ୍ନ ଏକ ଧରନେର ପ୍ରତିକଳନ କରା ହୁଏ । ଆମରା ପରେର ଅଧ୍ୟାୟେ ଦେଖିବ ପ୍ରତ୍ୟୋଗ୍ୟ ମ୍ୟାଜ୍ ମାଧ୍ୟମ ଦିଲେ କୌଣସି ଆଲୋକେ ପ୍ରତିଫଳିତ କରା ଯାଏ ।

### ୪.୪.୨ ଉତ୍ତଳ ଆୟନା

ଉତ୍ତଳ ଆୟନାର ଯେହେତୁ ସୋଜା ଏବଂ ଛୋଟ ପ୍ରତିବିଷ ତୈରି କରା ଯାଏ ତାଇ ବଢ଼ କୋଣୋ ଦୃଷ୍ୟକେ ଛୋଟ ଆୟନାର ଦେଖିତେ ହୁଏ ଉତ୍ତଳ ଆୟନା ସ୍ୱର୍ଥାର କରା ହୁଏ । ଗାଡ଼ିର ଦକ୍ଷ ପ୍ଲାଇଭରରୀ ପାଢ଼ି ଚାଲାନୋର ସମୟ

সব সবর পেছনে কী হচ্ছে দেখার চেষ্টা করেন, সে জন্য পাড়ির ড্রাইভারের সামনে রিয়ার ভিউ মিরর থাকে। এই মিররগুলোতে ডেক্স আয়না ব্যবহার করা হয়ে যেন ছেট একটা আয়না দিয়েই গাড়ির ড্রাইভাররা পেছনের বড় একটা আয়না দেখতে পারেন।

### ৪.৪.৩ অবতল আয়না

অবতল আয়নার সবচেয়ে বড় ব্যবহার হচ্ছে টেলিস্কোপে। পৃথিবীর সবচেয়ে বড় এবং সবচেয়ে সূক্ষ্ম টেলিস্কোপে অবতল আয়না ব্যবহার করা হয়। অনেকে সাধারণভাবে মনে করে সূর্যের কোনো ছেট জিনিসকে অনেক বড় করে দেখানোই বুঝি আলো টেলিস্কোপের দায়িত্ব। আসলে সেটি সত্ত্ব নয়, আলো টেলিস্কোপের দায়িত্ব অনেক কম আলোতেও স্পষ্ট প্রতিবিম্ব তৈরি করা। সেজন্য অবতল আয়নার আকার বত বড় হবে, সেটি তত বেশি আলো সংগ্রহ করে তত স্পষ্ট প্রতিবিম্ব তৈরি করতে পারবে। পৃথিবীর সব বড় বড় টেলিস্কোপে অবতল আয়না ব্যবহার করা হয়।

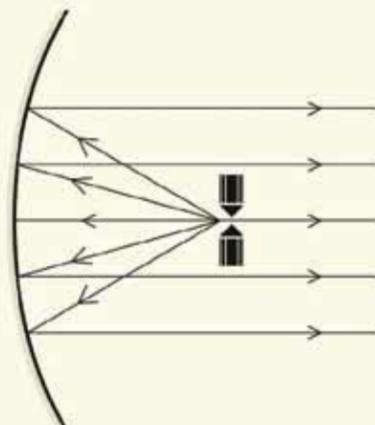
অবতল আয়নার আরেকটি ব্যবহার হচ্ছে আলোকের সমান্তরাল বিষ তৈরি করা। জাহাজ বা জলের সার্চলাইটে অবতল আয়না ব্যবহার করা হয়।

আলোর উৎসটুকু থাকে কোকাস বিন্দুতে (চিত্র ৪.২৭), তাই সেটি অবতল আয়নায় প্রতিফলিত হয়ে সমান্তরাল বিষ হিসেবে বের হয়ে যাব। তোমরা দেখিন জীবনে যে টর্চলাইট ব্যবহার করো সেখানেও বাস্তি রাখা হয় একটি অবতল আয়নার কোকাস বিন্দুতে।

অবতল আয়নায় কোকাস দূরত্বের ক্ষেত্রে কিছু থাকলে যেহেতু সোজা এবং বড় প্রতিবিম্ব তৈরি হয় তাই কোনো কিছু বড় করে দেখতে হলেও অবতল আয়না ব্যবহার করা হয়। ফাল্তুর কিম্বা ডেন্টিস্টরা তাই অনেক সময়ই কিছু দেখার জন্য অবতল আয়না ব্যবহার করেন।

### ৪.৪.৪ নিরাপদ ড্রাইভিং

একটি দেশ যখন উন্নত হতে শুরু করে তখন প্রথমেই তার যোগাযোগ ব্যবস্থাকে উন্নত করতে হব। রাস্তাঘাট তৈরি করতে হয় এবং সেই রাস্তাঘাট দিয়ে নালা ধরনের ঘানবাহন চলতে শুরু করে। তোমরা নিচয়েই দেখেছ আমাদের দেশের রাস্তাঘাট দিয়ে কত ধরনের ঘানবাহন যায় এবং প্রতিদিনই



চিত্র ৪.২৭ কোকাস দূরত্বে তীব্র আলো তৈরি করার সেটি অবতল আয়নায় প্রতিফলিত হয়ে সমান্তরাল আলো হিসেবে বের হবে আসবে।

তার সংখ্যা কীভাবে বেড়ে যাচ্ছে। রাস্তাঘাট যথেষ্ট না হওয়ায় ট্রাফিক জ্যামে আমাদের প্রচুর সময় নষ্ট হয় এবং দূরপাঞ্চাল যানবাহনে গাড়ি দুর্ঘটনায় অনেক মানুষের মৃত্যু হয়। এই মৃত্যুর একটি বড় কারণ আমাদের ড্রাইভাররা অনেক সময়ই নিরাপদ ড্রাইভিং না করে দ্রুত এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় যেতে চায়। নিরাপদ ড্রাইভিংয়ের জন্য অনেক ধরনের সচেতনতা দরকার, তার মাঝে আলোর সঠিক ব্যবার একটি।

গাড়ি চালানোর সময় ব্রেক লাইট একটা গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে, এই লাইট দেখে পেছনের গাড়ির ড্রাইভার বুঝতে পারে সামনের ড্রাইভার তার গতি কমাতে যাচ্ছে, গাড়ি কোনদিকে যাবে কিংবা লেন পরিবর্তন করবে কি না। সেটা অন্যদের জানানোর জন্য টার্ন লাইট ব্যবহার করা হয়। গাড়ির সামনের হেড লাইট অন্ধকার রাস্তা আলোকিত করে, কিন্তু সেটি ব্যবহারের একটা সুনির্দিষ্ট নিয়ম আছে, বিপরীত থেকে একটা গাড়ি আসতে থাকলে তীব্র আলোতে যেন তার চেখ ধাঁধিয়ে না যায় সেজন্য কখনোই হাই বিম অন করতে হয় না। একজন ড্রাইভার যখন গাড়ি চালায় তখন শুধু সামনে নয়, পেছনে এবং পাশে কোন যানবাহন আছে সেটি জানতে হয়। সেজন্য ড্রাইভারের সামনে রিয়ার ভিউ মিরর এবং দুই পাশে সাইডভিউ মিরর থাকে। ছোট আয়নাতে যেন অনেকটুকু জায়গা দেখা যায় সেজন্য এই আয়নাগুলো হয় অবতল। একজন ভালো ড্রাইভার যখন গাড়ি চালায় সে শুধু সামনের যানবাহন নয় পাশে এবং পেছনের যানবাহন নিয়েও সব সময় সজাগ থাকে।

### 8.8.5 পাহাড়ি রাস্তার অদৃশ্য বাঁক

পাহাড়ি রাস্তা সাধারণত আঁকাবাঁকা হয় আবার একই সাথে উঁচু-নিচু হয়। শুধু তাই নয়, অনেক সময়ই রাস্তার এক পাশে উঁচু পাহাড় অন্য পাশে গভীর খাদ থাকে। কাজেই পাহাড়ি রাস্তায় গাড়ি চালানোর সময় অনেক সতর্ক থাকতে হয়। তারপরও স্থানে স্থানে গাড়ি চালানো ঝুঁকিপূর্ণ হতে পারে। বিশেষ করে যখন প্রায় সমবেগে বাঁক নিতে হয় তখন রাস্তার অন্য পাশ দিয়ে কী আসছে সেটা জানার কোনো উপায় থাকে না। এরকম অবস্থায় বাঁকগুলোতে  $45^{\circ}$  কোণে বড় আকারের সমতল আয়না বসানো হয়। তখন রাস্তার দুই পাশের সব যানবাহনই রাস্তার অন্য পাশে কী আছে সেটি দেখতে পায় এবং রাস্তায় গাড়ি চালানো তুলনামূলকভাবে নিরাপদ হয়ে যায়।

## অনুশীলনী



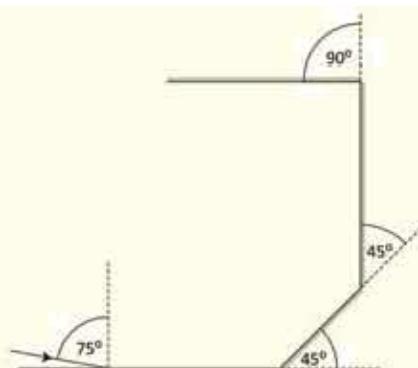
### সাধাৰণ প্ৰশ্ন

- চোখের সংযোগস্থীলতাৰ পৱিত্ৰাপটি কেমন কৰে নিৰ্ণয় কৰা হতে পাৰে?
- মানুষৰ চোখ সবচেয়ে বেশি দেখতে পায় হলুদোভ সবুজ রং ভাষণে বিশেষসংকেত সব সময় শাল দিয়ে কেন কৰা হয়?
- আৱনাতে ডান-বাম উল্টো যাই, উপৱে-নিচ উল্টোয় না কেন?
- জোছনাৰ আলোতে রং দেখা যাই না কেন?
- জ্ঞানিকদেৱ বড় টেলিকোপে সব সময় অবজল আৱনা ব্যবহাৰ কৰা হয় কেন?
- আলোৰ প্ৰতিকলন বলতে কী বোৰা?
- নিৱমিত প্ৰতিকলন ও ব্যাস্ত প্ৰতিকলন বলতে কী বোৰা?
- দৰ্শণ কাকে বলে?
- প্ৰতিবিম্ব কাকে বলে? প্ৰতিবিম্ব কোথাৰ থকাৰ ও কী কী?
- অবজল দৰ্শণে কীভাৱে বাস্তব প্ৰতিবিম্ব সৃষ্টি হয় তা গুণ্ঠি চিত্ৰে সাহায্যে দেখো।
- অবজল দৰ্শণে কীভাৱে অবাস্তব প্ৰতিবিম্ব সৃষ্টি হয় তা চিত্ৰসহ বৰ্ণনা কৰো।

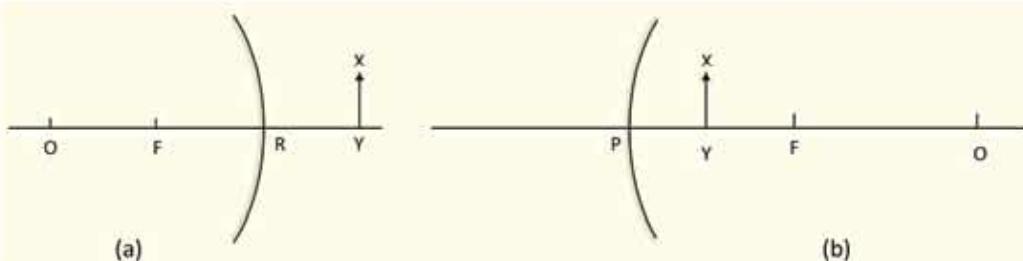


### গাণিতিক প্ৰশ্ন

- ৮.২৮ চিত্ৰৰ মতো কৱে আৱনা যাবা আছে। চিত্ৰ দেখানো আলোক রশ্মিটি কোন দিকে যাবে দেখো।
- উক্ত আৱনায় XY বস্তুটিৰ অন্ত (চিত্ৰ ৮.২৯ a) আলোক রশ্মিগুলো এইকে প্ৰতিবিম্বটি কোথাৰ হবে দেখো।
- অবজল আৱনায় XY বস্তুটিৰ অন্ত (চিত্ৰ ৮.২৯ b) আলোক রশ্মিগুলো এইকে প্ৰতিবিম্বটি কোথাৰ হবে দেখো।

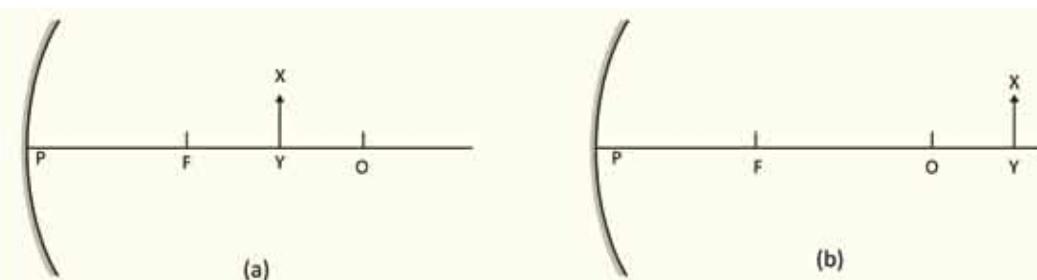


চিত্ৰ ৮.২৮: তিনি তিনি কোণে যাবা আৱনাৰ একটিতে আলো আপত্তি হয়ে।



চিত্র 8.29: (a) উত্তপ্ত আয়নার ফোকাস দূরত্বের ক্ষেত্রে রাখা একটি বস্তু। (b) অবকল্প আয়নার ফোকাস দূরত্বের ক্ষেত্রে রাখা একটি বস্তু।

4. ଅବଶ୍ୟକ ଆମନାର XY କ୍ଷେତ୍ରର ଜଳ୍ୟ (ଚିତ୍ର ୪.୩୦ a) ଆମେକ ରାଶିଗୁଲୋ ଏବେ ଅଭିବିହାର କୋଥାରେ  
ହବେ ଦେଖାବ ।



**চিত্র 8.30:** (a) অবক্ষেত্র আয়নার কোকাস দূরত্বের বাইরে রাখা একটি বস্তু। (b) অবক্ষেত্র আয়নার পিণ্ডে  
কোকাস দূরত্বের বাইরে রাখা একটি বস্তু।

5. ଅବତଳ ଆସନାର XY କମ୍ପ୍ଟୁଟର ଜ୍ଞା (ଚିତ୍ର ୫.୩୦ b) ଆଲୋକ ରଶିଗୁଲେ ଏହି ପ୍ରତିବିଷ୍ଟି କୋଥାରେ ଦେଖାଯାଉଛି।



ବହୁନିର୍ବାଚନ ପତ୍ର

সঠিক উত্তরটির পাশে ঠিক (v) চিহ্ন দাও

২. অতিকলন কৃত প্রকাৰ?

- |       |       |
|-------|-------|
| (ক) ৪ | (খ) ৩ |
| (গ) ২ | (ঘ) ১ |

৩. সমতল দৰ্শণে সূটি অতিবিষ-

- (i) আকাৰেৰ লক্ষণবস্তুৰ সমান
- (ii) পৰ্যায় গঠন কৰা যাব
- (iii) দৰ্শণ থেকে বস্তুৰ দূৰত্বেৰ সমান দূৰত্বে পঠিত হয়।

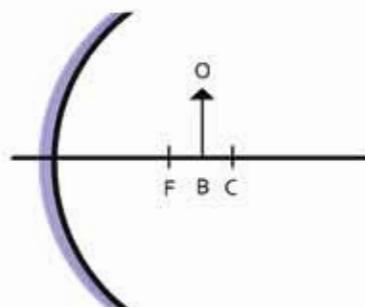
নিচেৰ কোনটি সঠিক?

- |             |                 |
|-------------|-----------------|
| (ক) I ও II  | (খ) II ও III    |
| (গ) I ও III | (ঘ) I, II ও III |

৪.৩১ চিত্ৰৰ আলোকে ৪ ও ৫ নং থঁথেৰ উভৰ দাও।

৪. BO বস্তুৰ অতিবিষেৰ আকৃতি কীৰূপ হবে-

- |                      |                  |
|----------------------|------------------|
| (ক) বিবৰ্ধিত         | (খ) খৰিত         |
| (গ) অভ্যন্ত বিবৰ্ধিত | (ঘ) অভ্যন্ত খৰিত |



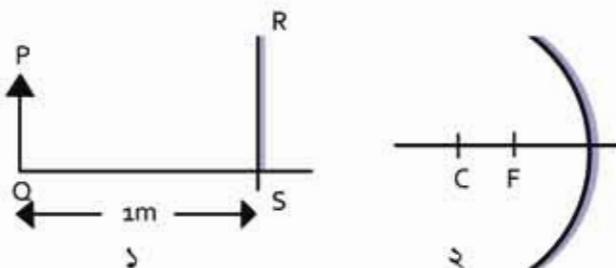
চিত্ৰ ৪.৩১

৫. BO বস্তুৰ অতিবিষেৰ অবস্থান কোথাৱ হবে?

- |                        |                                  |
|------------------------|----------------------------------|
| (ক) কোকাস ও মেৰুৰ মাবে | (খ) অধান কোকাসে                  |
| (গ) বকৃতাৰ কেন্দ্ৰে    | (ঘ) বকৃতাৰ কেন্দ্ৰ ও অনীমেৰ মাবে |



### সূজনশীল প্ৰশ্ন



চিত্ৰ ৪.৩২

## 1. চিত্র 8.32

(ক) সমতল দর্শণ কী?

(খ) দর্শনের পেছনে ধীত্বর প্রস্তুপ লাগানো হয় কেন?

(গ) চিত্র এঁকে দর্শণ থেকে PQ বন্ধুর প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয় করো।

(ঘ) প্রতিবিম্ব পাঠনের ক্ষেত্রে 1 এবং 2 নম্বর দর্শনের ভূলনা করো।

## 2. চিত্র 8.33

(ক) প্রতিবিম্ব কাকে বলে?

(খ) দর্শনে শব্দভাবে আপত্তিত রশি একই পথে ফিরে আসে কেন?

(গ) চিত্রের আলোকে প্রতিক্রিয়া কোণের মান নির্ণয় করো।

(ঘ) PQ দর্শনে গঠিত প্রতিবিম্ব অবস্থা—চিরসহ ব্যাখ্যা করো।

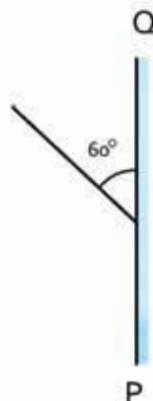
3. একদল শিক্ষার্থী ব্যবহারিক ক্লাসে পরীক্ষণের প্রথম পর্যায়ে একটি অবস্থল দর্শনের সামনে 2cm দৈর্ঘ্যের একটি কাঠি রাখায় পর্যায় এর 3.51 গুণ প্রতিবিম্ব দেখতে পেল। পরীক্ষণের বিত্তীয় পর্যায়ে পর্যায় এর 6 গুণ প্রতিবিম্ব দেখতে পেল।

(ক) বিবরণ কী?

(খ) ডিউ মিরর হিসেবে সমতল দর্শণ ব্যবহার করা হয় না কেন?

(গ) পরীক্ষণের প্রথম পর্যায়ে কাঠিটির প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য ও থক্কতি নির্ণয় করো।

(ঘ) পরীক্ষণের বিত্তীয় পর্যায়ে কী কী পরিবর্তন করা হয়েছিল?

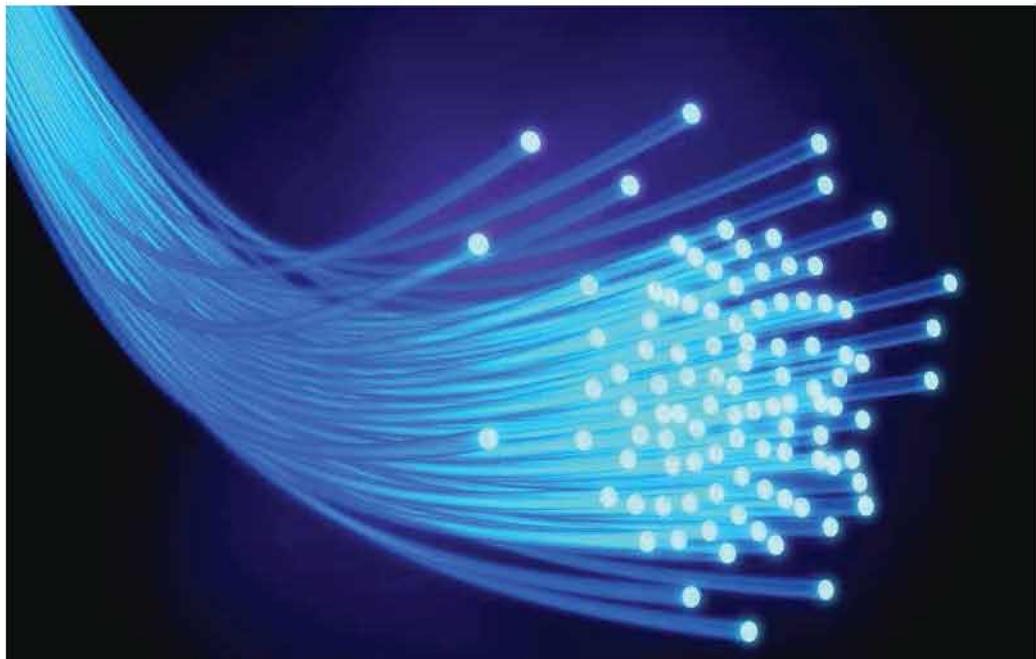


চিত্র 8.33

# নবম অধ্যায়

## আলোর প্রতিসরণ

### (Refraction of Light)



শূন্যস্থানে আলোর বেগ সেকেতে  $2.99 \times 10^8$  m/s, আলো যখন কোনো মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন আলোর বেগ এর থেকে কমে যায় এবং এই প্রক্রিয়াটিকে ব্যাখ্যা করার জন্য প্রতিসরণাঙ্ক বলে একটি রাশি সংজ্ঞায়িত করা হয়েছে। তোমরা ইচ্ছে করলেই দেখাতে পারবে আলোর বেগের তারতম্যের জন্য এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে যাবার সময় আলোক রশ্মি বেঁকে যায়।

আলোর এই ধর্ম বা প্রতিসরণের কারণে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন নামে একটি অভ্যন্ত চমকপ্রদ ব্যাপার ঘটতে পারে। এই অধ্যায়ে আমরা পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের নানা ধরনের ব্যবহার নিয়ে আলোচনা করব।

আলোর প্রতিসরণকে ব্যবহার করে উন্নত এবং অবতল লেন্স তৈরি করা যায়। এই দুই ধরনের লেন্স দিয়ে কোন ধরনের প্রতিবিম্ব তৈরি করা হয় সেগুলোও এই অধ্যায়ে আলোচনা করা হবে।



## ଏ ଅଧ୍ୟାୟ ପାଠ ଶେବେ ଆମରା

- ପ୍ରତିସରଣେର ସୂଚ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ପ୍ରତିସରଣାଙ୍କ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅଭ୍ୟାସିଳେ ପ୍ରତିକଳନ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଅଗ୍ରଟିକ୍ୟାଲ କାଇବାରେର ବ୍ୟବହାର ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଲେଲ ଏବଂ ଏର ଅକାରତ୍ତେଦ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଆଲୋକରଣ୍ଡିର କ୍ରିଯାରେଖା ଅଭଳ କରେ ଲେଲସଂକ୍ରାନ୍ତ ବିଭିନ୍ନ ରାଶି ବର୍ଣ୍ଣନା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଲେଲେ ସୃଷ୍ଟ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଆଲୋକ ରଣ୍ଡିର କ୍ରିଯାରେଖା ଅଭଳ କରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଲେଲେର କମତା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଆଲୋକ ରଣ୍ଡିର କ୍ରିଯାରେଖା ଅଭଳ କରେ ଢୋଖେର କ୍ରିଯା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଶେଷ ଦର୍ଶନେର ନିକଟତମ ବିନ୍ଦୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଦୃଷ୍ଟିର ଜୁଟି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଆଲୋକ ରଣ୍ଡିର କ୍ରିଯାରେଖା ଅଭଳ କରେ ଦୃଷ୍ଟିର ଜୁଟି ସଂଶୋଧନେ ଲେଲେର ବ୍ୟବହାର ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ରାଶିର ବ୍ୟବହାର ଆଲୋକିଯ ଉପଲବ୍ଧି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଦୈନିକିନ ଜୀବନେ ଆଲୋର ପ୍ରତିସରଣେର ବ୍ୟବହାର ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।

## ৯.১ আলোৰ প্ৰতিসূৰণ (Refraction of Light)

আমৰা এৱে জেনে পেছ যে আলো যখন একটা মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে প্ৰবেশ কৰতে চাহুন তখন তিনটি ভিন্ন ভিন্ন ঘটনা ঘটে। একটা হচ্ছে প্ৰতিকলন যখন প্ৰথম মাধ্যম থেকে হিতীয় মাধ্যমে আৰুৰ সময় থানিকটা আলো আৰুৰ প্ৰথম মাধ্যমে কিৰে আসে এবং সে বিষয়টি আমৰা আলোৰ অধ্যাবে আলোচনা কৰেছি। একটি হচ্ছে প্ৰতিসূৰণ যখন প্ৰথম মাধ্যম থেকে আলো হিতীয় মাধ্যমে প্ৰবেশ কৰে যে বিষয়টি আমৰা এই অধ্যাবে আলোচনা কৰিব। আৱেকটি হচ্ছে শোৱণ যখন থানিকটা আলো শোষিত হয় যে বিষয়টি আমৰা আলোচনা কৰিব না।

আলোৰ প্ৰতিসূৰণ বোৰাৰ জন্য প্ৰতিসূৰণীক বলে একটা রাশি ( $n$ ) ব্যবহাৰ কৰা হয়। আমৰা জানি, শূন্য স্থানে আলোৰ বেগ  $2.99 \times 10^8 \text{ m/s}$ , এবং এটি যখন কোনো মাধ্যমের ভেতন দিয়ে যাব তখন এই বেগটি কমে যায়। একটা মাধ্যমে আলোৰ বেগ কত গুণ কমে যাব সেটাই হচ্ছে এই মাধ্যমটাৰ প্ৰতিসূৰণীক। যেমন পানিতে আলোৰ বেগ হচ্ছে  $2.26 \times 10^8 \text{ m/s}$  কাজেই পানিৰ প্ৰতিসূৰণীক হচ্ছে:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{2.99 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.26 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1.33$$

অৰ্থাৎ শূন্য স্থানে আলোৰ বেগ পানিতে আলোৰ বেগ থেকে 1.33 গুণ বেশি।

ফাইবাৰ অপটিক ক্যাবলেৰ কাঠেৰ তল্লুৰ প্ৰতিসূৰণীক 1.5, কাজেই ফাইবাৰেৰ ভেতন দিয়ে আলোৰ বেগ

$$v = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} / 1.50 = 2.00 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

প্ৰতিসূৰণীক একটি সংখ্যা এবং এৱে এৱে কোনো একক নেই। বেহেতু আলোৰ সৰোচ বেগ  $c$ , কাজেই  $n$  এৱে মান সবসময়ই 1 থেকে বেশি। ৯.০১ টেবিলে কিছু পদাৰ্থৰ

প্ৰতিসূৰণীক দেওয়া হোৱে। শূন্য মাধ্যমে স্বাভাৱিকভাৱেই  $n$  এৱে মান হবে 1, বাতাসেৰ প্ৰতিসূৰণীক 1.00029, এটি 1 এৱে এত কাছাকাছি যে আমৰা এটাকে 1 থৰেই হিসাব কৰিব।

টেবিল ৯.০১: ভিন্ন ভিন্ন মাধ্যমে

আলোৰ প্ৰতিসূৰণীক

শূন্য মাধ্যম	1.00
বাতাস	1.00029
পানি	1.33
সাধাৰণ কাচ	1.52
ইৰা	2.42



### উদাহৰণ

প্ৰমাণ: ৯.০১ টেবিলে দেখানো মাধ্যমপুলোভে আলোৰ বেগ কত বেৱ কৰো।

উত্তৰ: কোনো মাধ্যমে আলোৰ বেগ  $v = \frac{c}{n}$

$$\text{শূন্য মাধ্যমে } v = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}/1.00 = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{বাতাসে } v = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}/1.00029 = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{পানিতে } v = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}/1.33 = 2.26 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সাধারণ কাচে } v = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}/1.52 = 2 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{ইঠাকে } v = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}/2.42 = 1.24 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

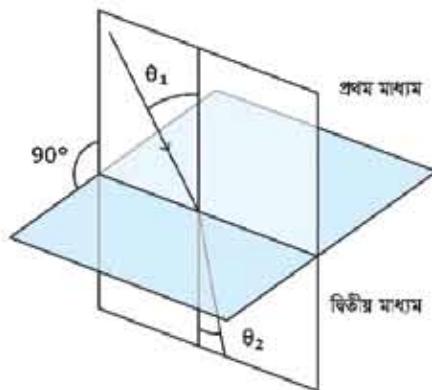
এখানে উচ্চার্থ, কোলো মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক  
বলতে হলে সেটি কোন তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের  
আলোতে মাপা হয়েছে সেটি বলে দিতে হয়।  
কারণ আলোৰ প্রতিসরণাঙ্ক আলোৰ তরঙ্গ  
দৈর্ঘ্যের ওপর নির্ভর কৰে।

### ৯.১.১ প্রতিসরণের সূত্র

প্রতিসরণের সূত্র বোঝাব জন্য বে বিষয়গুলো  
জানা প্রয়োজন ছিল সেগুলো জানা হয়েছে।

প্রতিকলনের বেলায় আমরা আলোক রশ্মি বে  
বিন্দুতে পড়েছে সেই বিন্দু থেকে একটি লম্ব  
কলনা কৰে নিয়েছিলাম, এখানেও সেই  
একই বিষয়টি কৰতে হবে। ৯.০১ চিত্রটিতে

লম্বের সাথে আপত্তি রশ্মিটির কোণকে বলব আপত্তন কোণ, দ্বিতীয় মাধ্যমে লম্বের সাথে প্রতিসরিত  
রশ্মির কোণকে বলব প্রতিসরণ কোণ।



চিত্র ৯.০১: প্রথম মাধ্যম থেকে দ্বিতীয় মাধ্যমে  
আলোৰ প্রতিসরণ।

**প্রতিসরণের প্রথম সূত্র:** আপত্তন রশ্মি এবং লম্ব দিয়ে আমরা বে সমতলটি কলনা কৰে  
নিয়েছি প্রতিসরিত রশ্মি সেই একই সমতলে থাকবে।

**প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্র:** প্রথম মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক  $n_1$ , দ্বিতীয় মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক  $n_2$ ,  
আপত্তন কোণ  $\theta_1$ , এবং প্রতিসরিত কোণ  $\theta_2$  হলে

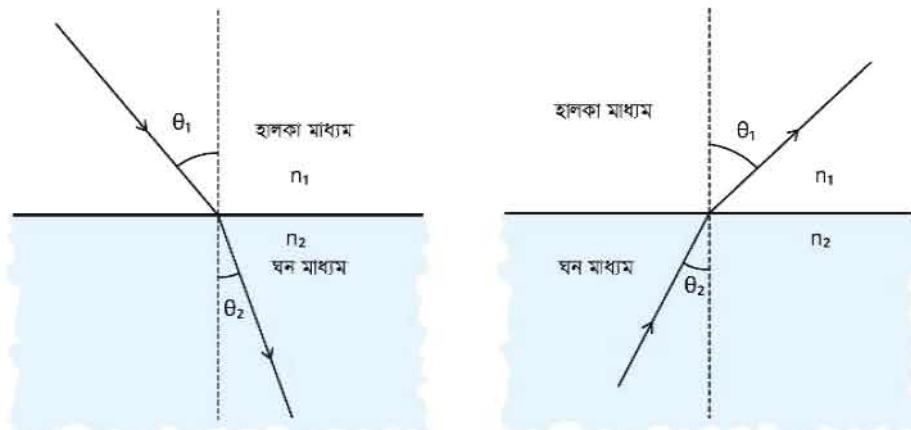
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

১০ এই অতি সহজ সূত্রটি মনে রাখলে তুমি প্রতিসরণ-সংক্রান্ত সব সমস্যার সমাধান কৰে ফেলতে  
পারবে।

যদি প্রথম মাধ্যমটি বাতাস হয় তাহলে  $n_1 = 1$  থেকে লিখতে পারি (চিত্র 9.02)

$$n_2 = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

যেহেতু  $n_2$  এর মান 1 থেকে বেশি তাই  $\theta_2 < \theta_1$  অর্থাৎ প্রতিসরণের পর আলোক রশ্মিটি লম্বের দিকে বেঁকে যাবে।  $n$  বেশি হলে আমরা অনেক সময় তাকে ঘন মাধ্যম বলি। মনে রাখতে হবে এখানে মাধ্যমের ভরের কারণে ঘন বলছি না। এটাকে ঘন বলতে বোঝানো হচ্ছে এর  $n$  বেশি। কাজেই প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্র থেকে আমরা বলতে পারি আলো হালকা মাধ্যম থেকে ঘন মাধ্যমে যাবার সময় প্রতিসরিত রশ্মি লম্বের দিকে বেঁকে যাবে। আবার ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে যাবার সময় সেটি লম্ব থেকে দূরে সরে যাবে। (চিত্র 9.02)

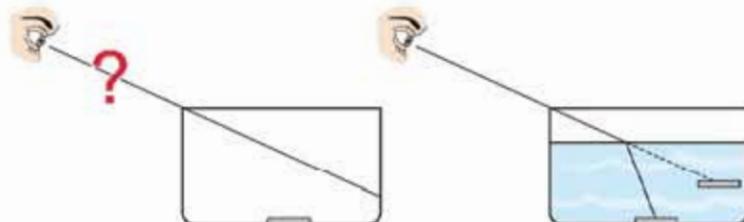


চিত্র 9.02: হালকা মাধ্যম থেকে ঘন মাধ্যমে যাবার সময় আলো লম্বের দিকে বেঁকে যায়। ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে যাবার সময় আলো লম্ব থেকে দূরে সরে যায়।

প্রতিসরণ নিয়ে আলোচনা করা হচ্ছে বলে এখানে শুধু আপত্তি রশ্মি এবং প্রতিসরিত রশ্মি আঁকা হয়েছে কিন্তু সবাইকে মনে রাখতে হবে যখনই একটি আলোক রশ্মি এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন সব সময়ই খানিকটা আলো প্রতিফলিত হয়। দুটো মাধ্যমের মাঝে কতখানি প্রতিফলিত হবে এবং কতখানি প্রতিসরিত হবে সেটা নির্ভর করে আপত্তি কোণের ওপর। আপত্তি কোণ বাড়তে থাকলে সব সময়ই প্রতিফলন বাড়তে থাকে।



## নিজে করো



চিত্র 9.03: পানি ও কাজের তেজের আলোর প্রতিসরণ।

একটি কাপের মাঝে একটা মুছা রেখে সেটাকে সামনে অবস্থাবে রাখো যেন সেটি দেখা না যাব। মাথা না নাড়িয়ে মুছাটি কীভাবে দেখা সম্ভব? কাপে পানি ঢাললেই মুছাটি দৃশ্যমান হয়ে যাবে (চিত্র 9.03)। প্রতিসরণের কারণে আলো বাঁকা হয়ে এসে তোমার চোখে পড়বে। শুধু তাই নয়, তোমার কাছে মনে হবে মুছাটি ঝুঁকি উপরে উঠে এসেছে।



## উদাহরণ

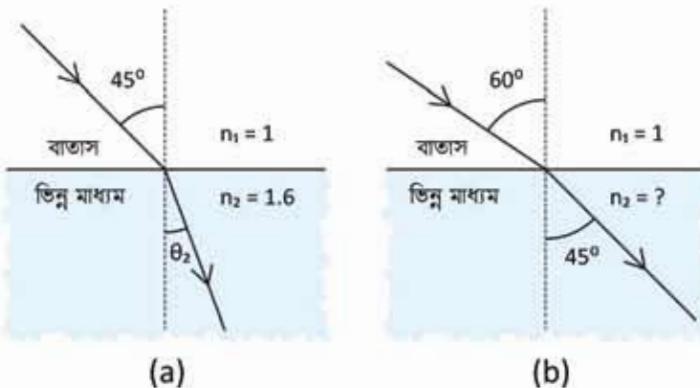
**প্রশ্ন:** বাতাস থেকে আলোক রশি  $n = 1.6$  মাধ্যমে  $45^\circ$  তে আপত্তি হয়েছে। (চিত্র 9.04 a) এটি কত ডিগ্রি কোণে বিতীয় মাধ্যমে প্রবেশ করবে?

**উত্তর:** আমরা জানি  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$       কাজেই

$$\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1 = \frac{1}{1.6} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.44$$

$$\theta_2 = 26^\circ$$

**প্রশ্ন:** 9.04 b চিত্রটিতে একটি রশি  $60^\circ$  তে বাতাস থেকে একটি মাধ্যমে প্রবেশ করে  $45^\circ$  কোণে বিতীয় মাধ্যমে প্রতিসরিত হচ্ছে। বিতীয় মাধ্যমটির প্রতিসরণাত্মক কত?



ଜ୍ଞାନ 9.04: (a) ଆଶେ  $45^\circ$  କୋଣେ ଆଶ୍ରିତ ହୁଏ (b) ଆଶେ  $60^\circ$  କୋଣେ ଆଶ୍ରିତ ହୁଏ  $45^\circ$  କୋଣେ ଅନ୍ତିସରିତ ହୁଏ।

**फैक्टर:** आमत्रा आनि  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

$$1 \times \sin 60^\circ = n_2 \sin 45^\circ$$

$$n_2 = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} = 1.22$$

### 9.1.3 आपेक्षिक प्रतिस्पर्शीत्व

ଆମରୀ ବଲେଛି କୋଣୋ ଯାଧୁମେର ପ୍ରତିସରପାଇକ ସବ ଶମର ୧ ଥେବେ ବେଳି ହେବ। କାରପ ପ୍ରତିସରପାଇକ ଯେହେତୁ ଶୁଣ୍ଡ ଯାଧୁମେର ସାଥେ ଦେଇ ଯାଧୁମେ ଆଲୋର ବେଗେର ଫୁଲନା ଏଟା ୧ ଥେବେ ବେଳି ହେବ। ଯାଥେ ଯାବେ ଏକ ଯାଧୁମେର ପ୍ରତିସରପାଇକର ଫୁଲନାର ଅନ୍ୟ ଯାଧୁମେର ପ୍ରତିସରପାଇକ ପ୍ରକାଶ କରା ହେବ ତଥିନ କୋନଟିର ସାଥେ କୋନଟିର ଫୁଲନା କରା ହେବେ ତାର ଉପର ନିର୍ଜର କରେ ଦେଇ ୧ ଥେବେ କମ ହତେ ପାରେ।

যেখন পানিকে প্রথম মাধ্যম এবং কাচকে দ্বিতীয় মাধ্যম ধরলে (চিত্র ৭.০৫)

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$n_1 = 1.33$$

$$n_2 = 1.52$$

পানিক ফুলনাম কাছের প্রতিসন্ধান

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = 1.14$$

যেটি ১ থেকে বেশি।

আবার কাচের তুলনায় পানিৰ প্রতিসরণাঙ্গক

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = 0.88$$

যেটি ১ থেকে কম।

অর্থাৎ যে মাধ্যমেৰ প্রতিসরণাঙ্গক বেৱ কৰতে চাইছ সেটিকে যার তুলনায় বেৱ কৰতে চাইছ সেই প্রতিসরণাঙ্গক দিবে আপ দিতে হবে।

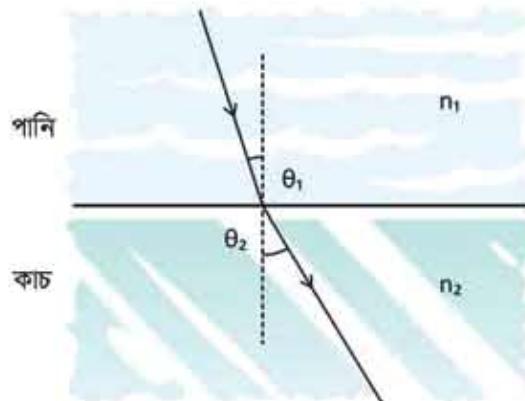
পানিৰ তুলনায় হীরা: 1.82

হীরাৰ তুলনায় পানি: 0.55

কাচের তুলনায় হীরা: 1.59

হীরাৰ তুলনায় কাচ: 0.63

তবে পদাৰ্থবিজ্ঞানে সাধাৰণত দুটিৰ তুলনা হিসেবে প্রতিসরণাঙ্গক ব্যবহাৰ না কৰে নির্দিষ্ট বস্তুৰ প্রতিসরণাঙ্গক হিসেবেই ব্যবহাৰ কৰা হয়।



চিত্ৰ ৯.০৫: পানি ও কাচেৰ তেজৰ আলোৰ প্রতিসরণ।

## ৯.২ পূৰ্ণ অভ্যন্তৰীণ প্রতিফলন (Total Internal Reflection)

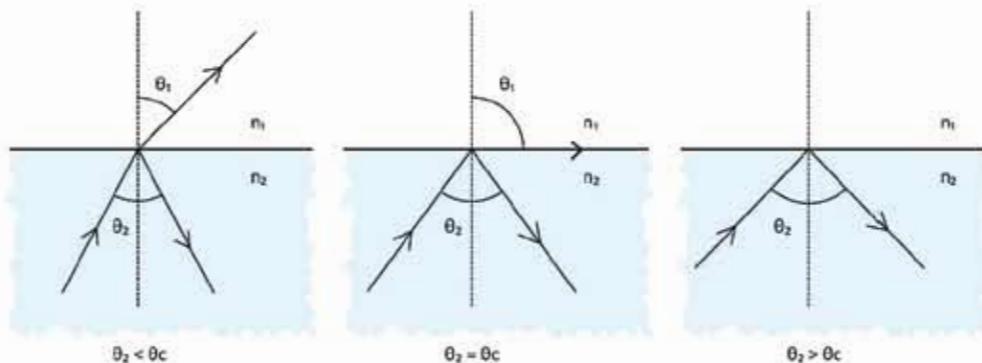
প্রতিফলন সকলকে আলোচনা কৰাৰ সময় বলা হয়েছিল যখন অভ্যন্ত এবং পূৰ্ণাঙ্গ প্রতিফলন প্রয়োজন হয় তখন আৱলনা ব্যবহাৰ না কৰে পুৱোগৱি স্বাঙ্গ মাধ্যম ব্যবহাৰ কৰে এক ধৰনেৰ প্রতিফলন কৰাবো হয়। এই প্রতিফলনেৰ নাম পূৰ্ণ অভ্যন্তৰীণ প্রতিফলন। এটি অভ্যন্ত সহজ এবং চমকপ্ৰদ একটি প্ৰক্ৰিয়া, এখানে প্রতিসরণেৰ নিয়ম ব্যবহাৰ কৰে আলোক রশ্মিটি ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে পাঠাতে হয় যাব।

আমৰা এৱ মাঝে জেনে গৈছি (এবং অনেকবাৰ ব্যবহাৰ কৰেছি), প্রতিসরণেৰ সূত্ৰ হচ্ছে

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

অর্থাৎ বলি  $n_1$  থেকে  $n_2$  বড় হয় তাহলে  $\theta_2$  থেকে  $\theta_1$  বড় হবে। ধৰা যাব তুমি একটি ঘন মাধ্যম ( $n_2$ ) থেকে একটি আলোক রশ্মি হালকা মাধ্যমেৰ ( $n_1$ ) দিকে পাঠাই (চিত্ৰ ৯.০৬)। প্রতিসরণ এবং প্রতিফলনেৰ নিয়ম অনুযায়ী খানিকটা আলো প্রতিফলিত হবে এবং খানিকটা প্রতিসরিত হবে। যেহেতু  $\theta_2$  থেকে  $\theta_1$  বড় হবে কাজেই  $\theta_2 > 90^\circ$  থাকতেই  $\theta_1 = 90^\circ$  হবে যাবে এবং এৱ গৱ থেকে আলোৰ প্রতিসরিত হবাৰ আৱ কোনো সুযোগ থাকবে না। অর্থাৎ যখন  $\theta_1 = 90^\circ$  হবে তখন থেকে পুৱো

আলোকেই প্রতিকলিত হতে হবে।  $\theta_1$  এর যে মানের জন্য  $\theta_1 = 90^\circ$  হয় সেই কোণকে ক্রান্তি কোণ বা সংকট কোণ (Critical Angle)  $\theta_c$  বলে।



চিত্র 9.06: ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে ঘৰার সময় আলোর পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিকলন হতে পারে।

$$\text{অর্থাৎ } n_1 \sin 90^\circ = n_2 \sin \theta_c$$

কিন্তু

$$\sin \theta_c = \frac{n_1}{n_2}$$

$n_1$  এবং  $n_2$  এর মান জানা থাকলে আমরা একটি কোণ  $\theta_c$  বের করতে পারব বার অন্য উপরের সূজ্ঞটি সত্য। কাজেই সূজ্ঞটাকে এভাবেও  
লেখা দেতে পারে:

$$\theta_c = \sin^{-1} \left( \frac{n_1}{n_2} \right)$$

কাজের  $n_2 = 1.52$  এবং

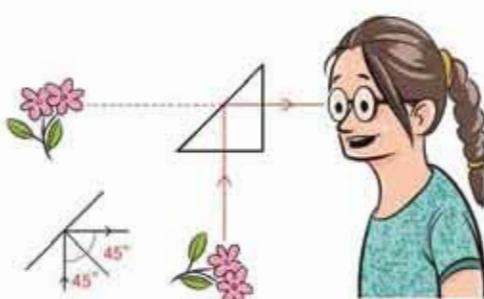
বাতাসের  $n_1 = 1.00$  হলে

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{1.00}{1.52} = 0.66$$

এটা দেখানো সহজ যে

$$\sin 41.8^\circ = 0.66 \text{ বা } \sin^{-1}(0.66) = 41.8^\circ$$

কাজেই ক্রান্তি কোণ  $\theta_c = 41.8^\circ$



চিত্র 9.07: স্বচেতের পরিপূর্ণ প্রতিকলন হয় পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিকলনে।

অর্থাৎ যদি স্বচ্ছ কাচ থেকে বাতাসের মাঝে আলো পাঠানোর সময় আলোক রশ্মি  $41.8^\circ$  থেকে বেশি আপাতন কোণ করলে তাহলে আলোক রশ্মি স্বচ্ছ কাচ থেকে বের না হয়ে পুরোপুরি পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ঘটে। তোমরা যদি একটি প্রিজম সংগ্রহ করতে পারো তাহলে খুব সহজেই পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ব্যাপারটি নিজের চোখে দেখতে পাবে। 9.07 টিউটোরিয়েল কাচ-বাতাস বিজ্ঞেনতলে আলোর আপাতন কোণ  $45^\circ$  কাচ-বাতাসের ক্রান্তি কোণ  $41.8^\circ$  থেকে বেশি। কাজেই এখানে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ঘটে।



### উদাহরণ

**প্রশ্ন:** পানিতে ছুবে যদি এই পরীক্ষাটা করতে চাও তাহলে কী হবে? (কাচের  $n_2 = 1.52$  এবং পানির  $n_1 = 1.33$ )

**উত্তর:** পানিতে  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{1.33}{1.52} = 0.88$  কাজেই কাচের ক্রান্তি কোণ হবে  $61.6^\circ$  কারণ  $\sin 61.6^\circ = 0.88$  অথবা  $\sin^{-1}(0.88) = 61.6^\circ$

আপাতন কোণ যেহেতু  $45^\circ$ , এটি ক্রান্তি কোণ  $61.6^\circ$  থেকে কম তাই পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ঘটে না।

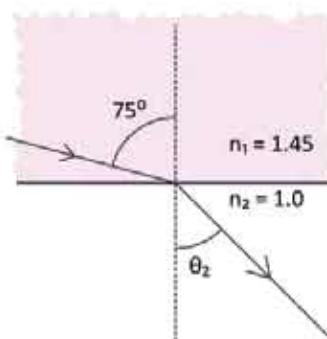
**প্রশ্ন:** 1.45 প্রতিসরণাঙ্কের একটি মাধ্যমের ডেকে থেকে আলো  $75^\circ$  তে আপত্তি হয়েছে। (চিত্র 9.08)  
মাধ্যমটির অন্য পাশে বাতাস থাকলে আলোটি কত  
ডিগ্রি কোণে বের হয়ে আসবে।

**উত্তর:** আমরা জানি

$$\begin{aligned} n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ 1.45 \times \sin 75^\circ &= 1 \times \sin \theta_2 \\ \sin \theta_2 &= 1.40 \end{aligned}$$

কিন্তু আমরা জানি  $\sin \theta_2$  এর মান কখনো 1 থেকে  
বেশি হতে পারবে না। এখানে এ ব্যাপারটি ঘটেছে

কারণ আলো প্রতিসরিত না হয়ে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলিত হয়েছে কাজেই বখনই সব মাধ্যম থেকে  
হালকা মাধ্যমে আলোর প্রতিসরণ দেখতে হয় তখন প্রথমে ক্রান্তি কোণটি বের করে নেওয়া ভালো,  
এই ক্রান্তি কোণ থেকে কম কোণে আলো আপত্তি হলে শুধুমাত্র প্রতিসরণ হওয়া সম্ভব।



চিত্র 9.08: আলো  $75^\circ$  কোণে আপত্তি  
হচ্ছে।

এই ক্ষেত্রে ক্রান্তি কোণ  $\theta_c$  হলে

$$\sin \theta_c = \frac{1}{1.45} = 0.69$$

$$\theta_c = 43.6^\circ$$

কাজেই  $75^\circ$  তে আলো আপত্তি হলে সেটি প্রতিসরিত না হয়ে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন হবে।

### 9.2.1 রংধনু

তোমরা যারা ভাবছ যে তোমরা সত্যি সত্যি কখনো পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন দেখনি তাদেরকে মনে করিয়ে দেওয়া যায় যে যারা রংধনু দেখেছে তারাই পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন দেখেছে। রংধনু তৈরি হয় পানির পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন দিয়ে।

শুধু তাই নয়, যারা প্রিজমের অভাবে সাদা আলোকে তার রংগুলোতে ভাগ করে দেখতে পারোনি তারাও এই ব্যাপারটি রংধনুতে ঘটতে দেখেছে। বৃষ্টি হবার পরপর যদি রোদ ওঠে তাহলে আমরা রংধনু দেখি। তার কারণ তখন বাতাসে পানির কণা থাকে এবং পানির কণায় সেই আলো পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলিত হবার সময় ভিন্ন ভিন্ন রঙের আলো ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণে বেঁকে যায়। এই আলোর রশ্মিগুলো দিয়ে রংধনুর ভিন্ন ভিন্ন রঙের ব্যান্ড (band) তৈরি হয়।

তোমরা যারা রংধনু দেখেছে তারা নিশ্চয়ই আবিষ্কার করেছে এটি সব সময়ই সূর্যের বিপরীত আকাশে দেখা যায় এবং এখন তার কারণটি নিশ্চয়ই বুবতে পারছ।

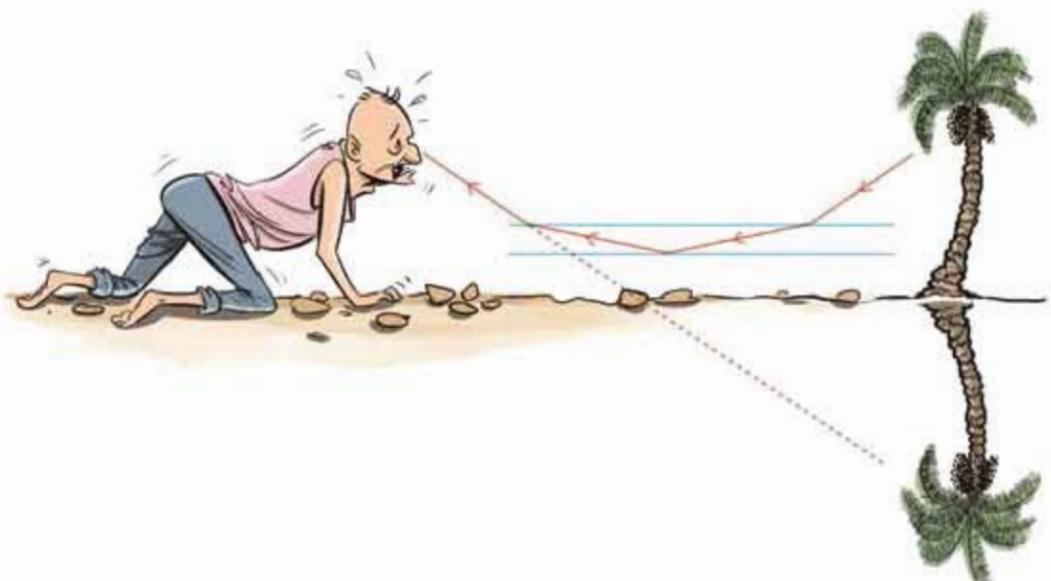
### 9.2.2 মরীচিকা

মরুভূমিতে মরীচিকা খুবই পরিচিত দৃশ্য। তোমরা হয়তো শুনে অবাক হবে যে মরীচিকাও রংধনুর মতো পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের কারণে ঘটে থাকে।

কোনো কিছু পাওয়ার আশা করে শেষ পর্যন্ত না পেলে সেটাকেও মরীচিকা বলা হয় কিন্তু মূল শব্দটি এসেছে মরুভূমিতে উভাপের কারণে বাতাসের ঘনত্বের পরিবর্তন থেকে। যদিও আমরা জানি উভ্যত বাতাস হালকা বলে উপরে চলে যায় কিন্তু মরুভূমির উভ্যত বালুর কারণে তার কাছাকাছি বাতাস উপরের বাতাস থেকে উভ্যত থাকতে পারে। কাজেই মরুভূমির বাতাসকে আমরা  $9.09$  চিত্রের মতো করে কল্পনা করে নিতে পারি।

সহজভাবে বোঝানোর জন্য এখানে মাত্র কয়েকটি স্তরে দেখানো হয়েছে। উপরের স্তরে বাতাসের ঘনত্ব বেশি তাই প্রতিসরণাঙ্ক বেশি। নিচের স্তরে বাতাস উভ্যত তাই ঘনত্ব কম এবং প্রতিসরণাঙ্কও কম। গাছ থেকে আলো প্রতিটি স্তরে প্রতিসরিত হবার সময় প্রতিসরণ কোণ বেড়ে যাবে এবং একেবারে নিচের স্তরে এসে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন হয়ে যেতে পারে। বেশি প্রতিসরণাঙ্কের

ଥେବେ କମ ପ୍ରତିସରଣାଙ୍କେ ମାଧ୍ୟମେ ସାବାର ସମୟ ଦୂର ଥେବେ ଦେଖା ହୁଲେ ଆପାତନ କୋଣେ ମାନ ବେଶି ହୁଅଯାଇ କାରଣେ କ୍ରାନ୍ତି କୋଣକେ ଅତିକ୍ରମ କରାର ସଜ୍ଜାବନା ବେଶି ଥାକେ । ତାଇ ମରୀଚିକାକେ ଦୂର ଥେବେ ଦେଖା ଯାଏ, କାହେ ଏଲେ ଦେଖା ଯାଏ ନା । ସେହେତୁ କୋଣୋ ମାନୁଷ ଦୂରେର ଏକଟି ଗାଛର ଦିକେ ତାକାଳେ ସରାସରି ଗାଛଟି ଦେଖିବେ ପାରେ ଏବଂ ପୂର୍ବ ଅଭ୍ୟନ୍ତରୀନ ପ୍ରତିକଣଳେର କାରଣେ ଗାଛର ଏକଟି ପ୍ରତିବିଷ ଗାଛର ନିଚେଓ ଦେଖିବେ ପାରେ । ମନେ ହବେ ନିଚେ ପାନି ଥାକାର କାରଣେ ଦେଖାନେ ଗାଛର ପ୍ରତିବିଷ ଦେଖା ଯାଇବେ । କାହେ ଗେଲେ ଦେଖା ଯାବେ କୋଣୋ ପାନି ନେଇ ।



ଚିତ୍ର ୨.୦୭: ମହୃତ୍ତମିତି ବାତାଦେର ଘନହେତ୍ର ପାର୍ଶ୍ଵକେର କାରଣେ ମରୀଚିକା ଦେଖା ଯାଏ ।

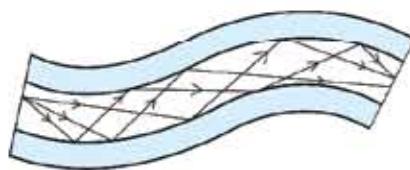
ପରମେର ଦିଲେ ଉତ୍ତମ ରାତାର ଗାଡ଼ି ଚାଲିଯେ ସାବାର ସମୟ ଏକଇ କାରଣେ ଦୂରେ କାଳଟେ କେବଳ ରାତା ଦେଖା ଯାଏ । ଦେଖାନେ ପୌଛାନୋର ପର ଦେଖା ଯାଇ ରାତାଟି ଖଟଖଟେ ଶୁକଳେ । ଏଠାଓ ଏକ ଧରନେର ମରୀଚିକା ।

### ୨.୩ ପ୍ରତିସରଣେର ସ୍ୟବହାର

ଆମୋର ପ୍ରତିସରଣେର ନାଲା ଧରନେର ସ୍ୟବହାର କରିବାକୁ ପରିଚାରିତ କରିବାକୁ ଆମାଦେର ଜୀବନେର ନାଲା କେବେଳେ ଯେ ସ୍ୟବହାରଗୁଲୋ ପୁରୁଷପୂର୍ବ ଭୂମିକା ପାଲନ କରେ ଥାକେ ତୋମାଦେର ସେଇକମ କରିବାକୁ ଉଦ୍ଦାହରଣ ଦେଉଯା ଯେତେ ପାରେ:

### 9.3.1 অপটিক্যাল ফাইবার

নতুন পৃথিবীৰ যোগাযোগেৰ মাধ্যমে বৈদ্যুতিক তাৰকে অভ্যন্ত সবু কাচেৱ তল্লু দিয়ে পাল্টে দেষয়া হয়েছে। আগে ষেখানে বৈদ্যুতিক সিগন্যাল দিয়ে তথ্য পাঠালো হতো এখন সেখানে আলোৰ সিগন্যাল দিয়ে তথ্য পাঠালো হৈ। মুল অক্ষয়ায় আলো সৱলৱেখাৰ বাবে কিছু ফাইবারে আলো আটকা পড়ে বাবে বলে সেটাকে খুবিয়ে পেটিয়ে যেকোনো দিকে দেষয়া সম্ভব।



চিত্ৰ 9.10: অপটিক্যাল ফাইবারে পূৰ্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনেৰ মাধ্যমে আলো বেতে

অপটিক্যাল ফাইবার অভ্যন্ত সবু কাচেৱ তল্লু, এৱে ডেতৱেৰ অংশকে বলে কোৱ (core), বাইৱেৰ অংশকে বলে ক্লায়েড (clad)। দুটই একই কাচ দিয়ে তৈৰি হলেও ডেতৱেৰ অংশৰ (কোৱ) প্রতিসূৰ্যোজ্ঞ বাইৱেৰ অংশ থেকে বেশি। এ কাৱশে আলোকে পূৰ্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনেৰ মাধ্যমে কোৱৰ মাবে আটকে রেখে অনেক দূৰে নিয়ে যাওৱা বাবে। (চিত্ৰ 9.10) অপটিক্যাল ফাইবার দিয়ে আলো শত শত কিলোমিটাৱ নিয়ে যাওৱা বাবে, কাৱশ এই কাচেৱ তল্লুতে আলোৰ শোষণ হয় খুবই কম। দৃশ্যমান আলো হলে শোষণ বেশি হতো বলে ফাইবারে শৰী তৱল দৈৰ্ঘ্যেৰ ইনজিনেৰিং বা অবলম্বন ক্লিয়ান্স ব্যবহাৰ কৰা হয়।

শেষ অধ্যায়ে এজেন্স্কোপি নামেৰ চিকিৎসাবিজ্ঞানেৰ একটি প্রক্ৰিয়ায় কীভাৱে অপটিক্যাল ফাইবার ব্যবহাৰ কৰা হয় সেটি বৰ্ণনা কৰা হয়েছে।



#### উদাহৰণ

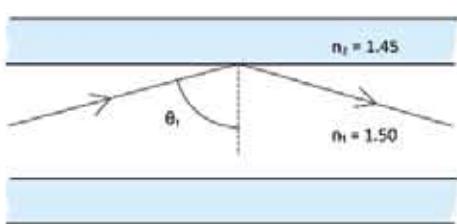
**প্ৰমৰ:** অপটিক্যাল ফাইবারেৰ কোৱৰ প্রতিসূৰ্যোজ্ঞ 1.50 এবং ক্লায়েডেৰ প্রতিসূৰ্যোজ্ঞ 1.45 হলে (চিত্ৰ 9.11) আলোকে পূৰ্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ইণ্ডার জন্য কত জিঞ্জিতে আপত্তি হতে হবে?

**উত্তৰ:**

$$\theta_c = \sin^{-1} \left( \frac{n_1}{n_2} \right)$$

এখানে

$$n_1 = 1.45 \text{ এবং } n_2 = 1.50$$



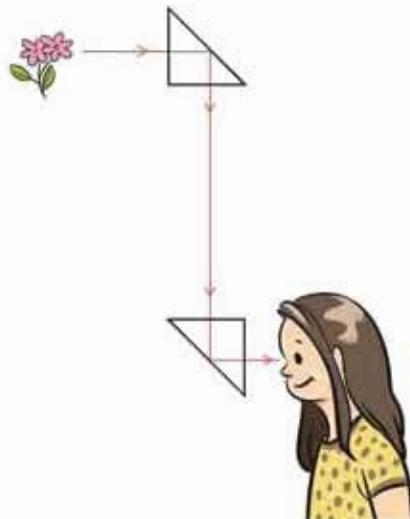
চিত্ৰ 9.11: অপটিক্যাল ফাইবারেৰ কোৱ থেকে ক্লায়েডে আলোকে পূৰ্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন হয়।

$$\theta_c = \sin^{-1} \left( \frac{1.45}{1.50} \right) = \sin^{-1}(0.97) = 75^\circ$$

କାଜେଇ ଆଲୋକ ରଶୀକେ  $75^\circ$  କିମ୍ବା ତାର ଦେଇ ବେଶି କୋଣେ ଆପଣିତ ହତେ ହବେ ।

### ୯.୩.୨ ପେରିକ୍ଷୋପ ଓ ବାଇନୋକ୍ଲାର

ଆମରା ସବାଇ ଜାନି ସାବଧାରିଲେ ପେରିକ୍ଷୋପ ଥାକେ ଏବଂ ମେଇ ପେରିକ୍ଷୋପ ଦିଯେ ପାନିର ନିଚ୍ଛିକେ ପାନିର ଉପରେ ଦୃଷ୍ୟ ଦେଖା ସମ୍ଭବ । ସାଧାରଣ ଆଯନା ଦିଯେ ଯେ ଧରନେର ପେରିକ୍ଷୋପ ତୈରି କରା ଯାଇ ତାର ଥିକେ ଅନେକ ବେଶି କାର୍ଯ୍ୟକର ପେରିକ୍ଷୋପ ତୈରି କରା ହୁଯ ଥିଲା ଏବଂ ତାର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅଞ୍ଚଳୀଶ ପ୍ରତିକଳନ ଦିଯେ (ଚିତ୍ର ୯.୧୨) । ବାଇନୋକ୍ଲାରେର ଦୈର୍ଘ୍ୟ କମାନୋର ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଏଇ ତେତରେ ଥିଲା ଏହି ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅଞ୍ଚଳୀଶ ପ୍ରତିକଳନ କରା ହେବେ ଥାକେ ।



### ୯.୩.୩ ଥିଜମ୍

କୋନୋ ଅଛି ଯାଥିମେର ଦୁଇ ପୃଷ୍ଠା ସମାନତାଳ ନା ହଲେ ତାକେ ଥିଜମ୍ ବଲେ । ଅଛି ସମାନତାଳ

ଯାଥିମେ ବେଦିକେ ଆଲୋ ପ୍ରବେଶ କରେ ମେଇ ଦିକେର ସାଥେ ସମାନତାଳ ହେବେ ଆଲୋକ ରଶି ବେର ହେବେ ଯାଇ । ଦିକ ଅପାରିବର୍ତ୍ତିତ ଥାକଣେଓ ଆଲୋକ ରଶି ମୂଳ ରଶି ଥିକେ ଆନିକଟ୍ଟା ସରେ ଯାଇ । ଥିଜମେର ବେଳାର ଆଲୋକ ରଶିର ଦିକ ପାଇଁଟେ ଯାଇ । (ଚିତ୍ର ୯.୧୩) ଥିଜମେ ପୃଷ୍ଠା ଦିଯେ ଆଲୋକ ରଶିଟି ପ୍ରବେଶ କରାର ସମର ଲହର ଦିକେ ବୈକେ ଯାଇ । ସେହେତୁ ଥିଜମେ ପୃଷ୍ଠାଟି ସମାନତାଳ ନାହିଁ ତାହିଁ ମେଇ ପୃଷ୍ଠା ଦିଯେ ଆଲୋ ବେର ହବାର ସମର ଲହର ଥିକେ ସରେ ଗେଲେଣ ସେଟି ଆର ମୂଳ ଦିକେ ଘୁରେ ଘେତେ ପାଇଁନା ।

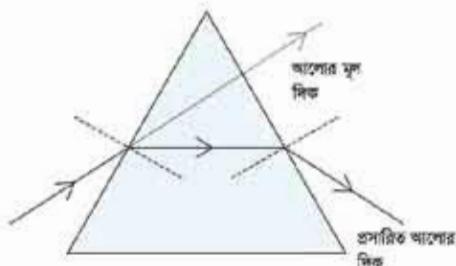
ଥିଜମେ ଆଲୋର ଦିକ ପାଇଁଟେ ଯାବାର ଘଟନା ଘଟନେଓ ସେଟି ଅନ୍ୟ ଏକଟି କାରଣେ ଆରୋ ବେଶି ପୁରୁଷପୂର୍ବ । ଥିଜମେ ଏକଟି ଆଲୋକ ରଶି ପ୍ରବେଶ କରାର ପର ସେଟି ମୂଳ ଦିକ ଥିକେ କଟଟକୁ ବୈକେ ଯାବେ ସେଟି ଥିଜମେର ପ୍ରତିସରଣକେର ଉପର ନିର୍ଭର କରେ । ଆମରା ଆମେଇ ବଲେଇ ପ୍ରତିସରଣକ ଆମଲେ ଆଲୋର ଡରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବା ରଶୀର ଉପର ନିର୍ଭର କରେ । ତାହିଁ ତିମ ତିମ ରଶୀର ଜଳ୍ଯ ପ୍ରତିସରଣକ ତିମ, କାଜେଇ ଏକଇ ଆଲୋକ ରଶିଟି ତିମ ତିମ ରଶୀର ଥାକଣେ ଥିଜମେର ଦିଯେ ଯାବାର ସମର ମେଇ ରଶୀର

ଚିତ୍ର ୯.୧୨: ଆମୁନିକ ପେରିକ୍ଷୋପେ ଆଯନାର ପରିବର୍ତ୍ତେ ଥିଲା ବରହାର ହବ ।

আলোগুলো তিনি ভিন্ন কোণে দিক পরিবর্তন করবে। কাজেই আমরা দেখব প্রিজম থেকে আলো বের হাবার সময় তার রংগুলো আলাদা হয়ে গেছে, নিউটন যেটি প্রথম দেখিয়েছিলেন।

#### ৯.৩.৪ লেন্স

আলোর প্রতিসরণ ব্যবহার করে লেন্স তৈরি করা হয়। এই লেন্স দিয়ে চশমা থেকে শুরু করে টেলিস্কোপ বা মাইক্রোস্কোপের মতো সূচৰ অপটিক্যাল যন্ত্রপাতি তৈরি করা হয়। ডিডিও প্রজেক্টর বা ক্যামেরাতেও লেন্স ব্যবহার করা হয়। এই অভ্যাসে আমরা বিশ্বজ্ঞানে লেন্স, লেন্সের প্রকারভেদ এবং তার ধর্ম নিয়ে আলোচনা করব।

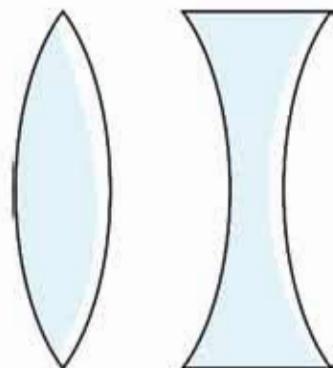


চিত্র ৯.১৩: প্রিজমের আলোক রশ্মির দিক  
প্রিজমের ভূমির দিকে বেঁকে যায়।

### ৯.৪ লেন্স ও তার প্রকারভেদ (Types of Lenses)

আমরা উভয় এবং অবতল আয়না পড়ার সময় দেখেছি এই আয়নাগুলোর ভেতর দিয়ে আলো যাবার সময় কখনো একবিন্দুতে কেজীভূত (অভিসারী রশ্মি) হয় আবার কখনো ছত্রীরে পড়ে (অপসারী রশ্মি) এবং সে কারণে প্রতিবিহুর তৈরি হয়। সেই প্রতিবিহু কখনো সত্তিকারের প্রতিবিহু হয় কখনো অবাস্তব হয়। কখনো ছোট হয় কখনো বড় হয়। আলোর এই প্রতিবিহুকে নানাভাবে ব্যবহার করে বিভিন্ন ধরনের অপটিক্যাল যন্ত্রপাতি তৈরি করা হয়ে থাকে।

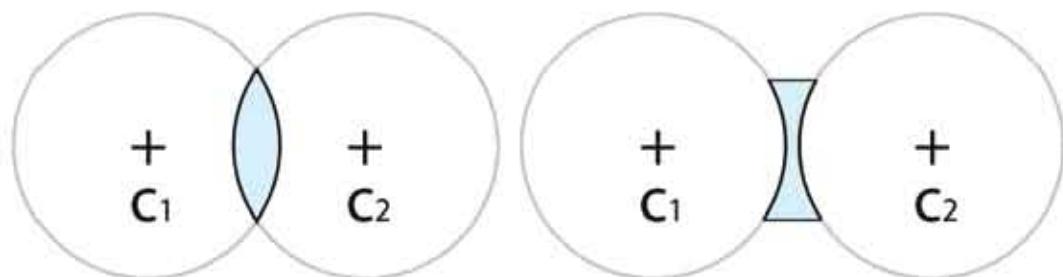
উভয় এবং অবতল আয়না দিয়ে যে রকম নানা ধরনের প্রতিবিহু তৈরি করা হয় ঠিক সে রকম লেন্স দিয়েও নানা ধরনের প্রতিবিহু তৈরি হয় এবং নানাভাবে সেগুলো ব্যবহার হয়। আমরা সবাই লেন্স দেখেছি (তার কারণ চশমার কাচগুলো আসলে এক ধরনের লেন্স)। তোমাদের মাঝে যারা চশমা ব্যবহার করে কিংবা যারা অন্যদের চশমা ব্যবহার করতে দেখেছ তারা নিশ্চিতভাবেই লক্ষ করেছ যে চশমার লেন্সকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়। এক ধরনের লেন্স দিয়ে ছোট জিনিসকে বড় দেখা যায়। (সাধারণত বয়স্কদের চশমার লেন্স এ রকম হয়।) আবার অন্য ধরনের লেন্স দিয়ে বড় জিনিসকে ছোট দেখা যায় (সাধারণত কম বয়সীদের চশমার লেন্স এ রকম



চিত্র ৯.১৪: একটি উভয় ও একটি  
অবতল লেন্সের প্রস্থভেদ

হয়)। যে লেন্স দিয়ে ছোট জিনিসকে বড় দেখা যাব লেন্সগুলোকে উভ্য (convex) কিৰণ (কনভেক্স) অভিসারী লেন্স বলে। যে লেন্স দিয়ে বড় জিনিসকে ছোট দেখা যাব সেই লেন্সগুলোকে অবভ্য লেন্স (concave) কিৰণ (কনভেক্স) অপসারী লেন্স বলে। যে লেন্স দিয়ে ছোট জিনিসকে বড় দেখা যাব অৰ্থাৎ উভ্য লেন্সগুলোৱ মাঝখালেৱ অংশ প্ৰাপ্ত হৈকে পুৰু হৈ। আবু অবভ্য লেন্সগুলোৱ মাঝখালেৱ অংশ প্ৰাপ্ত হৈকে সৰু হয় ৯.১৪ চিত্ৰটিতে যে রকম দেখালো হৈয়েছে। লেন্সেৱ প্ৰস্থজ্ঞেসেৱ দিকে তাকালেই আমোৱা বৃক্ষতে পাৰি উভ্য কিৰণ অবভ্য লেন্সেৱ দুটিই দুটি গোলীৰ বৃক্ষ দিয়ে সীমাবদ্ধ। এই দুটি গোলীৰ বৃক্ষেৱ ব্যাসাৰ্থ সমানত হতে পাৰে ভিজুও হতে পাৰে। এই বৃক্ষগুলোৱ কেলকে বক্রতাৱ কেজৰ বলে। ৯.১৫ চিত্ৰটিতে  $C_1$  এবং  $C_2$  বক্রতাৱ কেজৰ।

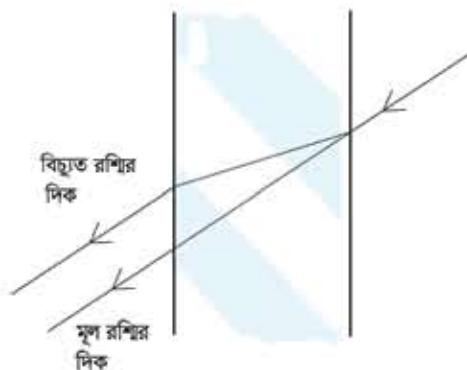
দৈনন্দিন জীবনে বা বিজ্ঞানেৱ নানা বিষয়ে নানা ধৰনেৱ লেন্স ব্যবহাৱ কৰা হয়। তবে আমো



চিত্ৰ ৯.১৫: উভ্য এবং অবভ্য লেন্সকে দুটি গোলকেৱ অংশ হিসেবে কল্পনা কৰা যাব।

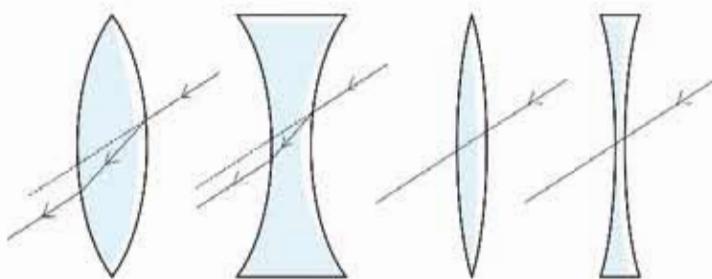
আমাদেৱ এই বইয়ে আমাদেৱ আলোচনা গোত্তুলা লেন্সেৱ মাবে সীমাবদ্ধ রাখিব। গোত্তুলা লেন্স এবং পুৰু লেন্সেৱ পাৰ্শক্য নামকৰণ থেকেই বোৰা গোলেও আমোৱা পাৰ্শক্যটুকু আৱেকটু পৱিকাৱ কৰে নিই। লেন্সেৱ প্ৰস্থজ্ঞেসেৱ দিকে তাকালে আমোৱা দেখতে পাই যদিখ লেন্সেৱ পৃষ্ঠাদেশেৱ এক ধৰনেৱ বক্রতা আছে কিন্তু ঠিক মাঝামাঝি জায়গায় দুটি পৃষ্ঠ প্ৰাপ্ত সমান্তৰাল। আমোৱা জানি সমান্তৰাল পৃষ্ঠ দিয়ে আলো বাৰাৰ সময় প্ৰতিসূৰ্যেৱ কাৰণে আলোক রঞ্জিতি মূল দিক থেকে খালিকটা বিছুব হৈৱ যাব (চিত্ৰ ৯.১৬)।

সমান্তৰাল পৃষ্ঠ দুটি বৰ্ত পুৰু হৈব আলোক রঞ্জিতি মূল রঞ্জিৰ দিক থেকে তত বেশি সৱে যাবে। যদি সমান্তৰাল পৃষ্ঠ দুটি খুব কাছাকাছি হয় তাহলে আমোৱা ধৰে নিতে পাৰি মূল আলোক রঞ্জি যে দিক দিয়ে এসেছে মোটামুটি লেন্সিক দিয়েই



চিত্ৰ ৯.১৬: পুৰু কাছেৱ তেজৰ দিয়ে বাৰাৰ সময় প্ৰতিসূৰ্যেৱ কাৰণে মূল রঞ্জি থেকে আলোক রঞ্জি।

বেৱে হয়েছে, তাৰ কোনো বিচৃণ্ণি হয়নি। বেসৰ লেন্সেৰ বেলায় তাৰ কেন্দ্ৰ দিয়ে আলোক রশ্মি ঘাৰার সময় ধৰে নেওয়া ঘাৱ যে রশ্মিটিৰ দিক অপৰিবৰ্তিত আছে সেই সব লেন্সকে পাতলা লেন্স বলে (চিত্ৰ 9.17)। কিন্বি একটু অনুভাবে বলতে পাৰি পাতলা লেন্সেৰ ঘাৰাখনেৰ যে বিন্দু দিয়ে আলোক রশ্মি ঘাৰার সময় বেঁকে ঘাৱ না সেটি হজে লেন্সেৰ কেন্দ্ৰ (চিত্ৰ 9.17, O বিন্দু) বা লেন্সেৰ আলোকীয় কেন্দ্ৰ (Optical Center)।

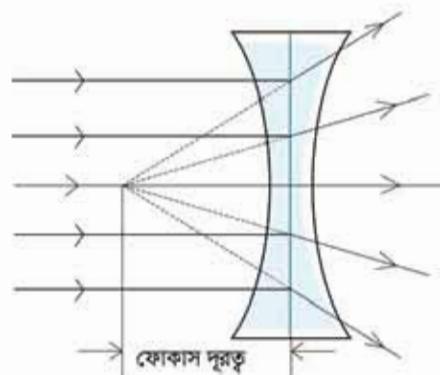


চিত্ৰ 9.17: পুৰু লেন্স কেন্দ্ৰ দিয়ে ঘাৱ আলোক রশ্মি সমাপ্তৰালভাবে বেৱে হজেও একটু সৱে ঘাৱ, পাতলা লেন্স কেন্দ্ৰ দিয়ে ঘাৱ আলোক রশ্মি তাৰ দিক পৰিবৰ্তন না কৰে সোজাসুজি বেৱে হয়ে ঘাৱ।

#### 9.4.1 অবতল লেন্স (Concave lens)

উত্তল এবং অবতল আৱনা আলোচনা কৰাৰ সময় আমোৰ প্ৰথমে উত্তল আৱনা নিৱে আলোচনা কৰেছিলাম। লেন্সেৰ বেলায় আমোৰ প্ৰথমে অবতল লেন্স নিৱে আলোচনা কৰি। কাৰণ উত্তল আৱনায় যে ধৰনেৰ প্ৰতিবিষ্ফোত্তু হয় অবতল লেন্সে সেই একই ধৰনেৰ প্ৰতিবিষ্ফোত্তু হৈব।

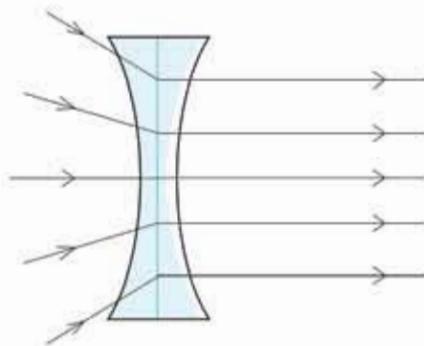
উত্তল আৱনার বেলায় আমোৰ দেখেছিলাম সেখানে সমাপ্তৰাল আলো পঢ়লে সেটি প্ৰতিফলিত হৰাৰ সময় চাৰদিকে ছড়িয়ে পড়ে। অবতল লেন্সেৰ বেলাতেও ঠিক এই ধৰনেৰ ব্যাপার ঘটে। এই লেন্স সমাপ্তৰাল আলো পঢ়লে প্ৰতিসৰিত হৰাৰ সময় সেটি ছড়িয়ে পড়ে।



চিত্ৰ 9.18: অবতল লেন্সেৰ ভেক্তৰ দিয়ে ঘাৱার সমাপ্তৰাল রশ্মি ছড়িয়ে পড়ে।

প্রতিসরিত আলোগুলো যদি আমরা পেছনের দিকে বাঢ়িয়ে নিই তাহলে মনে হবে সেগুলো বুঝি একটি বিন্দু থেকে সোজা ছড়িয়ে পড়ছে। সেই বিন্দুটিকে বলে কোকাস বিন্দু এবং লেসের কেন্দ্র থেকে এই কোকাস প্রেস্টের দূরত্বটিকে বলে কোকাস দূরত্ব। (চিত্র 9.18)

উভয় আয়নার বেলার আমরা শুধু এক দিক থেকে আয়নার ওপর আলো কেলতে পারতাম। লেসের বেলায় দুই দিক থেকেই আলো কেলা যায়। প্রত্যেকটা লেসের একটা কোকাস দূরত্ব থাকে। আলো যেদিক দিয়েই কেলা হোক তাৰ কোকাস দূরত্ব সমান থাকে। সমান্তরাল আলো কেলা হলে সেটি ছড়িয়ে পড়ে এবং মনে হয় সেটি বুঝি কোকাস বিন্দু থেকে বিচ্ছুরিত হয়ে ছড়িয়ে পড়ছে। আলোক রশ্মিৰ পতিপথ উল্লেখ কৰে দিলে এটি যেদিক দিয়ে এসেছে ঠিক সেদিক দিয়ে কিৰে যাব। তাই অবতল লেসের ছড়িয়ে আওয়াৰ আলোৰ পতিপথ কোনোভাৱে উল্লেখ কৰে দিলে পোৱলে সেটি সমান্তরাল হয়ে উল্লেখ দিকে বেৰ হয়ে যাবে (চিত্র 9.19)।



চিত্র 9.19: অবতল লেসের কেন্দ্ৰ দিয়ে ঘৰাৰ সময় অভিসাৰী রশ্মি সমান্তরাল হয়ে যাবে।

অবতল লেসে কীভাৱে প্রতিবিম্ব তৈৰি হয় সেটি

বোৰাৰ জন্য আলোক রশ্মি অবতল লেসে কীভাৱে প্রতিসরিত হয় সেটি জানতে হবে। সেটি নিৰ্ভৰ কৰে আলোক রশ্মি কী কোণে অবতল লেসে এসে পড়ছে তাৰ উপর। আমরা তিনটি বিশেষ আলোক রশ্মিৰ প্রতিসরণেৰ নিৱম জানলেই কীভাৱে প্রতিবিম্ব তৈৰি হয় সেটি ব্যাখ্যা কৰতে পাৰব:

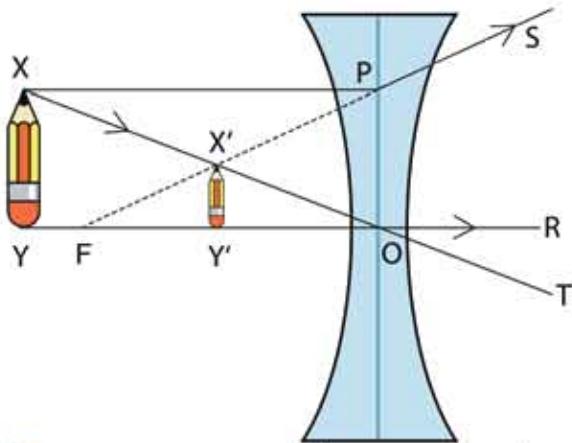
- (i) আলোক রশ্মি কেন্দ্ৰমুখী হলে (চিত্র 9.20, YO কিংবা XO রশ্মি) সেটি প্রতিসরণেৰ পৰ সোজাসুজি চলে যাব।
- (ii) প্ৰথান অক্ষেৰ সমান্তরাল (চিত্র 9.20, XP) রশ্মিটি প্রতিসরণেৰ পৰ মনে হবে যেন রশ্মিটি (PS) কোকাস বিন্দু (F) থেকে আসছে।
- (iii) আলোক রশ্মিৰ দিক পনিবৰ্তন কৰা হলে এটি যেদিক থেকে এসেছে ঠিক সেদিক দিয়ে কিৰে যাব। কাজেই কোনো আলোক রশ্মি (চিত্র 9.20, SP) কোকাস অভিমুখী হলে সেটি প্ৰথান অক্ষেৰ সাথে সমান্তরাল হয়ে (PY) প্রতিসরিত হবে।

আমরা এখন ইচ্ছে কৰলে অবতল লেসে একটা বন্ধুৰ প্রতিবিম্ব কেমল হবে সেটা বেৰ কৰতে পাৰি।

ধৰা যাক একটা বন্ধু XY একটা অবতল লেসেৰ কাছে রাখা হয়েছে। (চিত্র 9.20) বিশেষণটি সহজে কৰাৰ জন্য ধৰে নিয়েছি বন্ধুটিৰ Y বিন্দুটি লেসেৰ মূল অক্ষ YR এৱং উপরে। বন্ধুটিৰ কোন বিন্দুৰ প্রতিবিম্বটি কোথাৰ হবে সেটি বেৰ কৰাৰ জন্য সেই বিন্দু থেকে অন্তত দুটি রশ্মি আৰু দৱকাৰ।

তবে  $X$  বিলু থেকে দূটি রশি আঁকেও আমরা প্রতিবিম্বটি বের করতে পারব।  $X$  বিলু থেকে  $XY$  অক্ষ বরাবর একটি রশি আঁকা সম্ভব, তাই আমরা জানি  $X$  বিলুটির প্রতিবিম্ব এই অক্ষের উপর তৈরি হবে।  $X$  বিলুটির প্রতিবিম্ব থেকে অক্ষের উপর লম্বটি এঁকে নিলেই আমরা  $X$  বিলুর প্রতিবিম্ব পেয়ে যাব।

$X$  বিলু থেকে দূটি রশি কল্পনা করি, একটি অক্ষের সাথে সমান্তরাল  $XP$  সেটি লেন থেকে বের হওয়ার সময় ছাড়িয়ে যাবে এবং যেহেতু মনে হবে ফোকাস  $F$  থেকে  $P$  পর্যন্ত একটি রেখা টেনে বর্তিত করলেই সেই রশিটি পেয়ে যাব। বিড়ীয় রশিটি  $X$  বিলু থেকে লেনের কেন্দ্রের নিকে এঁকে নিই। পাতলা লেনের নিয়ম অনুসারী এটি সরাসরি  $XT$  দিকে বের হয়ে যাবে।  $XT$  এবং  $FS$  রেখা দূটি যে বিলুতে ছেদ করবে সেটিই হচ্ছে  $X$  এর প্রতিবিম্ব  $X'$ ,  $X'$  থেকে অক্ষের উপর লম্ব আঁকলে আমরা  $XY$  এর প্রতিবিম্ব  $X'Y'$  পেয়ে যাব।



চিত্র ৯.২০: অবতল লেনে একটি বস্তুকে ছোট সেধাই।

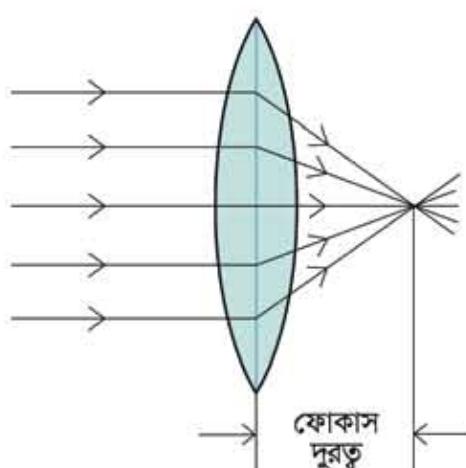
উভয় আয়নার বেলার আমরা যা দেখেছিলাম অবতল লেনের প্রতিবিম্বের বেলাতেও সেটি সত্য।

- এটার অবস্থান হবে লেনের কেন্দ্র এবং ফোকাস বিলুর মাঝখানে
- এটা অবস্থা
- এটা সোজা এবং এটা
- ছোট।

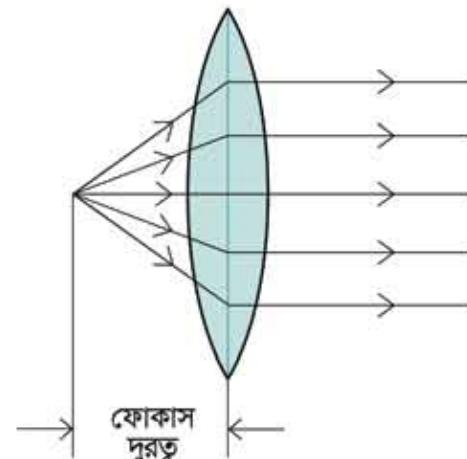
#### ৯.4.2 উভল লেন (Convex Lens)

উভল লেনের প্রতিবিম্বগুলো অনেক চমকপ্রদ। অবতল আয়নায় আমরা বে ধরনের প্রতিবিম্ব পেয়েছিলাম উভল লেনে ঠিক সেই একই ধরনের প্রতিবিম্ব পাওয়া যাব। অবতল আয়নায় আমরা দেখেছিলাম তাৰ উপর সমান্তরাল রশি কেলা হলে সেটি ফোকাস বিলুতে এনে কেজীভূত হৰ। উভল লেনেও ঠিক একই ব্যাপার ঘটে, সমান্তরাল রশি কেলা হলে সেগুলো এই লেনের ফোকাস বিলুতে কেজীভূত হয় (চিত্র ৯.২১) এবং তাৰপৰ আবাৰ ছাড়িয়ে যায়।

কাজেই আগেৰ শুল্কি ব্যবহাৰ কৰে বলা ঘাৰ বন্দি কোনো বিলু থেকে আলো বিচ্ছুরিত হয় এবং একটা উভল লেলেৰ কোকাস বিলুতে সেই বিচ্ছুরিত আলো উৎসটাকে (চিত্ৰ ৯.২২) ঘাৰা ঘাৰ তাহলে আলোটা লেসেৱ ভেতৰ দিয়ে ঘাৰাৰ সময় সমাঞ্চৰাল রশ্মি হয়ে যাবে। (আলোৰ বেলায় এটি সব সময় সংজ্ঞা, এটি বন্দি A থেকে B তে ঘাৰা তাহলে রশ্মিৰ দিক পরিবৰ্তন কৰে দিলে এটি সব সময় B থেকে A তে ঘাৰা যাবে।) এখন আমোৱা ভিন্ন ভিন্ন অবস্থানে একটা বস্তু ধাকলে তাৰ প্রতিবিষ কোথায় হৰে সেটি বেৱ কৰে দেলি।



চিত্ৰ ৯.২১: উভল লেলেৰ ভেতৰ দিয়ে ঘাৰাৰ সময় সমাঞ্চৰাল রশ্মি কোকাস বিলুতে কেজীভূত হয়।



চিত্ৰ ৯.২২: কোকাস দূৰত্বে আলোক বিলু ঘাৰা হলে উভল লেল দেটিকে সমাঞ্চৰাল রশ্মিৰে পরিবৰ্তন কৰে।

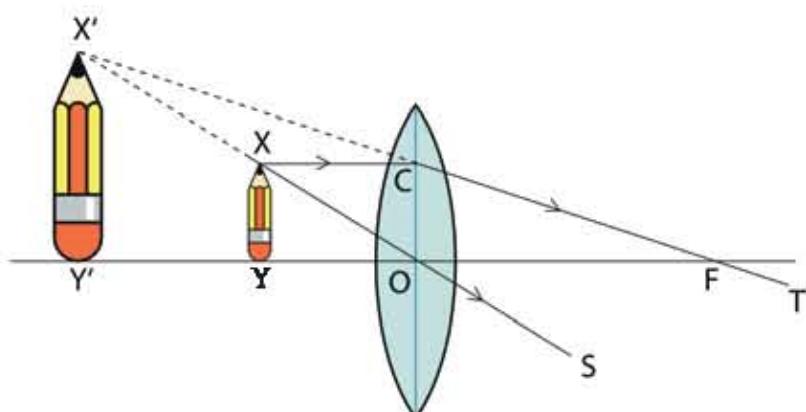
সেটি শুলু কৰাৰ আপে আমোৱা আলোক রশ্মি উভল লেলে কীভাৱে প্রতিসৱিত হৰে সেটি জেনে নিই। উভল লেলে তিনটি বিশেষ আলোক রশ্মিৰ প্রতিসৱণেৰ নিয়ম জানলেই কীভাৱে প্রতিবিষ তৈৱি হয় সেটি ঘাৰ্য্যা কৰতে পাৱব:

- (i) আলোক রশ্মি কেজলমুখী হলে (চিত্ৰ ৯.২৩, YO কিংবা XO রশ্মি) সেটি প্রতিসৱণেৰ পৰ সোজাসুজি চলে ঘাৰ।
- (ii) প্ৰথান অক্ষেৰ সমাঞ্চৰাল (চিত্ৰ ৯.২৩, XQ) রশ্মিৰি প্রতিসৱণেৰ পৰ কোকাস বিলু (F) দিয়ে ঘাৰে (CT)।
- (iii) আলোক রশ্মিৰ দিক পরিবৰ্তন কৰা হলে এটি যেদিক থেকে এসেছে ঠিক সেদিক দিয়ে ফিৰে ঘাৰ। কাজেই কোনো আলোক রশ্মি (চিত্ৰ ৯.২৩, TC) কোকাস দিয়ে পেলে সেটি প্ৰথান অক্ষেৰ সাথে সমাঞ্চৰাল হৰে (CX) প্রতিসৱিত হৰে।

এবাৱে আমোৱা উভল লেলেৰ জন্য প্রতিবিষ তৈৱি কৰতে পাৱব।

### কোকাস দূৰত্ব থেকে কম দূৰত্ব

পথমে ধৰা যাক একটি বস্তু  $XY$  কে সেজ এবং তাৰ কোকাস বিন্দুৱ  $F$  মাঝখানে রাখা হলো। (চিত্ৰ 9.23) আগে যেভাবে ব্যাখ্যা কৰা হয়েছে ঠিক সেই একই যুক্তিতে বলতে পাৰি  $Y$  বিন্দুৱ প্রতিবিহীনটি  $YOF$  অক রেখাৰ উপর হবে।  $X$  বিন্দুটিৰ প্রতিবিহীন  $X'$  থেকে এই অকেৱ উপৱ লম্ব আৰু হজৈই আমৰা  $Y$  এৱ প্রতিবিহীন অবস্থান পোৱে যাৰ।



চিত্ৰ 9.23: কোকাস দূৰত্বেৰ ভেতৱে বস্তু রাখা হলো উভয় সেজে বড় প্রতিবিহীন দেখা যাব।

এবাবে  $X$  বিন্দু থেকে দূৰ্তি রাখি আৰি, অকেৱ সাথে সমান্তৰাল  $XC$  রেখাটি কোকাস বিন্দু  $F$  এৱ ভিতৰ দিয়ে  $T$  এৱ দিকে যাবে।  $X$  বিন্দু থেকে রাখি সেজেৰ কেন্দ্ৰবিন্দু দিয়ে আৰু হজৈ সেটি সোজা সময়েৰেখাৰ  $XO$  হজৈ  $S$  এৱ দিকে যাবে। দেখতেই পাইছ  $CFT$  এবং  $XOS$  রেখা দূৰ্তি সামনে গিৰে মিলিত হতে পাৰবে না। আৰু অৰ্থ বাস্তব প্রতিবিহীন তৈৰি হৰাৰ কোলো সুযোগ নেই। রেখা দূৰ্তি পেছল দিকে বাঢ়িয়ে দিলে যে  $X'$  বিন্দুতে মিলিত হবে সেটাই  $X$  বিন্দুৱ প্রতিবিহীন।

এই বিন্দু থেকে  $YF$  রেখাৰ উপৱ লম্ব আৰু হজৈ  $Y'$  বিন্দুতে স্পৰ্শ কৰে সেটা  $Y$  বিন্দুৱ প্রতিবিহীন।

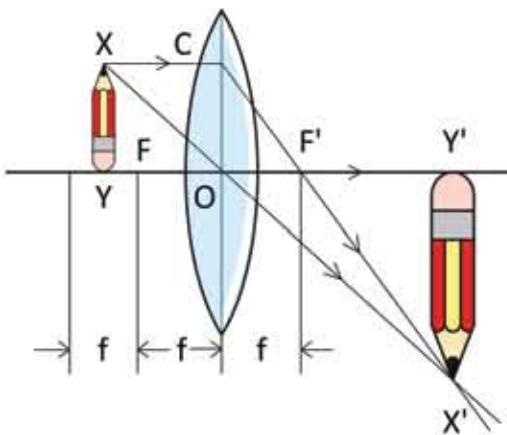
দেখাই যাইছ  $XY$  বস্তুটি যতই সেজেৰ কাছাকাছি আনা হবে প্রতিবিহীনটি ততই বড় হতে থাকবে। আবাৰ বস্তুটি যতই কোকাস বিন্দু  $F$  এৱ কাছাকাছি আনা হবে প্রতিবিহীনটি ততই বড় হতে থাকবে। বস্তুটি যখন ঠিক কোকাস বিন্দু  $F$  এৱ উপৱ হবে তখন প্রতিবিহীনটিৰ আকাৰ হবে অসীম। আমৰা এখন বলতে পাৰি যদি একটা উভয় সেজেৰ কেন্দ্ৰবিন্দু এবং কোকাস বিন্দুৱ মাঝখানে একটি বস্তু রাখা হৰ তাহজে বস্তুটিৰ প্রতিবিহীন

- যে দিকে বস্তুটি রঞ্জেছে সেই দিকেই তৈৰি হবে
- প্রতিবিহীনটি হবে অবাস্তব
- সোজা এবং
- বড়।

## ফোকাস দূরত্বের বাইরে

এবারে আমরা দেখি বস্তুটি ফোকাস দূরত্ব থেকে বাইরে রাখলে কী হয়। অবশ্য আমন্ত্র যতো এখানেও তিনটি তিম ভিত্তি বিষয় হচ্ছে পারে। (i) বস্তুটি ফোকাস দূরত্বের বাইরে কিন্তু বিপুর ফোকাস দূরত্বের ভেতরে (ii) বস্তুটি বিপুর ফোকাস দূরত্বের বাইরে এবং (iii) বস্তুটি ঠিক বিপুর ফোকাস দূরত্বে। একটি একটি করে দেখা যাক।

(i) প্রথমে বস্তুটিকে ফোকাস দূরত্বের বাইরে কিন্তু ফোকাস দূরত্বের বিপুর দৈর্ঘ্যের ভেতরে রাখা হবে। ৯.২৪ চিত্রটিতে  $XY$  বস্তুটির  $Y$  বিন্দুর প্রতিবিষ্টি  $YO$  রেখার উপরে হবে তাই আগের যতো আমরা শুধু  $X$  বিন্দুটির প্রতিবিষ্টি বের করি।  $X$  বিন্দু থেকে অক্ষের সাথে সমান্তরাল রশ্মিটি ফোকাস বিন্দু  $F$  এর ভেতর দিয়ে যাবে। সেসের ক্ষেত্রবিন্দু দিয়ে অন্য একটি রশ্মি  $XO$  সরলরেখায় যাবে। দূটি রেখা মেখানে ছেদ করবে সেই  $X'$  বিন্দুটি হচ্ছে  $X$  এর প্রতিবিষ্টি।  $X'$  থেকে অক্ষ  $YO$  রেখার উপর সম আকা হলে  $Y'$  বিন্দুটি হবে  $Y$  এর প্রতিবিষ্টির অবস্থান। কাজেই  $X'Y'$  হচ্ছে  $XY$  এর প্রতিবিষ্টি। অর্থাৎ এই প্রতিবিষ্টির জন্য আমরা বলতে পারি:

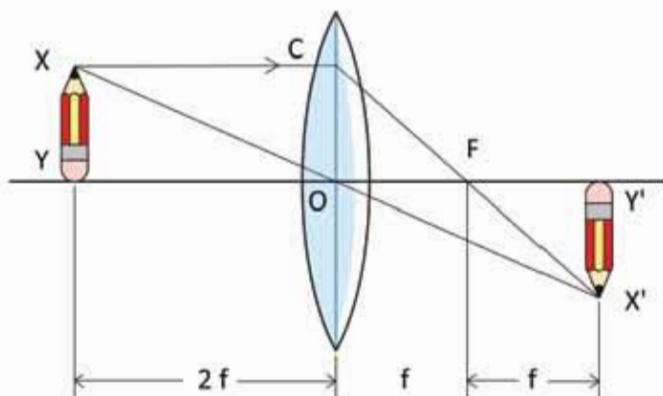


চিত্র ৯.২৪: ফোকাস দূরত্বের বাইরে কিন্তু বিপুর ফোকাস দূরত্বের ভেতরে কষ্ট রাখা হলে তার বাস্তব উল্টো বড় প্রতিবিষ্টি তৈরি হয়।

- (a) প্রতিবিষ্টির অবস্থান হবে ফোকাস দূরত্বের বিপুর দূরত্বের বাইরে
- (b) বাস্তব
- (c) উল্টো
- (d) এবং বস্তুর আকার থেকে বড়

(ii) এবারে আমরা দেখি বস্তুটি ফোকাস দূরত্বের ঠিক বিপুর দূরত্বে রাখা হলে কী হয়। দেখতেই পাইছি  $XY$  বস্তুটি যদি ঠিক ফোকাস দূরত্বের বিপুর দূরত্বে (চিত্র ৯.২৫) রাখা হয় তাহলে প্রতিবিষ্টির আকার হবে  $XY$  বস্তুটির সমান এবং প্রতিবিষ্টির অবস্থান হবে সেসের কেজ থেকে ঠিক সমান দূরত্বে। বস্তুটি যতই ফোকাস বিন্দুর কাছাকাছি আনা হতে থাকবে প্রতিবিষ্টি ততই দূরে তৈরি হবে

এবং তার আকার বড় হতে থাকবে। যেহেতু এই প্রতিবিম্বের ভেতর দিয়ে সজ্জিকার আলোক গ্রন্থি থাকে এটি বাস্তব প্রতিবিম্ব এবং ছবিটিতে স্পষ্ট দেখা যাচ্ছে প্রতিবিম্বটি উপেক্ষা অর্থাৎ:

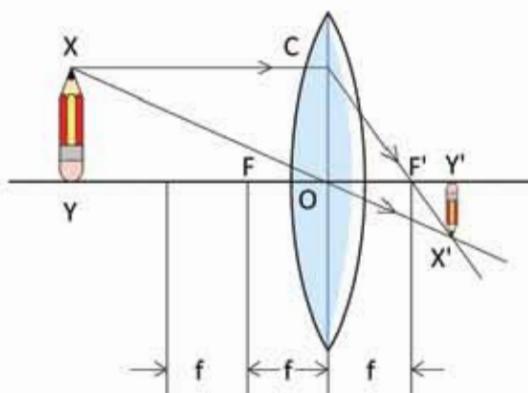


চিত্র 9.25: ঠিক ফোকাস দূরত্বের বিশুল দূরত্বে কোনো বস্তু রাখা হলে তার প্রতিবিম্বটি হবে বস্তুটির সমান।

- (a) প্রতিবিম্বটির অবস্থান হবে ফোকাস দূরত্বের বিশুল দূরত্বে
- (b) বাস্তব
- (c) উপেক্ষা
- (d) এবং বস্তুর সমান

(iii) এখন আমরা দেখি বস্তুটি যদি ফোকাস দূরত্বের বিশুল দূরত্বের বাইরে থাকে তাহলে তার কী ধরনের প্রতিবিম্ব কোথার তৈরি হয়।

এই প্রতিবিম্বটি আকার পর্যন্ত ঠিক আগেরটির মতো শুধু (চিত্র 9.26) বস্তুটিকে বসাতে হবে ফোকাস দূরত্বের বিশুল দূরত্বের বাইরে। আমরা আগেই বলেছি বস্তুটি যদি ফোকাস দূরত্বের বিশুল দূরত্বে রাখা হলে তাহলে তার সমদূরত্বে সমান আকারের একটা প্রতিবিম্ব তৈরি হয়। যতই বস্তুটা দূরে



চিত্র 9.26: বিশুল ফোকাস দূরত্বের বাইরে বস্তু রাখা হলে তার ছোট উপেক্ষা বাস্তব প্রতিবিম্ব তৈরি হয়।

সরিয়ে নেওয়া হতে থাকে প্রতিবিষ্টি ততই ছোট হতে থাকে এবং ফোকাস বিন্দুর দিকে এসিয়ে আসতে থাকে। বন্ধুটি যদি অসীম দূরত্বে সরিয়ে নেওয়া হয় তাহলে তার প্রতিবিষ্টি তৈরি হবে ঠিক ফোকাস বিন্দুতে। কাজেই ফোকাস দূরত্বের বিগৃহ দূরত্বের বাইয়ে কোনো বন্ধু রাখা হলে বন্ধুটির

- (a) প্রতিবিষ্টের অবস্থান হয় ফোকাস দূরত্ব এবং ফোকাস দূরত্বের বিগৃহ দূরত্বের মাঝখানে
- (b) বাস্তব
- (c) উল্লে
- (d) ছোট।



### উদাহরণ

**শঙ্খ:** উভল লেনের ফোকাস দূরত্বের বাইয়ে কোনো বন্ধু রাখা হলে তার বাস্তব প্রতিবিষ্ট তৈরি হয়। প্রতিবিষ্টির আরপ্পায় বন্ধুটি রাখা হলে তার প্রতিবিষ্ট কোথায় হবে?

**উত্তর:** আসোর রাশ্মির দিক পরিবর্তন করলে একটি অন্তর্ভুক্ত পরিবর্তিত হয়।



### নিজে করো

উভল লেনে যদি বহুদূর থেকে কোনো বন্ধুর আসো এসে পড়ে তাহলে সেটি লেনের ফোকাস বিন্দুতে তার প্রতিবিষ্ট তৈরি করে। এই পদ্ধতি ব্যবহার করে তুমি উভল লেনের ফোকাস দূরত্ব বের করতে পারবে। এটি করার জন্য তুমি একটা দেয়ালের সাথনে তোমার লেনসটি ধরে সামনে-পেছনে নিতে থাকো যতক্ষণ পর্যন্ত না দেয়ালে প্রতিবিষ্টা স্পষ্ট হয়। যখন প্রতিবিষ্টি স্পষ্ট হবে তখন লেন থেকে দেয়ালের দূরত্বটি মেপে রাখ, এটিই হচ্ছে এই লেনের ফোকাস দূরত্ব।

যদি তোমার কাছে কোনো উভল লেন না থাকে তাহলে চশমার কাচ দিয়ে পরীক্ষা করতে পাওো। বয়স্ক মানুষের চশমার কাচ অনেক সময় উভল লেন দিয়ে তৈরি হয়। যদি চশমার কাচ দিয়ে কাছ্বকাছি বন্ধুকে বড় দেখাব বুঝে নেবে এটি উভল লেন।

### 9.4.3 লেনের ক্ষমতা

লেনের সবচেয়ে প্রচলিত ব্যবহার আমরা দেখি চশমার মাঝে। তোমরা যদি বিভিন্ন মানুষের চশমার লেন পরীক্ষা করে দেখো তাহলে দেখবে কারো কারো চশমার লেন তৈরি হয় উভল লেন দিয়ে, কারো কারো চশমার লেন তৈরি হয় অবতল লেন দিয়ে। আমরা লেনগুলোকে তার সময়ই পাওয়ার

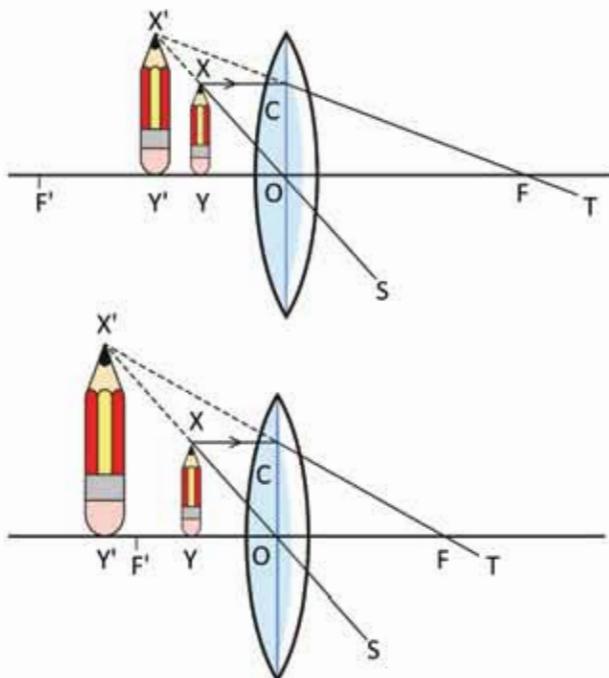
দিয়ে ব্যাখ্যা করি। তোমরা নিচেই বলেছ কিংবা বলতে শুনেছ অমৃকের চশমার পাওয়ার অনেক বেশি। পাওয়ার কথাটি দিয়ে আমরা কী বোঝানোর চেষ্টা করি?

পাওয়ারের ধারণাটি এসেছে সেজ দিয়ে  
বড় এবং ছোট দেখার ব্যাপারটি থেকে।  
দুটি উভয় লেন্স দিয়ে যদি একটি  
জিনিসকে লেন্সের কাছাকাছি একই  
দূরত্বে রেখে দেখি এবং একটি লেন্স  
জিনিসটি অন্য লেন্সটি থেকে বড় দেখায়  
তাহলে যে লেন্সটিকে বড় দেখায় আমরা  
বলি সেই লেন্সের পাওয়ার বেশি।  
তোমরা একটু চিন্তা করলেই দেখবে  
আসলে যে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব যত  
কম সেই লেন্সে জিনিসটিকে তত বড়  
দেখাবে। (চিত্র ৯.২৭)

কাজেই লেন্সের পাওয়ার  $P$  হচ্ছে  
ফোকাস দূরত্বের ব্যতিনুগাত্তিক। যদি  
ফোকাস দূরত্ব  $f$  মিটারে দেওয়া হয়  
তাহলে পাওয়ার  $P$  এর একক  
ডায়াপ্টার। অর্থাৎ তোমার পরিচিত  
কাগো চশমার পাওয়ার যদি হয় 2.5  
(সাধারণ কথাবার্তায় ডায়াপ্টার শব্দটা  
কেট ব্যবহার করে না) তাহলে তার  
চশমার লেন্সের ফোকাস দূরত্ব হবে

$$f = \frac{1}{P} = \frac{1}{2.5} \text{ m} = 0.4 \text{ m} \text{ (এককটি মিটারে)}$$

পাওয়ারের ধারণাটি শুধু উভয় লেন্সের বড় দেখানোর জন্য নয়। অবতল লেন্সে ছোট দেখানোর সময়ও  
একই পাওয়ার শব্দটি ব্যবহার করা হয়। যে অবতল লেন্সে ক্ষত্রকে (সমান দূরত্বে) যত ছোট দেখা  
যাবে বুঝতে হবে তার পাওয়ার তত বেশি বা কমেকাস দূরত্ব তত ছোট। উভয় লেন্সের বেলায়  
পাওয়ার খনাখক বা পজিটিভ, অবতল লেন্সের বেলায় পাওয়ার খণাখক বা নেগেটিভ এটাই হচ্ছে  
পার্থক্য।

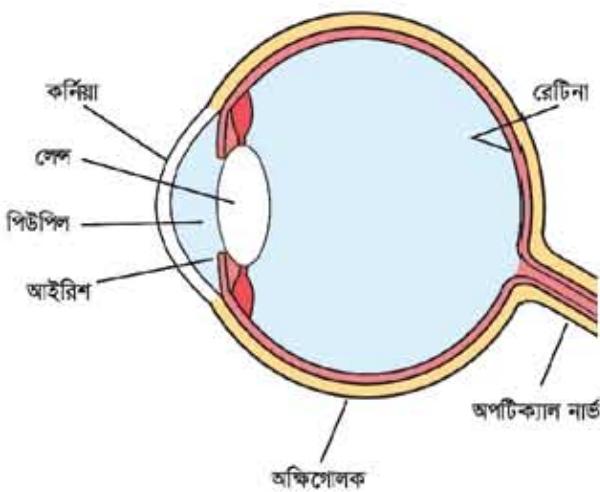


চিত্র ৯.২৭: যে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব যত কম সেই লেন্স  
জিনিসটিকে তত বড় দেখায়।

## ୯.୫ ଚୋଥେର କିମ୍ବା (Function of the Eye)

### ୯.୫.୧ ଆମରା କୀତାବେ ଦେଖିବେ ପାଇ

ଚୋଥେର ଉପାଦାନଶୂଳୋର ମାଧ୍ୟେ ରହେଇ ରେଟିନା, ଚୋଥେର ଲେଲ, ଆକୁଯାଳ ହିଟ୍ଟିମାର, ଡିମ୍ବିମାର ଏବଂ କର୍ନିରା (ଚିତ୍ର ୯.୨୮)। ତୋମରା ଲେଲ କୀତାବେ କାଜ କରେ ତାର ଏକଟି ଧାରଣା ପୋଯେଛି। ତାଇ ନିଶ୍ଚର୍ଵ ବୁଝିବା ପାଇଁ ଚୋଥେର ଲେଲଙ୍କ ଏକଟି ଉତ୍ତଳ ଲେଲେର ମଜୋ କାଜ କରେ। ଆମରା ଦେଖେଇ ଉତ୍ତଳ ବା ଅଭିସାରୀ ଲେଲ ସବ ମହିନାରେ ଉତ୍ତଳ ପାଇଁ ପ୍ରତିବିଷ୍ଵ ତୈରି କରେ। କ୍ୟାମେରାଯା ହବି ତୋଳାର ଜଳ୍ୟ ଏତାବେ ପ୍ରତିବିଷ୍ଵ ତୈରି କରା ହୁଏ। ସବନାଇ ଆମାଦେଇ ମାଧ୍ୟମରେ କୋଣୋ ବନ୍ଧୁ ଥାକେ, ତଥନ ଏ ବନ୍ଧୁର ଥିବା ଆମୋକ ରଶ୍ମି ଏହି ଲେଲ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିସାରିତ ହୁଏ ଏବଂ ରେଟିନାର ଓପର ଏକଟି ଉତ୍ତଳ ପାଇଁ ପ୍ରତିବିଷ୍ଵ ତୈରି କରେ। ରେଟିନାର ଓପର ଆମୋ ପଡ଼ିଲେ ମାୟାର ମାଧ୍ୟମେ ସମ୍ବେଦନ କରି କୋଣଗୁଲୋ ଦେଇ ଆମୋ ଏହି କରେ ତାକେ ତଡ଼ିଏ ବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସିଗନ୍ସାଲେ ପରିଣାମ କରେ। ମାୟା ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବା ତଡ଼ିଏ ସିଗନ୍ସାଲକେ ତାନ୍ତ୍ରିକତାବେ ଅପଟିକ ନାର୍ତ୍ତ ବା ଅକି ମାୟାର ମାଧ୍ୟମେ ମନ୍ତ୍ରିତ ହେବାକୁ ପାଠାଯାଇବା ପାଇଁ ମନ୍ତ୍ରିତ ରେଟିନାର ସୃତ ଉତ୍ତଳ ପାଇଁ ପ୍ରତିବିଷ୍ଵକୁ ମୋଜା କରେ ନେଇ ବଲେ ଆମରା ବନ୍ଧୁଟିର ସେ ବ୍ୟକ୍ତି ଥାକେ ସେବକମାନ୍ଦି ଦେଖି। ଚୋଥେର ଭେତରେ ଆମୋର ପରିମାଣ ବାଢ଼ାଲୋ କିମ୍ବା କମାଲୋର ଜଳ୍ୟ ରହେଇ ଆଇରିଶ। ତୋମରା ଯାରା ଆଗେ କଥନେ ଲକ୍ଷ କରେଲି ତାମା ଚୋଥେର ଓପର ଟର୍ଚଲାଇଟ୍‌ର ଆମୋ ଫେଲେ ଦେଖିବେ ପାରୋ ଆଇରିଶଟା କୀ ଚମକାଇବାବେ ସଂକୁଚିତ ହୁଏ ପିଡ଼ିପିଲଟାକେ ଛୋଟ କରେ ଫେଲେ।



ଚିତ୍ର ୯.୨୮: ଚୋଥେର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶ

### ୯.୫.୨ ଚୋଥେର ଉପାଦାନ

କୋଣୋ କିଛୁ ଭାଲୋ କରେ ଦେଖାର ଜଳ୍ୟ ଆମରା ଦେଖିବେ ଆମାଦେଇ ଚୋଥେର କାହେ ନିଯିବ ଆସି। ତୋମରା ନିଶ୍ଚର୍ଵ ଲକ୍ଷ କରେଇ ଚୋଥେର ସେଇ କାହେ ନିଯିବ ଆସା ହୁଲେ ଆମାର ଦେଖି ଅନ୍ତର୍ଭାବ ହଜେ ଶୁଭୁ କରେ। ମାନୁଷର ଚୋଥେର ଲେଲ ଅନେକ ଚମକିଳି, ଏଇ ମାଧ୍ୟମରେ ଲାଗାଲୋ ଥାକେ ଏବଂ ଏହି ମାଧ୍ୟମରେ ଲେଲଟାକେ ଟେଲେ କିମ୍ବା ହେଲେ ପୁରୁ କିମ୍ବା ସରୁ କରେ କୋକାସ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବାଢ଼ାତେ କିମ୍ବା କମାତେ ପାରେ।

কাজেই রেটিনার ওপর স্পষ্ট প্রতিবিম্ব তৈরি করার জন্য লেস্টি সব সময়ই তার ফোকাস দৈর্ঘ্য বাড়িয়ে কিংবা কমিয়ে যাচ্ছে। তোমরা নিজেরা খুব সহজে এটা পরীক্ষা করতে পারো, চোখের সামনে একটি আঙুল রেখে একই সাথে এই আঙুলটি এবং দূরের কিছু দেখার চেষ্টা করো। যখন আঙুলটি স্পষ্ট করে দেখবে তখন দূরের জিনিসটি ঝাঁপসা দেখাবে আবার দূরের জিনিসটি যখন স্পষ্ট দেখাবে তখন আঙুলটি ঝাঁপসা দেখাবে। যেকোনো দুরত্বের কোনো লক্ষ্যবস্তু দেখার জন্য চোখের লেঙ্গের ফোকাস দূরত্ব নিয়ন্ত্রণ করার এই ক্ষমতাকে চোখের উপযোজন বলে।

### 9.5.3 স্পষ্ট দৃষ্টির ন্যূনতম দূরত্ব

লক্ষ্যবস্তু চোখের কাছাকাছি একটি নির্দিষ্ট দূরত্ব থেকে বেশি কাছে এলে আর স্পষ্ট দেখা যায় না। চোখের সবচেয়ে কাছে যে বিন্দু পর্যন্ত লক্ষ্যবস্তুকে খালি চোখে স্পষ্ট দেখা যায়, তাকে স্পষ্ট দৃষ্টির নিকট বিন্দু বলে এবং চোখ থেকে ঐ বিন্দুর দূরত্বকে স্পষ্ট দৃষ্টির ন্যূনতম দূরত্ব ধরে নেওয়া হয়। এই দূরত্ব মানুষের বয়সের সঙ্গে সঙ্গে পরিবর্তিত হয়। একজন শিশুর এই দূরত্ব ৫ সেন্টিমিটারের কাছাকাছি এবং একজন স্বাভাবিক বয়স্ক লোকের এই দূরত্ব 25 সেন্টিমিটার পর্যন্ত হতে পারে।

সবচেয়ে বেশি যে দূরত্বে কোনো বস্তু থাকলে সেটি স্পষ্ট দেখা যায় সেটাকে চোখের দূরবিন্দু বলে। স্বাভাবিক চোখের জন্য দূরবিন্দু অসীম, যে কারণে আমরা কয়েক আলোকবর্ষ দূরের নক্ষত্রও স্পষ্ট দেখতে পাই।

### 9.5.4 চোখের ত্রুটি এবং তার প্রতিকার

আমরা জানি সুস্থ এবং স্বাভাবিক চোখ “নিকট বিন্দু” (Near point) থেকে শুরু করে অসীম দূরত্বের দূরবিন্দুর মাঝাখানে যে স্থানেই কোনো বস্তু থাকুক না কেন সেটা স্পষ্ট দেখতে পারে। এটাই চোখের স্বাভাবিক দৃষ্টিশক্তি। এই স্বাভাবিক দৃষ্টিশক্তি ব্যাহত হলেই তাকে চোখের দৃষ্টির ত্রুটি বলা হয়।

চোখের দৃষ্টির অনেক ধরনের ত্রুটি থাকলেও আমরা প্রধান দুটি ত্রুটি নিয়ে আলোচনা করব। সেই দুটি হচ্ছে:

- (a) হ্রস্বদৃষ্টি বা ক্ষীণদৃষ্টি
- (b) দীর্ঘদৃষ্টি বা দূরদৃষ্টি

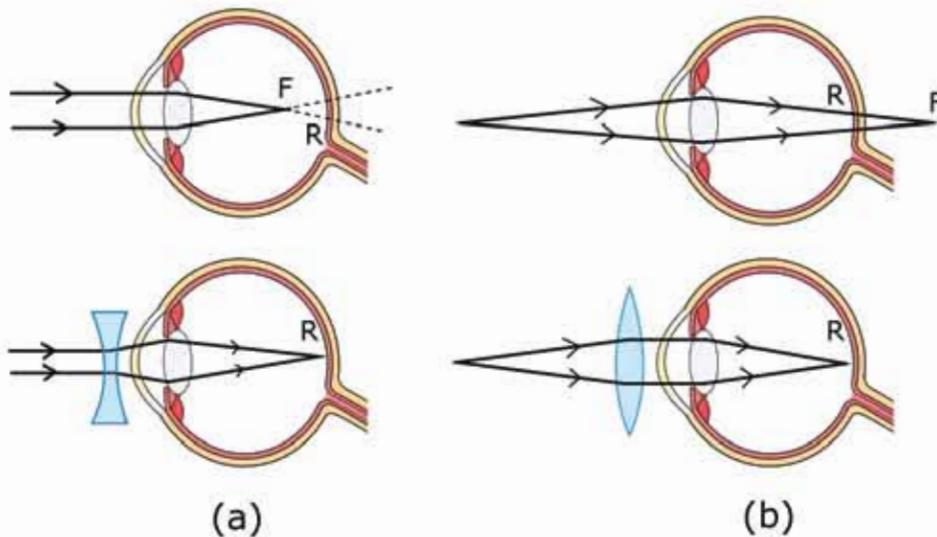
#### হ্রস্বদৃষ্টি বা ক্ষীণদৃষ্টি (Myopia or Nearsightedness)

যখন চোখ কাছের বস্তু দেখতে পায় কিন্তু দূরের বস্তু দেখতে পায় না, তখন চোখের এই ত্রুটিকে হ্রস্বদৃষ্টি বলে। এরূপ চোখের দূরবিন্দুটি অসীম দূরত্ব না হয়ে কাছে থাকে এবং বস্তুকে স্পষ্ট দৃষ্টির

ন্যূনতম দূৰত্ব থেকে আৱশ্য কাছে আলোৰ অধিকতর স্পষ্ট দেখায়। নিম্নলিখিত দুটি কাৱাপে এই ঝুঁটি হয়ে থাকে।

- (i) চোখেৰ লেন্সৰ অভিসাৰী শক্তি বৃদ্ধি পেলে বা ফোকাস দূৰত্ব কমে গেলে ও
- (ii) কোনো কাৱাপে অক্ষিগোলকেৰ ব্যাসাৰ্থ বৃদ্ধি পেলে।

এৱ ফলে দূৰেৰ বস্তু থেকে আসা আলোক রশ্মি চোখেৰ লেন্সৰ মধ্য দিয়ে প্ৰতিসূত্ৰণৰ পৰ রেটিনাৰ উপৰে প্ৰতিবিষ্ট তৈৱি না কৰে একটু সামলে (F) প্ৰতিবিষ্ট তৈৱি কৰে (চিত্ৰ 9.29 a)। ফলে চোখ বস্তুটি স্পষ্ট দেখতে পাৱ না।



চিত্ৰ 9.29: চোখেৰ লেন্স রেটিনাৰ সঠিক জায়গায় প্ৰতিবিষ্ট তৈৱি কৰতে না পাৱলৈ লেন্স ক্ষুব্ধহৰ কৱে সেই সমস্যা যোটনো সম্ভব।

### প্ৰতিকাৰ

এই ঝুঁটি সূৰ কৱাৰ জন্য এমন একটি অবস্থা লেন্সেৰ চশমাৰ ব্যবহাৰ কৰতে হবে। চশমাৰ এই লেন্সৰ অপসাৱী ক্লিয়া চোখেৰ উভয় লেন্সৰ অভিসাৱী ক্লিয়াৰ বিপৰীত, কাজেই চোখেৰ ফোকাস দূৰত্ব বেড়ে থাবে বলে প্ৰতিবিষ্টতি আৱো পেছনে তৈৱি হবে। অৰ্ধাং অসীম দূৰত্বেৰ বস্তু থেকে আসা সমান্তৰাল আলোক রশ্মি চশমাৰ অবস্থা লেন্স (চিত্ৰ 9.29a) এৱ মধ্য দিয়ে চোখে পঢ়াৰ সময়

প্রয়োজনমতো অপসারিত হয়। এই অপসারিত রশিগুলো চোখের লেঙ্গে প্রতিসরিত হয়ে ঠিক রেটিনা বা অক্ষিপট R এর স্পষ্ট প্রতিবিম্ব তৈরি করে।

### **দীর্ঘদৃষ্টি বা দূরদৃষ্টি (Hypermetropia or Farsightedness)**

যখন কোনো চোখ দূরের বস্তু দেখে কিন্তু কাছের বস্তু দেখতে পায় না তখন এই ত্রুটিকে দীর্ঘদৃষ্টি বলে। সাধারণত বয়স্ক ব্যক্তিদের মধ্যে এই ত্রুটি দেখা যায়। নিম্নলিখিত দুটি কারণে এই ত্রুটি ঘটে।

- (i) চোখের লেঙ্গের অভিসারী ক্ষমতা হ্রাস পেলে বা চোখের লেঙ্গের ফোকাস দূরত্ব বেড়ে গেলে।
- (ii) কোনো কারণে অক্ষিগোলকের ব্যাসার্ধ কমে গেলে।

এর ফলে দূর থেকে আসা আলো সঠিকভাবে চোখের রেটিনাতে প্রতিবিম্ব তৈরি করলেও কাছাকাছি বিন্দু থেকে আসা আলোক রশি চোখের লেঙ্গের মধ্য দিয়ে প্রতিসরণের পর রেটিনার ঠিক উপরে না হয়ে পেছনে (F) বিন্দুতে মিলিত হয় (চিত্র 9.29b)। ফলে চোখ কাছের বস্তু স্পষ্ট দেখতে পায় না।

### **প্রতিকার**

এই ত্রুটি দূর করার জন্য একটি উত্তল লেঙ্গের চশমা ব্যবহার করতে হবে। ফলে কাছাকাছি বিন্দু (চিত্র 9.29b) থেকে আসা আলোক রশি চশমার লেঙ্গে এবং চোখের লেঙ্গে পর পর দুইবার প্রতিসারিত হওয়ার কারণে ফোকাস দূরত্ব কমে যাবে এবং প্রয়োজনমতো অভিসারী হয়ে প্রতিবিম্বটি রেটিনা (R) এর উপরে পড়বে।

### **9.5.5 চোখ এবং চোখের দৃষ্টির বৈশিষ্ট্য**

চোখ অত্যন্ত চমকপ্রদ বিষয়, এর অনেক ধরনের বৈশিষ্ট্য রয়েছে। চোখ এবং চোখের দৃষ্টি নিয়ে সহজ কয়েকটা বৈশিষ্ট্য এখানে আলোচনা করা হলো।

(a) চোখের সামনে কোনো বস্তু রাখা হলে রেটিনাতে তার প্রতিবিম্ব তৈরি হয় এবং আমরা বস্তুটি দেখতে পাই। বস্তুটি চোখের সামনে থেকে সরিয়ে নেওয়ার সাথে সাথে কিন্তু বস্তুটি দেখার অনুভূতি চলে যায় না, সেটি আরও  $0.03\text{ s}$  সেকেন্ডের মতো থেকে যায়। এই সময়কে দর্শনানুভূতির স্থায়িত্বকাল বলে। দর্শনানুভূতির স্থায়িত্বকালের কারণে আমরা চলচ্চিত্র বা ভিডিও দেখার অনুভূতি পাই।

(b) আমাদের দুটি চোখ সামনে (পাখিদের মতো দুই পাশে নয় তবে প্যাঁচার কথা আলাদা, প্যাঁচার চোখ মানুষের মতো সামনে), তাই আমরা একই সাথে দুই চোখে দুটি প্রতিবিম্ব দেখি। আমাদের মস্তিষ্ক এই দুটি প্রতিবিম্বকে উপস্থাপন করে আমাদেরকে দূরত্বের অনুভূতি দেয়।



### নিজে কৰো

আমাদেৱ সুটি চোখ হওৱাৰ কাৰণতে আমোৰ বখন কেোথাও তাকাই তখন আমোৰ দুৱছেৰ অনুভূতিটি পাই, এটাকে বলা হৈ বাইনোকুলাৰ ডিশন। আমোৰ যদি এক চোখ ব্যবহাৰ কৰে দেখি তখন দুৱছেৰ অনুভূতি থাকে না। বিষয়টি পৰীক্ষা কৰাৰ জন্ম এক চোখ বন্ধ কৰে সুইয়ে সুতা ঢোকানোৰ সেটা কৰো দেখবে সেটা কত কঠিন। সুতা ঢোকানোৰ আগে চোখ বন্ধ রেখে সুই এবং সুতা ধৰে রাখা হাত দুটো পৰ্যামুকমে সামনে পেছনে কৰে নিও।



**চিত্ৰ ৭.৩০:** চোখেৰ ব্লাইড স্পটেৰ অভিযোগ এই ছবিটি দিয়ে দেৱ কৰা যাব।

(c) তোমো এৰ মাঝে জেনেছ যে আমাদেৱ রেটিনাতে একটা বন্ধুৱ উল্টো প্রতিবিম্ব পড়লোও আমোৰ বন্ধুটিকে সোজা দেখাৰ অনুভূতি পাই কাৰণ দেখাৰ অনুভূতিটি চোখ থেকে আসে না, সেটি আমে অস্তিত্ব থেকে। চোখেৰ রেটিনাতে যে প্রতিবিম্ব পড়ে সেটি থেকে আমোৰ সংকেত অপটিক নার্তে কৰে যাবিকে দায়, মন্তিক সেটাকে বিশ্লেষণ কৰে আমাদেৱকে দেখাৰ অনুভূতি দেয়।



### নিজে কৰো

রেটিনাৰ যে অংশে অপটিক নার্ত সংযুক্ত হয়েছে সেই অংশটি দেখাৰ অনুভূতি তৈৰি কৰে না, তাহ এটাকে বলে ব্লাইড স্পট। তুমি কি সেটা পৰীক্ষা কৰতে চাও?

বাম চোখ বন্ধ কৰে ভাল চোখ দিয়ে ৭.৩০ চিত্ৰটিতে বাম দিকেৰ ক্লস চিকটিৰ দিকে তাকিবো যাবাটা ছবিটিৰ দিকে নাযিবে আনো, বখন ভাল দিকেৰ কালো বৃক্ষটিৰ প্রতিবিম্ব ঠিক অপটিক নার্তেৰ সংযোগস্থল ব্লাইড স্পটে পড়বে তখন হঠাৎ কৰে সেটি অনুভ্য হয়ে থাবে।

## ৯.৬ রঞ্জিত বস্তুর আলোকীয় উপলব্ধি (Perceptions of Coloured Objects)

তোমরা সবাই জানো আমরা যখন কোনো কিছু দেখি তখন তার উপর থেকে প্রতিক্রিয়া হওয়ে আলোকীয় চোখে এসে পড়ে। চোখের কর্নিয়া এবং সেজ যিলে সেই আলোটির একটি নিখুঁত প্রতিবিম্ব তৈরি করে আমাদের চোখের ব্রেটিলাই উপর ফেলে। আমাদের ব্রেটিলাইতে আলো সংবেদী সুই ধরনের কোর রয়েছে। এক ধরনের কোরের নাম “রঞ্জ”, অন্য ধরনের কোরের নাম “কোন”。 রঞ্জ জাতীয় কোষগুলো অভ্যন্তর সংবেদনশীল এবং খুব অল্প আলোতে আমরা আবহাওভে সবকিছু দেখতে পেলেও তাদের রং দেখতে পারি না। যদি আলোর তীব্রতা বেশি হয় তখন চোখের ব্রেটিলাই কোষগুলো কাজ করতে পারে। এই কোনগুলো রং সংবেদী, তাই আমরা তখন যদি কোনো কিছু দেখি তার রংগুলো দেখতে পারি।

তোমরা টেলিভিশনের কিংবা কম্পিউটারের মনিটরে কিংবা বইপুস্তকের রঞ্জিত ছবি যদি খুব সূজ্জভাবে দেখতে পারো তাহলে দেখবে সেখানকার রংগুলো আলে লাল, সবুজ এবং নীল রংগের সূজ বিন্দু দিয়ে অর্ধাং এই তিনটি রং প্রোজেক্ষনীয় তীব্রতা দিয়ে অন্য সব রং তৈরি করা যাব।



### নিজে করো

যোবাইল ফোন, টেলিভিশন বা ল্যাপটপের স্ক্রিনে খুব ছেট একটা পানির বিন্দু বসাও, সেটা তখন উচ্চল সেলের মতো কাজ করবে, তুমি তখন স্ক্রিনের পিঙ্কলগুলো দেখতে পাবে। তিনি তিনি রং কী রংগের পিঙ্কল দিয়ে তৈরি হয় দেখো। ইন্দু রংগের জন্য পিঙ্কলগুলো কী রংগের?



### নিজে করো

উচ্চল আলোতে বিপরীত রংগের আঁকা  $9.31$  চিয়াটির দিকে স্থির সৃষ্টিতে কমপক্ষে এক মিনিট তাকিয়ে থাকো, তোর একেবারেই নাড়াবে না। তারপর পাশের ধূসর রংগের আরআকার জ্বারগাটির দিকে তাকাও। তুমি সেখানে সঠিক রংগের আঁকা ছবিটি দেখতে পাবে। তোমার চোখের রং সংবেদী কোষগুলো দীর্ঘ সময় একটি রং দেখে ঝাল্ক হয়ে যাব। তুমি স্বল্প রংবিহীন ধূসর ক্ষেত্রটির দিকে তাকাও তখন যে কোষগুলো ব্যবহৃত হয়নি বা ঝাল্ক হয়ে যাবলি সেগুলো বেশি সঞ্চয় থাকে। তখন ব্রেটিলাই বিপরীত রংগের সংবেদী কোষগুলো সেই রংটি দেখায় বলে এটি ঘটে।



ଚିତ୍ର ୨.୩୧: ବିଶ୍ୱାର ରାଜ୍ୟ ଆଂକା ଏକଟି ଛବି ।



### ଦଲীଯ କାଜ

**(ଉଦ୍‌ଦେଶ୍ୟ):** ସିଙ୍ଗିର ବ୍ୟକ୍ତିର ଶପଟ ଦର୍ଶନେର ନୂନତମ ଦୂରତ୍ବ ଏବଂ ଚଶମାର ପାଓଡ଼ୀରେର ସାଥେ ସଙ୍ଗକ୍ରମ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ  
**ଉପକରଣ:** ହୋଟ ଅଳମରେ ଛାପାଲୋ ବିହି ଅଥବା ଖବରେର କାଲଜ, ଦୂରତ୍ବ ମାପାର କିନ୍ତୁ ଅଥବା ବୁଲାର  
**କାଜେର ଥାରୋ:** (୧) ତୋମାର ଶିକ୍ଷକ, ସହପାଠୀ, ମା-ବାବୀ, ଡାଇ-ବୋନଟେର ଯଥ୍ ଥେକେ ପଞ୍ଜିତିତ ଏବଂ  
 ଲେଗେଟିତ ସିଙ୍ଗିର ପାଓଡ଼ୀରେର ଚଶମା ବ୍ୟବହାରକାରୀ ଏବଂ ଚଶମା ବ୍ୟବହାର କରେ ନା ଏଇକମ ଦର୍ଶନକେ  
 ବାହୀଇ କରୋ ।

(ବ) ତାଦେର ସବାଇକେ ବିହି ଅଥବା ଖବରେର କାଗଜଟି ପଡ଼ନ୍ତେ ଦାଓ ଏବଂ ସବଚରେ କମ ଯେ ଦୂରତ୍ବେ ବିହି  
 ଅଥବା ଖବରେର କାଗଜଟି ସାଇଂଲେଟ୍ରେ ସାଥେ ପଡ଼ନ୍ତେ ପାରେନ ସେଇ ଦୂରତ୍ବଟି ବୁଲାର ଅଥବା ଟେପେର  
 ସାହାଯ୍ୟେ ଯେବେ ନାହିଁ । ଏହି ତାଦେର ଶପଟ ଦର୍ଶନେର ନୂନତମ ଦୂରତ୍ବ ।

(ଚ) ବାରା ଚଶମା ବ୍ୟବହାର କରେନ ତାଦେରକେ ଚଶମା ଛାଡ଼ା ଆବାର ବିହି କିମ୍ବା ଖବରେର କାଗଜଟି  
 ପଡ଼ନ୍ତେ ଦିରେ ତାଦେର ଶପଟ ଦର୍ଶନେର ନୂନତମ ଦୂରତ୍ବ ବେର କରେ ନାହିଁ ।

(ଦ) ନିଚେର ଛକେ ବ୍ୟକ୍ତିର ନାମ, ଆନୁମାନିକ ବସନ୍ତ ଚଶମା ବ୍ୟବହାରକାରୀଦେର ଚଶମାର ପାଓଡ଼ୀର ଏବଂ  
 ଚଶମାସହ ଓ ଚଶମା ଛାଡ଼ା ଶପଟ ଦର୍ଶନେର ନୂନତମ ଦୂରତ୍ବ ଲିଖ ।

ପଞ୍ଜିତିତ ଏବଂ ଲେଗେଟିତ ଚଶମାର ପାଓଡ଼ୀରେର କାରାପେ ଶପଟ ଦର୍ଶନେର ନୂନତମ ଦୂରତ୍ବଟିର ତାରତମ୍ୟେର  
 ବିସର୍ଗଟି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରୋ ।

### পর্যবেক্ষণ ছক

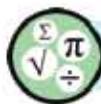
নাম	আনুমানিক বয়স	চশমা ব্যবহারকারীদের চশমার পাওয়ার	চশমাসহ শপট দর্শনের সূচিতম দূরত্ব	চশমা ছাঢ়া শপট দর্শনের সূচিতম দূরত্ব

### অনুশীলনী

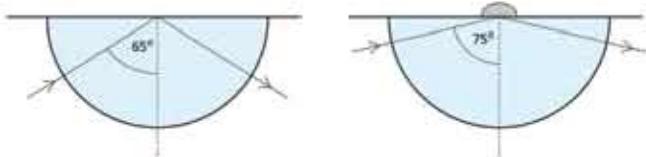


#### সাধারণ প্রশ্ন

- গোথের লেজ রেটিনাতে উল্টো অভিবিহ্ব তৈরি করে, তাহলে আমরা সবকিছু উল্টো দেখি না কেন?
- গোথের সাথে ক্যামেরার একটা গুরুত্বপূর্ণ পার্শ্বক্ষেত্র কথা বলো।
- যন মাধ্যমে আলোর বেগ কম, এ কম অবস্থায় কোনো কিছু কি আলো থেকে স্ফূর্ত হতে পারবে?
- তরঙ্গপুরো রংখনু দেখা যায় না কেন?
- পানির কোঠা লেজের ঘঠনা কাজ করতে পারে, এই লেজের কোকাস দূরত্ব কত হতে পারে?

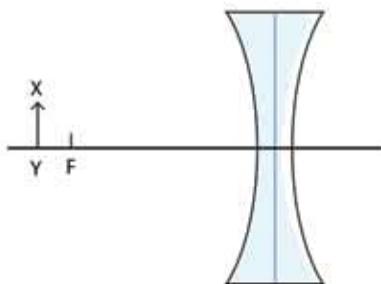


#### গাণিতিক প্রশ্ন



চিত্র ৯.৩২: আশত্ত্ব বিশ্লেষণ তিনি প্রতিসরণাত্মক এক কোঠা ডরল রাখা হলে শূর্ণ অভ্যন্তরীণ কোণ পরিবর্তিত হয়ে যাবে।

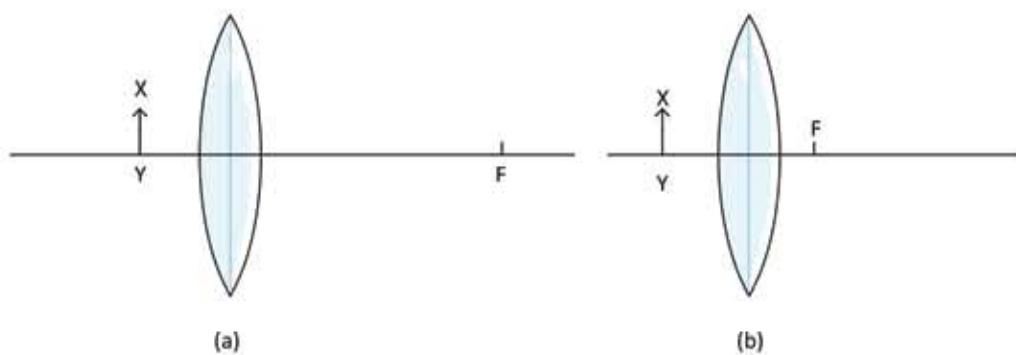
1. ৯.৩২ চিত্রিতে দেখানো আকারের একটি কাচের মাঝামে আলোক রশ্মি প্রবেশ করিবে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের হাতি কোণ পাওয়া গেছে  $65^{\circ}$ । ঠিক দ্বি বিন্দুতে আলোক রশ্মিটি আপগত হয়েছে সেখানে এক বিন্দু তরল মাধ্যের কারণে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন হয়েছে  $75^{\circ}$  তে। তরলের প্রতিসরণাঙ্ক কত?



2. কাচের তৈরি একটি উচ্চল লেন্সের ফোকাস দৈর্ঘ্য  $10\text{ cm}$ । ঠিক একই আকৃতির একটি লেন্স ইঁড়া দিয়ে তৈরি করলে তাৰ ফোকাস দৈর্ঘ্য কত হবে?

চিত্র ৯.৩৩: অবচল লেন্সের ফোকাস দূরহের বাইরে মাথা একটি বন্ধু।

3. XY বস্তুটির ছন্দ তাৰ রশ্মিগুলো যতটুকু সম্ভব সঠিকভাবে এঁকে প্রতিবিষ্টি কোথায় হবে দেখাও।  
(চিত্র ৯.৩৩)



চিত্র ৯.৩৪: (a) উচ্চল লেন্সের ফোকাস দূরহের ভেকরে মাথা একটি বন্ধু (b) উচ্চল লেন্সের ফোকাস দূরহের বাইরে মাথা একটি বন্ধু।

4. XY বস্তুটির ছন্দ তাৰ রশ্মিগুলো যতটুকু সম্ভব সঠিকভাবে এঁকে প্রতিবিষ্টি কোথায় হবে দেখাও।  
(চিত্র ৯.৩৪ a)

5. XY বস্তুটির ছন্দ তাৰ রশ্মিগুলো যতটুকু সম্ভব সঠিকভাবে এঁকে প্রতিবিষ্টি কোথায় হবে দেখাও।  
(চিত্র ৯.৩৪ b)



## বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তরটির পাশে ঠিক (✓) চিহ্ন দাও

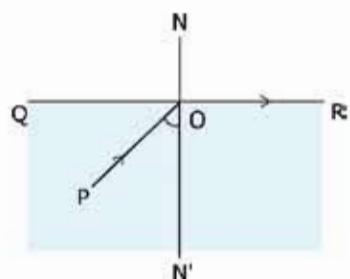
১. ঘন মাধ্যমের ভেতরে ঝাঁঝা কোনো বস্তুকে হালকা মাধ্যম থেকে দেখালে এর প্রতিবিষ্ফ কোণীয় হবে?

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| (ক) উপরের দিকে উঠে আসবে | (খ) নিচের দিকে সরে যাবে |
| (গ) একই জায়গায় থাকবে  | (ঘ) পাশে সরে যাবে       |

১.৩৫ চিত্র থেকে ২ ও ৩ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

২. এখানে প্রতিস্রূত কোণ কত?

- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| (ক) $0^\circ$   | (খ) $90^\circ$ |
| (গ) $180^\circ$ | (ঘ) $45^\circ$ |

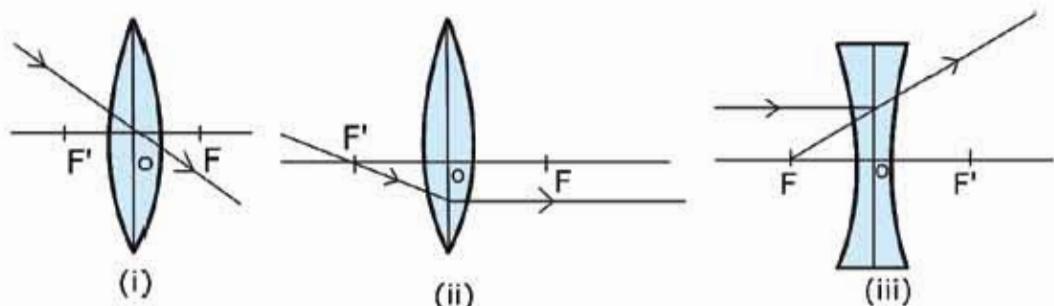


চিত্র ১.৩৫

৩. আপতন কোণটি যদি আরও বড় হয় তাহলে কী ঘটবে?

- |                                 |                               |
|---------------------------------|-------------------------------|
| (ক) পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিস্রূত | (খ) পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন |
| (গ) প্রতিস্রূত                  | (ঘ) প্রতিফলন                  |

৪. উন্নলি লেন্স অক্ষের ক্ষেত্রে সচরাচর ব্যবহৃত রশ্মি চিত্র-



চিত্র ১.৩৬

- |            |                 |
|------------|-----------------|
| (ক) i      | (খ) ii          |
| (গ) i ও ii | (ঘ) i, ii ও iii |

৫. লেনের ক্ষমতার একক কোনটি?

- (ক) ডায়াপ্টার
- (খ) ওয়াট
- (গ) অথ ক্ষমতা
- (ঘ) কিলোড্রাই-হাউটা



### সৃজনশীল প্রশ্ন

১. দশম শ্রেণির ছাত্রী শিউলী শ্রেণিকক্ষে ব্ল্যাকবোর্ডের লেখা আলোভাবে দেখতে পায় না। ফলে ডাক্তারের শরণাপন হলে ডাক্তার তাকে -2D ক্ষমতাসম্পন্ন লেন চশমা হিসেবে ব্যবহারের প্রায়ৰ্ম দিজেন।

- (ক) লেন কাকে বলে?
- (খ) শর্প না করে কীভাবে একটি লেন শনাক্ত করা যায়?
- (গ) শিউলীর চশমার ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করো।
- (ঘ) শিউলীকে ঝঁঘাঙ্গাক (-) ক্ষমতার লেন ব্যবহারের প্রায়ৰ্ম দেওয়ার যৌক্তিকতা লিখ।

২. তপু আবিক্ষার করল তার ম্যাগনিফাইং প্লাসকে সুর্দের আলোতে ধরলে প্লাসটি থেকে ৫ সেমি দূরে রাখা কাগজ পুড়তে শুরু করে। প্লাসটি থেকে ৪ সেমি দূরে একটি ২ সেমি লম্বা ইরেজার রেখে অপর নিক থেকে সে বিভিন্নভাবে প্রতিবিম্ব দেখার চেষ্টা করল। সে আরও আবিক্ষার করল চশমা পরা অবস্থায় সে দেখানে চোখ রাখলে প্রতিবিম্ব দেখতে পায়, চশমা খুলে ফেললে তাকে আরেকটি দূরে গিয়ে প্রতিবিম্ব দেখতে হয়।

- (ক) লেনের ধরনগুলোর নাম লিখ।
- (খ) পানির সাপেক্ষে কাঠের প্রতিসরণাংশ ১.১১ বলতে কী বুঝ?
- (গ) ইরেজারের কি ধরনের প্রতিবিম্ব কোথায় তৈরি হবে তার রশ্মিচিহ্ন আঁকো।
- (ঘ) তপুর চোখের সমস্যাটি বিশ্লেষণ করো।

# দশম অধ্যায়

## স্থির বিদ্যুৎ

### (Static Electricity)



শীতকালে চিরুনি দিয়ে চূল আঁচড়ানোর পর সেই চিরুনি ছেট ছেট কাগজের টুকরোর কাছে আলা হলে কাগজের টুকরোগুলো লাফিয়ে চিরুনির দিকে ছুটে আসে। আবার ঝড়ের সময় বজ্জপাতের আলোর বলকানির সাথে দিঘিদিক অকল্পিত করে শৃঙ্খল শব্দে বজ্জপাত হয়। দুটো বিষয়ের জন্য দারী স্থির বিদ্যুৎ। আমাদের চারপাশের সবকিছুই আসলে অণু-পরমাণু দিয়ে তৈরি। পরমাণুর কেন্দ্রে ধাকে নিউক্লিয়াস এবং সেটিকে ধিরে বাইরে ইলেকট্রন সুরাহে। ইলেকট্রনের ধণায়ক চার্জ এবং নিউক্লিয়াসের চার্জ ধনায়ক। কোনো প্রক্রিয়ার মধ্যে পরমাণুর এক বা একাধিক ইলেকট্রনকে আলাদা করে ফেলা হয় তাহলে স্থির বিদ্যুতের জন্ম হয়। এই অখ্যায়ে আমরা এই স্থির বিদ্যুতের বিভিন্ন প্রক্রিয়া আলোচনা করব। দুটো চার্জকে পার্শ্বালাপি রাখা হলে তারা কী বলে নিজেদের আকর্ষণ করে সেটিও আমরা এই অখ্যায়ে জেনে নেব।



### ଏ ଅଧ୍ୟାୟ ପାଠ ଶେଷେ ଆମରା

- ପରମାଣୁ ଗଠନେର ତିଥିତେ ଆଧାନ ସୂଚିର ମୌଳିକ କାରଣ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ସର୍ବ ଓ ଜୀବିଶ ପ୍ରକିମ୍ବାର ଆଧାନ ସୂଚି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ତଡ଼ିକ୍ରିୟାକଣ ସହିର ସାହାଯ୍ୟେ ଆଧାନ ଶନାନ୍ତ କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- କୁଳମେର ସୂତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରେ ତଡ଼ିକ୍ ବଳ ପରିମାପ କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ତଡ଼ିକ୍ କ୍ଷେତ୍ର ସୂଚିର କାରଣ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ତଡ଼ିକ୍ ସହିର ଦିକ ତଡ଼ିକ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିକକେ ଫେମଲଭାବେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ତଡ଼ିକ୍ ବିଭିନ୍ନ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ତଡ଼ିକ୍ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣେ ଧାରକେର କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଶ୍ଵର ତଡ଼ିକ୍ ବ୍ୟବହାର ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଶ୍ଵର ତଡ଼ିକ୍ଜନିତ ବିଗଞ୍ଜନକ ଝୁକ୍କି ହତେ ରକ୍ଷାର କୌଶଳ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।

## 10.1 আধান বা চার্জ (Charge)

শীতকালে শুকনো চুল চিরুনি দিয়ে আঁচড়িয়ে তোমাদের প্রায় সবাই নিশ্চয়ই কখনো না কখনো ছোট ছোট কাগজের টুকরাকে সেই চিরুনি দিয়ে আকর্ষণ করেছে। শীতপ্রধান দেশে শীতকালে বাতাস খুব শুকনো থাকে, তখন ছোট শিশু যখন কার্পেটে হামাগুড়ি দেয় তখন তাদের চুল খাড়া হয়ে যায়, দেখে মনে হয় একটি চুল বুঝি অন্য চুলকে ঠেলে খাড়া করিয়ে দিয়েছে। তোমরা সবাই নিশ্চয়ই ঘড়ের রাতে আকাশ চিড়ে বিদ্যুতের ঝলককে নিচে নেমে আসতে দেখেছে।

কাগজের আকর্ষণ, চুলের বিকর্ষণ কিংবা বজ্রপাত— এই তিনটি ব্যাপারের মূলেই কিন্তু একই বিষয় কাজ করেছে, সেটি হচ্ছে চার্জ বা আধান। চার্জ বা আধান কী, কেন সেটা কখনো আকর্ষণ করে, কখনো বিকর্ষণ করে আবার কখনো বিদ্যুৎ ঝলক তৈরি করে বোঝার জন্য আমাদের একেবারে গোড়ায় যেতে হবে, অণু-পরমাণু কেমন করে তৈরি হয় সেটা জানতে হবে।

আমরা সবাই জানি সবকিছু অণু-পরমাণু দিয়ে তৈরি। পৃথিবীতে 118টি পরমাণু আছে, এর মাঝে মাত্র 83টি টেকসই, মাত্র এই কয়টি পরমাণু দিয়ে লক্ষ লক্ষ ভিন্ন অণু তৈরি হয়েছে। একটা অক্সিজেন পরমাণুর সাথে দুটো হাইড্রোজেন পরমাণু দিয়ে পানি, একটা সোডিয়াম পরমাণুর সাথে একটা ক্লোরিন পরমাণু দিয়ে লবণ, একটা কার্বন পরমাণুর সাথে চারটা হাইড্রোজেন পরমাণু দিয়ে রান্না করার গ্যাস ইত্যাদি ইত্যাদি। (অবাক হবার কিছু নেই বাংলায় মাত্র পঞ্চাশটা বর্ণ, সেই বর্ণমালা, দিয়ে হাজার হাজার শব্দ তৈরি হয়েছে।)

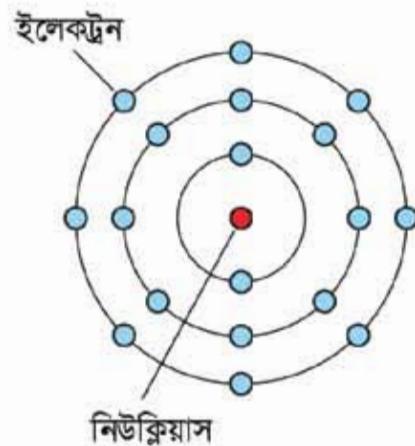
পরমাণু হচ্ছে সবকিছুর বিল্ডিং ব্লক (Building Block)। এই পরমাণুর কেন্দ্রে থাকে ছোট একটা নিউক্লিয়াস, তাকে ঘিরে ঘুরতে থাকে ইলেক্ট্রন। নিউক্লিয়াস তৈরি হয় প্রোটন আর নিউট্রন দিয়ে। এর ভেতরে প্রোটনের চার্জ হচ্ছে ধনাত্মক বা পজিটিভ (নিউট্রনের কোনো চার্জ নেই) আর ইলেক্ট্রনের চার্জ ঋণাত্মক বা নেগেটিভ। প্রোটন আর ইলেক্ট্রনের চার্জ সমান কিন্তু বিপরীত অর্থাৎ তার মান ( $1.6 \times 10^{-19}$  coulomb) কিন্তু একটা পজিটিভ অন্যটা নেগেটিভ। একটা পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যে কয়টা প্রোটন থাকে তার বাইরে ঠিক সেই কয়টা ইলেক্ট্রন ঘুরতে থাকে তাই পরমাণুর সম্মিলিত চার্জ শূন্য, অর্থাৎ পরমাণু হচ্ছে বিদ্যুৎ নিরপেক্ষ বা নিষ্ঠড়িৎ বা নিউট্রাল। সবচেয়ে সহজ পরমাণু হচ্ছে হাইড্রোজেন, তার নিউক্লিয়াসটা হচ্ছে শুধু একটা প্রোটন, তাকে ঘিরে ঘুরছে একটা ইলেক্ট্রন। এরপরের পরমাণু হচ্ছে হিলিয়াম, নিউক্লিয়াসে দুটো প্রোটন (এবং চার্জবিহীন দুটো নিউট্রন) আর বাইরে দুটো ইলেক্ট্রন। এভাবে আস্তে আস্তে আরো বড় বড় পরমাণু তৈরি হয়েছে। হাইড্রোজেনকে যদি বাদ দিই তাহলে বলা যায় নিউক্লিয়াসে যতগুলো প্রোটন থাকে কমপক্ষে ততগুলো এবং সাধারণত আরো বেশি নিউট্রন থাকে।

নিউক্লিয়াসের বাইরে ইলেক্ট্রনগুলো সব একটা কক্ষপথে থাকে না, 10.01 চিহ্নিতে দেখাবে সেখানো হয়েছে দেখাবে একটা কক্ষপথ পূর্ণ করে পরের কক্ষপথে যেতে থাকে। ডেভনের কক্ষপথের ইলেক্ট্রনগুলো অনেক শক্তভাবে আঠকে থাকে, তবে কিছু কিছু পরমাপুর বেশায় বাইরের কক্ষপথের ইলেক্ট্রনগুলোকে একটা চেষ্টা করলে আলাদা করা যাব। ইলেক্ট্রন আলাদা করার একটা উপায় হচ্ছে ঘর্ষণ।

এমনিতে পরমাপুরগুলো চার্জ নিরপেক্ষ অর্ধাংশেক পরমাপুরে সমান সংখ্যক প্রোটন আর ইলেক্ট্রন। কিন্তু কোনো কারণে যদি বাইরের কক্ষপথের একটা ইলেক্ট্রন সরিয়ে নেওয়া হয় তাহলে ইলেক্ট্রনের তুলনায় প্রোটনের সংখ্যা বেড়ে যাব অর্ধাংশ পরমাপুরটা আর বিদ্যুৎ নিরপেক্ষ বা নিউক্লিয়াল থাকে না, তার ডেভনে পজিটিভ চার্জের পরিমাণ বেড়ে যাব। একটা ইলেক্ট্রন সরিয়ে নিলে পরমাপুরিতে একটি পজিটিভ চার্জ হয়, দুটি সরিয়ে নিলে দুটি পজিটিভ চার্জ হয়। আমরা তখন বলি পরমাপুরটি আয়নিত বা আবিত হয়েছে। একটা পরমাপুর বে রকম পজিটিভভাবে আয়নিত হতে পারে ঠিক সে রকম মেগেটিভভাবেও আয়নিত হতে পারে অর্ধাংশ বখন বিনিয়ন একটি বা দুটি ইলেক্ট্রন পরমাপুর সাথে যুক্ত হয়ে যাব, তখন পরমাপুর যোট চার্জ হয় নেগেটিভ।

পরমাপুরগুলোর ইলেক্ট্রনগুলো তার কক্ষপথে স্থানতে থাকে, এগুলো কীভাবে সাজানো হবে তাৰ সুনির্দিষ্ট নিয়ম আছে। তোমরা তোমাদের বসাইল বাইরে সেটি বিস্তৃতভাবে দেখেছ। এখন তাৰ পজীয়ে আমরা যাব না। শুধু বলে রাখি কখনো কখনো শেষ কক্ষপথে একটি-দুটি ইলেক্ট্রন পাও যুক্ত অক্ষয়ায় থাকে, এ রকম পদাৰ্থে ইলেক্ট্রনগুলো খুব সহজে পুরো পদাৰ্থের মাঝে ছোটাছুটি কৰতে পারে। এ রকম পদাৰ্থকে আমরা বলি বিদ্যুৎ পরিবাৰী। আবার কিছু কিছু পদাৰ্থ ছোটাছুটি কৰার মতো ইলেক্ট্রন নেই, যে কয়টি আছে খুব শক্তভাবে আবন্ধ সেগুলো হচ্ছে বিদ্যুৎ অপরিবাৰী। ধাতব পদাৰ্থ যেমন সোনা, রূপা, তামা হচ্ছে বিদ্যুৎ সুগ্ৰিবাৰী। কাঠ, প্লাস্টিক, কাচ, রাবার এসব হচ্ছে বিদ্যুৎ অপরিবাৰী।

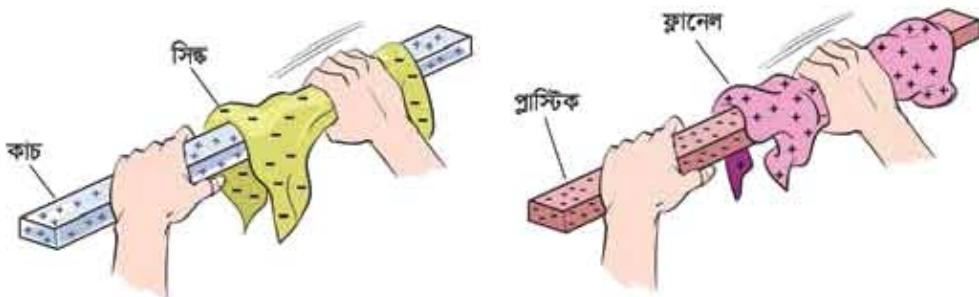
পরমাপুর গঠন সকলকে এখন পৰ্যন্ত বা যা বলা হয়েছে আমরা যদি সেগুলো বুঝে থাকি তাহলে স্থির বিদ্যুতের পরের বিষয়গুলো মনে হবে খুবই সহজ।



**চিত্র 10.01:** একটি আয়নগুলোর পরমাপুর। এক কক্ষপথ পূর্ণ করে ইলেক্ট্রন পরের কক্ষপথে যাব।

## ১০.২ ঘর্ষণে স্থির বিদ্যুৎ তৈরি (Static Electricity due to Friction)

এক টুকরো কাচকে যদি এক টুকরো সিলিং দিয়ে ঘর্ষা হয় (১০.০২ চিত্র) তাহলে কাচ থেকে ইলেক্ট্রনগুলো সিলিং আসতে শুরু করবে অর্থাৎ কাচটি হবে পজিটিভ বা ধনাত্মক চার্জযুক্ত আর সিলিংটি হবে নেগেটিভ চার্জযুক্ত। যাপারাটি ঘটে কারণ ইলেক্ট্রনের অন্ত কাচের ঘন্ট আসতে সিলিংর



চিত্র 10.02: কাচকে সিলিং দিয়ে এবং প্লাস্টিককে ঝানেল দিয়ে ঘর্ষে পজিটিভ ও নেগেটিভ চার্জ গঠন করা যায়।

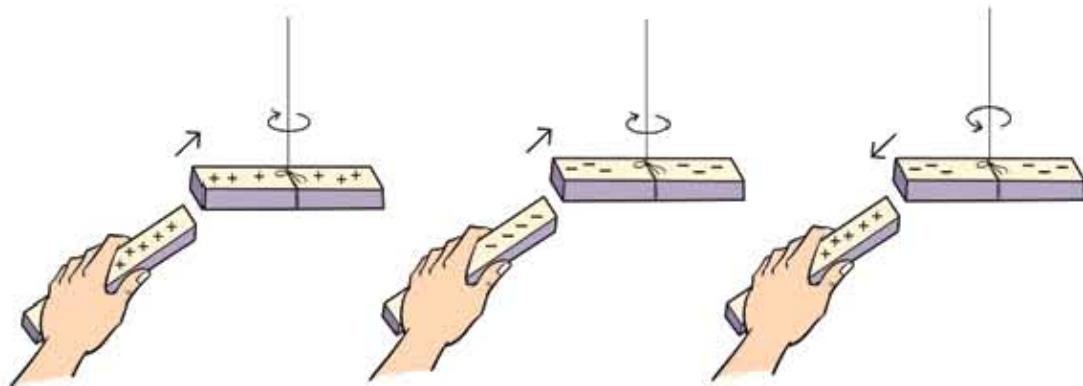
আসতে তার থেকে বেশি। আবার যদি এক টুকরো প্লাস্টিককে ঝানেল (বা পশমি কাপড়) দিয়ে ঘর্ষা হয় তাহলে ঝানেল থেকে ইলেক্ট্রন চলে আসবে প্লাস্টিকের টুকরোতে। তার কারণ ইলেক্ট্রনের অন্ত প্লাস্টিকের আকর্ষণ ঝানেল থেকে বেশি।

এবাবে আমরা একটা এক্সপ্রেসিয়েট করতে পারি। ধরা থাক কাচ এবং সিলিং ব্যবহার করে আমরা দুই টুকরো কাচকে পজিটিভ চার্জ দিয়ে আহিত করেছি। এখন একটাকে যদি সাবধানে একটা বিদ্যুৎ অপরিবাহী সিলিংর সূতো দিয়ে ঝুলিয়ে দিয়ে তার কাছে অন্যটা নিয়ে আসি তাহলে দেখবে ঝুলিত কাচের টুকরোটি বিকর্ষিত হয়ে সরে যাচ্ছে। (চিত্র 10.03)

আমরা যদি একইভাবে দুই টুকরো প্লাস্টিককে নেগেটিভ চার্জ দিয়ে আহিত করে একটাকে সিলিংর সূতো দিয়ে বেঁধে ঝুলিয়ে দিই এবং অন্যটা তার কাছে নিয়ে আসি তাহলে আমরা একই যাপার দেখব, একটা আরেকটাকে বিকর্ষণ করছে। এবাবে যদি প্লাস্টিকের দণ্ডটা বখন ঝুলে আছে তখন তার কাছে পজিটিভ চার্জ আহিত কাচের দণ্ডটা নিয়ে আসি তখন দেখব একটা আরেকটাকে আকর্ষণ করছে।

আমরা বখন মহাকর্ষ বল শড়েছি তখন দেখেছি সেখানে শুধু এক রকম তর, তাই মাঝ এক রকম বল সেটি হচ্ছে আকর্ষণ। এখন আমরা দেখছি এখানে দুই রকম চার্জ এবং বলটিও দুই রকম, কখনো

আকর্ষণ, কখনো বিকর্ষণ। এজপেরিমেট্টা যদি ঠিকভাবে করে থাকি তাহলে সেখতে পার একই ধরনের চার্জ একে অন্যকে বিকর্ষণ করে এবং তিনি তিনি চার্জ একে অন্যকে আকর্ষণ করে।



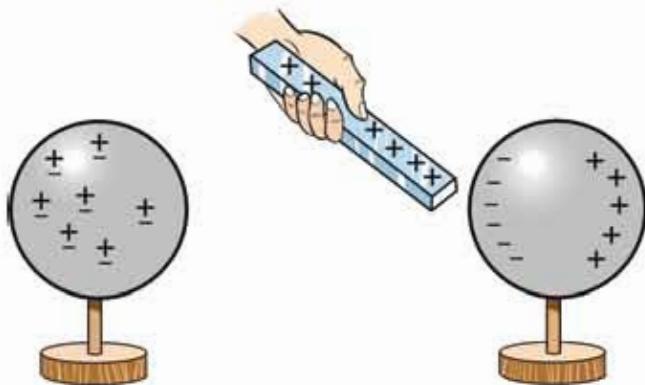
চিত্র 10.03: একই ধরনের চার্জ বিকর্ষণ করে এবং বিপরীত ধরনের চার্জ আকর্ষণ করে।

### 10.3 বৈদ্যুতিক আবেশ (Electrical Induction)

এই অধ্যায়ের শুরুতে বলা হয়েছে চিনুলি দিয়ে তুল ও চাউলোর পর সেই চিনুলিটি যখন ছেট ছেট কাগজের কাছে আনা হয় তখন কাগজগুলো লাকিয়ে চিনুলির কাছে ঢলে আসে। বোরা যায় চিনুলিটা কাগজের টুকরোগুলোকে আকর্ষণ করছে। আমরা এখন জানি চিনুলিটাতে নেগেটিভ চার্জ জমা হয়েছে এবং সে কারণেই চিনুলিটা কাগজের টুকরোগুলোকে আকর্ষণ করছে। কিন্তু এখানে একটা ছেট জটিলতা আছে। আমরা দেখেছি বিপরীত চার্জ আকর্ষণ করে, তাই কাগজগুলোকে আকর্ষণ করতে হলে সেগুলোকে অবশ্যই চিনুলির বিপরীত চার্জ হতে হবে কিন্তু আমরা জানি কাগজের টুকরোগুলোতে কোনো চার্জই নেই তাহলে চিনুলি কেন এগুলোকে আকর্ষণ করছে?

ব্যাপারটা ঘটে বৈদ্যুতিক আবেশ নামের একটা প্রক্রিয়ার জন্য। কাচ কিংবা প্লাস্টিকে চার্জ জমা করে সেটাকে যদি চার্জহীন কোনো কিছুর কাছে আনা হয় তাহলে সেই চার্জহীন বস্তুটার মাঝে এক ধরনের চার্জ জম্ব নেয়। বিষয়টা বোরানোর জন্য 10.04 চিত্রটিতে একটা খাতব গোলক দেখানো হয়েছে, এটাকে গাঁথা হয়েছে বিন্দুৎ অপরিবাহী স্ট্যান্ডের ওপর। এখন একটা কাচকে সিল্ক দিয়ে খুব আলো করে থাবে তার মাঝে চার্জ জমা করে নিয়ে সেটা খাতব গোলকের কাছে নিয়ে এলে খাতব গোলকের নেগেটিভ চার্জগুলো আকর্ষিত হয়ে কাছে ঢলে আসবে এবং গোলকের পেছন দিকে পজিটিভ চার্জগুলো সরে যাবে। এখন কাচ দড় পজিটিভ চার্জযুক্ত, কাচ দড়ের কাছাকাছি গোলকের অংশটুকু নেগেটিভ চার্জযুক্ত কাজেই এরা পরম্পরাকে আকর্ষণ করবে।

এৰাৱে আমৰা চিৰুনি দিয়ে কাগজেৰ টুকুৱোকে আকৰ্ষণ কৰাৰ ব্যাপাৰটা বুৰতে পাৰিব। যখন কাগজেৰ টুকুৱোৰ কাছকাছি সেগোটিভ চাৰ্জযুক্ত চিৰুনিটা আনা হৈ তখন কাগজেৰ টুকুৱোৰ বে অংশ কাছকাছি সেখানে পজিটিভ চাৰ্জ আবেশিত হয় আৰ সাথে সাথে বে অংশ দুৱে সেখানে সেগোটিভ



চিত্ৰ 10.04: চাৰ্জবিহীন কল্পুৰ কাছে চাৰ্জসহ কল্পুৰ আনা হলে বিশৰীত চাৰ্জ আবেশিত হয়।

চাৰ্জ অমা হয়। কাগজেৰ টুকুৱোৰ পজিটিভ চাৰ্জেৰ অংশটুকু চিৰুনিৰ আকৰ্ষণ অনুভব কৰে আৰ কাগজেৰ টুকুৱোৰ সেগোটিভ অংশটুকু চিৰুনিৰ বিকৰ্ষণ অনুভব কৰে। কিন্তু যেহেতু পজিটিভ চাৰ্জেৰ অংশটুকু চিৰুনিৰ কাছে তাই আকৰ্ষণটুকু বিকৰ্ষণ থকে বেশি, সেজন্য কাগজেৰ টুকুৱো আকৰ্ষিত হয়ে লাকিয়ে চিৰুনিৰ কাছে চলে আসে (চিত্ৰ 10.05)।

এৱপিৰ আৱো একটা ব্যাপার ঘটে, তোমৰা হয়তো নিজেৱাই সেটা লক কৰেছ। কাগজেৰ বে টুকুৱোগুলো লাকিয়ে চিৰুনিৰ পাৱে সেগো বাবাৰ আৱাৰ আৱাৰ সাথে সাথেই চিৰুনি থকে ছিটকে নিচে চলে আসে।

এৱ কাৰণটাৰও নিশ্চয়ই তোমৰা বুৰতে পাৰছ, কাগজেৰ টুকুৱোটা যদি আকৰ্ষিত হয়ে চিৰুনিৰ পাৱে সেগো বাবাৰ তাহলে সেটাৰ আৰ আবেশিত ধাকতে হয় না। চিৰুনিৰ সেগোটিভ চাৰ্জ দিয়ে এটা নিজেই সেগোটিভ চাৰ্জ ভৱে যাব। তখন সেগুলো চিৰুনি থকে বিকৰ্ষিত হয়ে ছিটকে নিচে নেমে আসে। যাবা বিশ্বাস কৰো না তাবা বিবৃষ্টা একবাৰ পৰীকা কৰে দেখতে পাৱো।



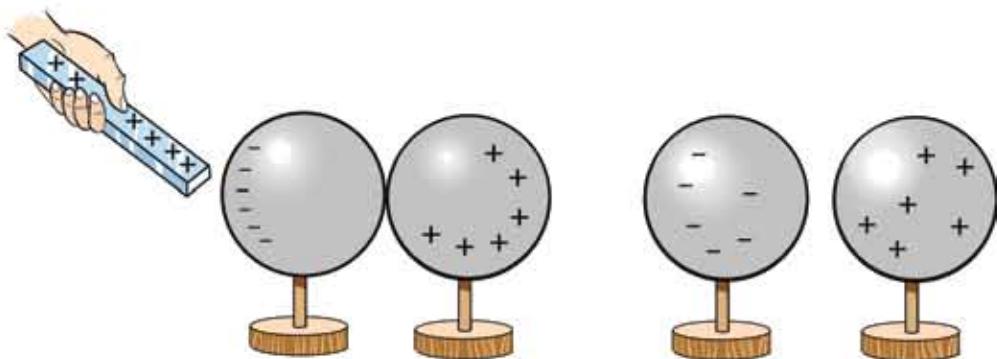
চিত্ৰ 10.05: শীতকালে চিৰুনি দিয়ে চুল আঁচকে ছেট কাগজেৰ কাছে ধৰলে সেগুলো আকৰ্ষণ অনুভব কৰে।

ବାଜାସେ ଜଳୀର ବାଲ ଥାକଲେ ଜୟା ହେଉଥା ଚାର୍ଜ ମୁଣ୍ଡ ହାରିଯେ ଯାଏ। ତାହିଁ ବିଦ୍ୟା ବିନ୍ଦୁତେର ଏହି ଏକପେରିମେଟ୍ରୋଲୋ ଶୀତକାଳେ ଅନେକ ବେଶି ଭାଙ୍ଗେ କାଜ କରେ ।



### ଉଦ୍‌ଦେହରଣ

**ପ୍ରଶ୍ନ:** ଦୂଟି ଧାତବ ଗୋଲକ ରହେଛେ । ଏକଟି ପଞ୍ଜିତିକ ଚାର୍ଜମୁଣ୍ଡ କାଚେର ମୁଣ୍ଡ ଦିଲେ ଦୂଟି ଗୋଲକେ କି ଦୂଇ ରକମେର ଚାର୍ଜ ତୈରି କରାତେ ପାରିବେ?



ଚିତ୍ର 10.06: ଦୂଟି ଧାତବ ଗୋଲକେ ଏକମାତ୍ର ରେଖେ ତାଦେର ଭେତ୍ରେ ଡିମ୍ ଚାର୍ଜ ଆବେଶିତ କରା ସମ୍ଭବ ।

**ଉତ୍ତର:** ହଁ 10.06 ଚିତ୍ରଟିତେ ଯେତାବେ ଦେଖାନ୍ତ ହେବେ ସେତାବେ ଦୂଟୋ ଗୋଲକେ ଡିମ୍ ଚାର୍ଜ ଆବେଶିତ କରେ ଆଲାଦା କରା ସମ୍ଭବ ।

ଏହି ଅଧ୍ୟାତ୍ମର ଶୁଭୁତେ ଆମରା ଡିମ୍ ଡିମ୍ ଘଟନାର କଥା ବଲେଇଲାମ । ଏତକଷଣେ ଦେଖୁଲୋ କେବେ ସଟେହେ ତୋମରା ନିଶ୍ଚଯିତା ସେଟା ବୁଝେ ପୋଛ । ଚିତ୍ରନିର ବିଷୟଟା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରା ହେବେ । ହେଟ ଶିଶୁର ହାମାଗୁଡ଼ି ଦେଖାଇର ବିଷୟଟାଓ ବୋଖା କଟିଲ ନାଁ । କାର୍ପେଟେ ଘବେ ଘବେ ଯାବାର ଜଳ୍ଯ ତାର ଶରୀରେ ଚାର୍ଜ ଜୟା ହସ, ସାମା ଶରୀରେର ସାଥେ ସାଥେ ଚାଲେଣ ସେଇ ଚାର୍ଜ ଛାଡ଼ିଯେ ପଡ଼େ । ସବ ଚାଲେ ଏକଇ ଚାର୍ଜ । ଆମରା ଜାନି ଏକ ଧରନେର ଚାର୍ଜ ବିକର୍ଷଣ କରେ ତାହିଁ ଏକଟା ଚାଲ ଅନ୍ୟ ଚାଲକେ ବିକର୍ଷଣ କରେ ଖାଡ଼ୀ ହେଯ ଛାଡ଼ିଯେ ପଡ଼େ । ଏଥିନ ଆମରା ବଜ୍ରପାତେର ବିଷୟଟାଓ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରାତେ ପାରିବ । ଯେବେର ସାଥେ ଯେବେର ଘରପେ ସେଥାନେ ଚାର୍ଜ ଆଲାଦା ହେଯ ଯାଏ । ଆକାଶେର ଯେବେ ସଥଳ ବିପୁଲ ପରିମାଣ ଚାର୍ଜ ଜୟା ହସ ତଥଳ ସେଟା ନିଚେ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜର ଆବେଶ ତୈରି କରେ ଏବଂ ମାତ୍ରେ ମାତ୍ରେ ସେଟା ଏତ ବେଶି ହସ ଯେ ବାଜାସ କ୍ଷେତ୍ର କରେ ସେଟା ଯେବେର ସାଥେ ଯୁକ୍ତ ହେଯ ଯାଏ, ଯେଟାକେ ଆମରା ବଜ୍ରପାତ ବଲି । (ଚିତ୍ର 10.07)

### 10.3.1 ইলেক্ট্ৰোকোণ

ইলেক্ট্ৰোকোণ ধিৰ বিদ্যুৎ পৰীক্ষাৰ জন্য খুব চমৎকাৰ একটা যন্ত্ৰ। যজ্ঞটা খুবই সহজ, এখনে চাৰ্জেৰ অস্তিত্ব বোৱাৰ জন্য বয়েছে খুবই হলকা সোনা, আলুমিনিয়াম বা অন্য কোনো ধাতুৰ দুটি পাত। এই পাত দুটো একটা সুপৰিবাহী দণ্ড দিয়ে একটা ধাতব চাকতিৰ সাথে লাগানো থাকে, পুৱেটা একটা অপৰিবাহী ছিপি দিয়ে কাচেৰ বোতলেৰ ভেতৰ আখা হয়, যেন বাইত্রে থেকে দেখা যায় কিন্তু বাতাস বা অন্য কিছু বেল পাতলা ধাতব পাত দুটোকে নাড়াচাঢ়া কৰতে না পাৰে।

#### চাৰ্জ আহিতকৰণ

একটা কাচেৰ টুকুৱোকে সিলিং দিয়ে ঘৰা হলে কাচ দণ্ডটাতে পজিটিভ চাৰ্জ জমা হবে। এখন কাচ দণ্ডটা যদি ইলেক্ট্ৰোকোণেৰ ধাতব চাকতিতে ছোঁয়ালো যায় তাহলে সাথে ধানিকটা চাৰ্জ চাকতিতে চলে যাবে। চাকতি যেহেতু ধাতব দণ্ড আৱ সোনাৰ পাতেৰ সাথে লাগানো আছে, তাই চার্জটিকু সব

জায়গায় ছড়িয়ে পড়বে। সোনাৰ পাতে বখন একই পজিটিভ চাৰ্জ এসে হাজিৰ হবে আৱ তখন দেখা যাবে পাত দুটো বিকৰণ কৰে তাদেৰ মাঝে একটা কাঁক তৈৰি হয়েছে।

তিক একইভাৱে একটা চিৰুনিকে যদি ফ্লানেল দিয়ে ঘৰা হয় তাহলে চিৰুনিটাতে নেগেটিভ চাৰ্জ জমা হবে, এখন সেটা যদি চাকতিতে সৰ্প কৰা হৰ তাহলে নেগেটিভ চাৰ্জ সোনাৰ পাত পৰ্যন্ত ছড়িয়ে পড়বে এবং দুটো পাত একটা আৱেকটাকে বিকৰণ কৰে কাঁক হয়ে যাবে।

#### চাৰ্জেৰ দৰ্শকি বেৱ কৰা

কোনো একটা বস্তুতে যদি চাৰ্জ জমা হয় তাহলে সেটা কি পজিটিভ নাকি নেগেটিভ চাৰ্জ সেটা ইলেক্ট্ৰোকোণ দিয়ে বেৱ কৰা যাব। প্ৰথমে ১০ ইলেক্ট্ৰোকোণেৰ চাকতিতে পৰিচিত কোনো চাৰ্জ



চিত্ৰ 10.08: ইলেক্ট্ৰোকোণে চাৰ্জেৰ উপনিষতিৰ কাৰণে সূক্ষ্ম ধাতব পাত গৱণণ থেকে সৱে যাব।



চিত্ৰ 10.07: মেঘ থেকে বিশুল পৰিমাণ চাৰ্জ বখন মাটিতে নেমে আসে তাকে আমৰা বজ্জপাত বলি।

দিতে হবে। ধরা যাক কাচকে সিলিং দিয়ে ঘরে পজিটিভ চার্জ তৈরি করে আমরা সেটাকে চাকতিতে স্থার্প করলে যদি সোনার পাত দুটির ফাঁক কয়ে যায় তাহলে বুঝতে হবে এর মাঝে নেগেটিভ চার্জ। যদি ফাঁকটি আরো বেড়ে যায় তাহলে বুঝতে হবে চার্জটি নিশ্চয়ই পজিটিভ।

### চার্জের আবেশ

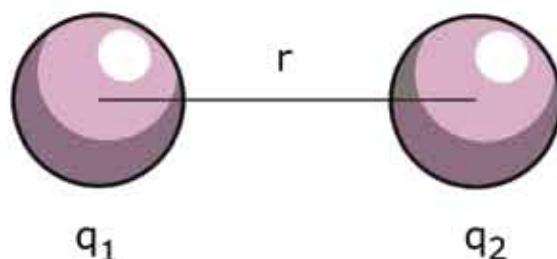
কোনো একটা বস্তুতে চার্জ আছে কি না সেটা চাকতিকে স্থার্প না করেই বোঝা সম্ভব। ধরা যাক পজিটিভ চার্জ আছে এ ব্যক্তি একটা দণ্ডকে চাকতির কাছে আনা হয়েছে, তাহলে চাকতির মাঝে নেগেটিভ চার্জের আবেশ হবে। (চিত্র 10.08) এই নেগেটিভ চার্জের আবেশ তৈরি করার জন্য ইলেক্ট্রোক্ষেপের অন্যান্য অংশ থেকে নেগেটিভ চার্জকে চাকতির মাঝে চলে আসতে হবে, সে কারণে সোনার পাত দুটিতেও পজিটিভ চার্জ তৈরি হবে। সেই পজিটিভ চার্জ সোনার পাত দুটোর মাঝে একটা ফাঁক তৈরি করবে।

যদি পজিটিভ চার্জ দেখাবা কোনো কিছু না এনে নেগেটিভ চার্জ দেখাবা কিছু আনি ভাহলেও আমরা দেখব সোনার পাত দুটো ফাঁক হয়ে যাচ্ছে, তবে এবারে সেটি হবে সেখানে নেগেটিভ চার্জ আমা হওয়ার কারণে।

## 10.4 বৈদ্যুতিক বল (Electric Force)

আমরা একটু আগেই দেখেছি বিপরীত চার্জ একে অন্যকে আকর্ষণ করে কিন্তু এক ধরনের চার্জ একে অন্যকে বিকর্ষণ করে। তবে আমরা এখনো জানি না ঠিক কতখানি আকর্ষণ কিংবা বিকর্ষণ করে, সেটা বুঝতে হলে আমাদের কুলহের সূত্রটি একটুখানি দেখতে হবে। বিজ্ঞানী কুলহ সূত্র চার্জের মাঝে কতখানি বল কাজ করে সেটা বের করেছিলেন। এ রকম একটা বলের সূত্র আমরা এর মাঝে একটা দেখে কেবলেই সেটা হচ্ছে নিউটনের মাধ্যাকর্ষণ বলের সূত্র। সেটি ছিল এ রকম:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



চিত্র 10.09: সূত্র চার্জ  $q_1$  এবং  $q_2$  এর তেজর বল  $F$ , আকর্ষণ এবং বিকর্ষণ দৃষ্টি হতে পারে।

যদিবৰ বাস্তুর হচ্ছে, তবে  $m_1$  আৰু  $m_2$  কে চাৰ্জ  $q_1$  আৰু  $q_2$  দিয়ে পৱিবৰ্তন কৰে দিলেই আমৰা কুলমৰে সূত্ৰ পেঁয়ে থাব। আধ্যাকৰ্ষণ বলেৰ জন্য ধূৰ্বটি হিল  $G$ , এবাবে ধূৰ্বটিৰ জন্য আমৰা  $k$  বৰছাৰ কৰবৰ এইটুকুই পাৰ্থক্য। অৰ্থাৎ যদি  $q_1$  আৰু  $q_2$  দুটি চাৰ্জ  $r$  দূৰত্বে থাকে তাহলে তাদেৱ ভেততো বল  $F$  এৰ পৱিমাণ (চিত্ৰ 10.09):

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

এখালে  $q_1$  আৰু  $q_2$  দুটি চাৰ্জেৰ একক হচ্ছে কুলম  $C$  এবং  $r$  বা দূৰত্বেৰ একক হচ্ছে  $m$ , কাজেই  $k$  এৰ একক আমৰা বলতে পাৰি  $\text{Nm}^2/\text{C}^2$  মেন  $F$  এৰ একক হয়  $N$  তাহলে

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

কুলম হচ্ছে চাৰ্জেৰ একক, আমৰা গৱেষণায়েই দেখিব চাৰ্জেৰ প্ৰবাহ হচ্ছে বৈদ্যুতিক প্ৰবাহ বা কাৰেন্ট এবং কাৰেন্টেৰ একক হচ্ছে অ্যাম্পিয়াৰ। এক সেকেন্ডবাপী এক অ্যাম্পিয়াৰ কাৰেন্ট প্ৰবাহ কৰা হলে যে পৱিমাণ চাৰ্জ প্ৰাৰ্থিত হয় সেটা হচ্ছে এক কুলম ( $C$ )।

তবে কুলম বোৰাৰ সবচেয়ে খাঁটি পদ্ধতি হচ্ছে ইলেক্ট্ৰন বা প্ৰোটনেৰ চাৰ্জেৰ পৱিমাণটি বোৰা। তাৰ পৱিমাণ

$$\text{ইলেক্ট্ৰনেৰ চাৰ্জ: } -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{প্ৰোটনেৰ চাৰ্জ: } +1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

তোমৰা দেখতেই পাৰছ  $q_1$  এবং  $q_2$  দুটিই যদি পজিটিভ বা নেগেটিভ হয় তাহলে  $F$  এৰ ঘান হবে পজিটিভ এবং তখন একটি অন্যটিকে বিৰুদ্ধ কৰে। যদি একটা পজিটিভ আৰু অন্যটি নেগেটিভ হয় তাহলে  $F$  এৰ ঘান হবে নেগেটিভ, যাৰ অৰ্থ বলেৰ দিক পৱিবৰ্তন হলো অৰ্থাৎ চাৰ্জ দুটি একটা আৱেকটিকে আকৰ্ষণ কৰবে। আমৰা আগেই সেটা দেখেছিলাম, সূত্ৰ খেকেও সেটা আসছে।



### উদাহৰণ

**প্ৰশ্ন:** একটি +1 কুলম চাৰ্জ এবং একটি -1 কুলম চাৰ্জ 10 cm দূৰে রাখা হলো। দুটো চাৰ্জেৰ ভেতনৰ বল কতটুকু?

**উত্তৰ:** দুটো বিপৰীত চাৰ্জ একে অন্যকে আকৰ্ষণ কৰবে। তাদেৱ ভেতনকাৰ বল: (চিত্ৰ 10.10a)

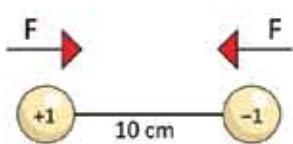
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

এখালে

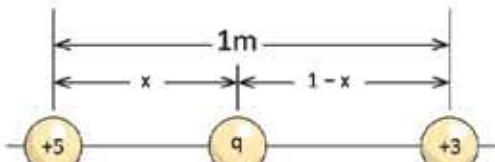
$$\begin{aligned}q_1 &= 1 \text{ C} \\q_2 &= -1 \text{ C} \\r &= 10 \text{ cm} = 0.10 \text{ m} \\k &= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2\end{aligned}$$

કાર્યો

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times (-1)}{(0.10)^2} \text{ N} = -9 \times 10^{11} \text{ N}$$



(a)



(b)

**સિલ 10.10:** (a) 10 cm દૂરે અવસ્થિત +1 C એવા -1 C ચાર્જ (b) 1 m દૂરે અવસ્થિત +5 C એવા +3 C ચાર્જ

**ધ્રુવ:** એકટિ +5 C એવા +3 C ચાર્જ 1 m દૂરે રાખો હશે. એથન ફૂલીય એકટિ ચાર્જ +q એમનાથે દૂટી ચાર્જની માઝથાને રાખો યેન સેટિ કોનો બલ અનુભૂત ના કરાયો. (ચિત્ર 10.10 b)

**ઉત્ત્રવા:** +q ચાર્જટિ +5 C ડાન દિકે ઠેલે દેવે એવા +3 C વાય દિકે ઠેલે દેવે. દૂટી ચાર્જ યથન એકઈ બલે ઠેલબે તર્થન +q ચાર્જટિ કોનો બલ અનુભૂત કરાવે ના. કાર્યો

$$k \frac{(+5)q}{x^2} = k \frac{(+3)q}{(1-x)^2}$$

$$5(1-x)^2 = 3x^2$$

$$2x^2 - 10x + 5 = 0$$

$$x = \frac{10 \pm \sqrt{100 - 40}}{4}$$

$$x = 4.435 \text{ કિંબા } 0.565$$

x એ માન 0 થોકે 1 એ ડેનારે હવે કાર્યો એટિ નિચનીએ 0.565 (x યાં 4.435 હય તાહલે કી હવે નિજેઓ ટિસ્ટા કરો બેગ કરો)।

**প্রশ্ন:** হাইড্রোজেন অ্যাটমের কেন্দ্রে একটা প্রোটন এবং বাইরে একটা ইলেক্ট্রন। প্রোটনের চার্জ  $+1.6 \times 10^{-19}$  C এবং ইলেক্ট্রনের চার্জ  $-1.6 \times 10^{-19}$  C. যদি নিউক্লিয়াস থেকে ইলেক্ট্রনের কক্ষপথের দূরত্ব  $0.5 \times 10^{-8}$  m হয় তাহলে তাদের ভেতরে আকর্ষণ কতটুকু?

**উত্তর:**

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

এখানে

$$q_1 = +1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$q_2 = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

$$r = 0.5 \times 10^{-8} \text{ m}$$

**কাজেই**

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19} \times (-1.6 \times 10^{-19})}{(0.5 \times 10^{-8})^2} \text{ N} = -9.22 \times 10^{-12} \text{ N}$$

**প্রশ্ন:** পৃথিবীতে এবং চাঁদে কী পরিমাণ চার্জ জমা রাখলে মহাকর্ষ বল শূন্য হয়ে চাঁদ কক্ষপথ থেকে ছুটে বের হয়ে যাবে?

**উত্তর:** পৃথিবী এবং চাঁদের মাঝে মাধ্যকর্ষণ বল:

$$F_G = G \frac{mM}{r^2}$$

এখানে

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nkg}^{-2}\text{m}^2$$

$$m = 7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$M = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$r = 3.84 \times 10^6 \text{ km}$$

**কাজেই**

$$F_G = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 7.35 \times 10^{22} \times 5.97 \times 10^{24}}{(3.84 \times 10^8)^2} \text{ N} = 1.98 \times 10^{20} \text{ N}$$

পৃথিবী এবং চাঁদে সমান পরিমাণ ( $q$ ) চার্জ রাখা হলে বিকর্ষণ বল:

$$F_E = \frac{9 \times 10^9 \times q^2}{(3.84 \times 10^8)^2} \text{ NC}^{-2}$$

মাধ্যাকর্ষণকে কুলম্ব বল দিয়ে কমিয়ে দিতে হলে দুটো বল সমান হতে হবে

অর্থাৎ  $F_G = F_E$

$$1.98 \times 10^{20} \text{ N} = \frac{9 \times 10^9 \times q^2}{(3.84 \times 10^8)^2} \text{ NC}^{-2}$$

$$\begin{aligned}q^2 &= 3.24 \times 10^{27} \text{ C}^2 \\q &= 5.69 \times 10^{13} \text{ C}\end{aligned}$$

সুতরাং ইলেক্ট্রনের সংখ্যা

$$n = \frac{q}{e} = \frac{5.69 \times 10^{13} \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 3.56 \times 10^{32}$$

একটা ইলেক্ট্রনের ভর  $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ , কাজেই সবগুলো ইলেক্ট্রনের ভর:

$$(3.56 \times 10^{32}) \times (9.11 \times 10^{-31}) \text{ kg} = 324 \text{ kg}$$

অর্থাৎ পৃথিবী পৃষ্ঠে এবং চাঁদে মাত্র  $324 \text{ kg}$  ইলেক্ট্রন রেখে দিতে পারলে চাঁদ কক্ষপথ থেকে ছুটে বের হয়ে যাবে। (একটা মাঝারি গরুর ভরের সমান!)

## 10.5 তড়িৎ ক্ষেত্র (Electric Field)

দুটি চার্জের ভেতরকার বল আমরা কুলম্বের সূত্র দিয়ে বের করতে পারি। তোমাদের নিশ্চয়ই মনে আছে মাধ্যাকর্ষণ বলের জন্য প্রত্যেকবারই আলাদা করে মহাকর্ষ বল থেকে শুরু না করে আমরা মাধ্যাকর্ষণজনিত ভ্রমণ বের করে নিয়েছিলাম। সেটার সঙ্গে ভর গুণ দিলেই বল বের হয়ে যেত।

তড়িৎ বলের বেলাতেও আমরা সেটা করতে পারি, আমরা তড়িৎ ক্ষেত্র বলে একটা নতুন রাশি সংজ্ঞায়িত করতে পারি, তার সাথে চার্জ  $q$  গুণ করলেই আমরা সেই চার্জের ওপর আরোপিত বল  $F$  পেয়ে যাব। অর্থাৎ যেকোনো চার্জ  $q$  তার চারপাশে একটা তড়িৎ ক্ষেত্র তৈরি করে, সেই তড়িৎ ক্ষেত্র  $E$  হচ্ছে

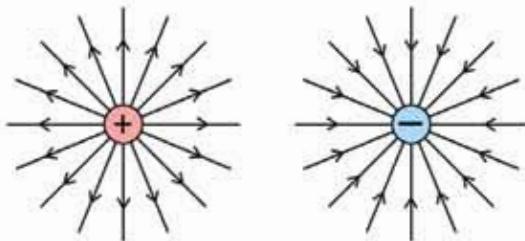
$$E = k \frac{q}{r^2}$$

এই তড়িৎ ক্ষেত্রে যদি কোনো চার্জ  $q$  আসা হয় তাহলে চার্জটি  $F$  বল অনুভব করবে, আর  $F$  বলের পরিমাণ হবে:

$$F = Eq$$

বল  $F$  যেহেতু ভেট্টর,  $q$  যেহেতু ক্ষেত্রের তাই  $F$  হচ্ছে ভেট্টর এবং তার একক হচ্ছে N/C তোমরা দেখবে তড়িৎ ক্ষেত্র দিয়ে ব্যাখ্যা করা হলে পুরো বিষয়টি বিস্তৃত করা অনেক সহজ হয়।

তড়িৎ ক্ষেত্র দেখা যায় না কিন্তু কাউকে বোঝানোর জন্য অনেক সময় তড়িৎ বলরেখা নামে পুরোপুরি কাল্পনিক এক ধরনের রেখা একে দেখানো হয় (যাইকে যারাডে প্রথম সেটা করেছিলেন)। আবাদের পরিচিত জগৎ যিয়ালিক কাজেই বলরেখাগুলো চারদিকেই ছড়িয়ে পড়বে। তোমাদের দেখানোর অন্য সেগুলো একটা সমতলে একে দেখানো হয়েছে। (চিত্র 10.11)



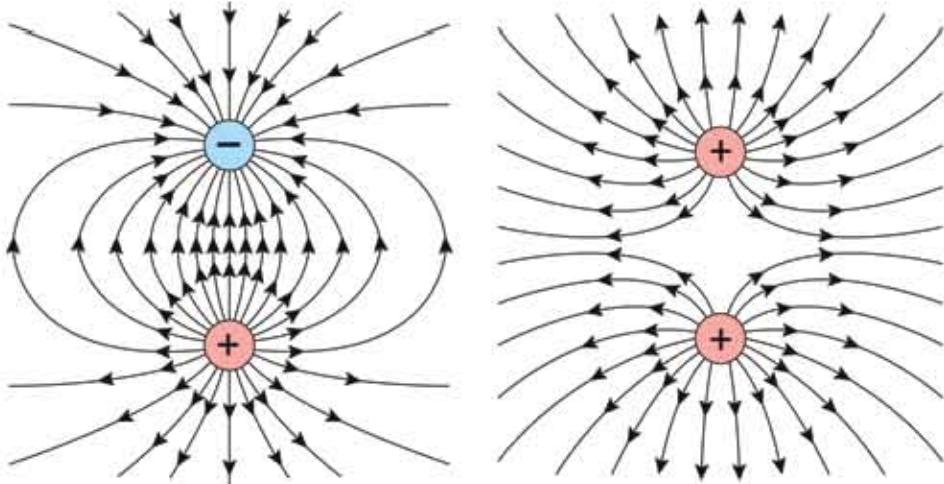
চিত্র 10.11: পজিটিভ চার্জ থেকে বলরেখা চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে এবং নেগেটিভ চার্জের দিকে বলরেখা কেজীভূত হয়।

বলরেখা আঁকার সময় কিন্তু নিম্ন মেলে চলা হয়। যেমন:

- (a) পজিটিভ চার্জের বেশায় বলরেখা পজিটিভ চার্জ থেকে বের হবে নেগেটিভ চার্জের বেশায় বলরেখা নেগেটিভ চার্জ এসে কেজীভূত হবে। একটা নির্দিষ্ট বিন্দুতে বলরেখার দিক হচ্ছে তড়িৎ ক্ষেত্রের দিক।
- (b) চার্জের পরিমাণ যত বেশি হবে বলরেখার সংখ্যা তত বেশি হবে।
- (c) বলরেখাগুলো যত কাছাকাছি থাকবে তড়িৎ ক্ষেত্র তত বেশি হবে।
- (d) একটি চার্জের বলরেখা কখনো অন্য চার্জের বলরেখার ওপর দিয়ে যাবে না।

10.12 a চিত্রিতে দুটো বিপরীত চার্জের অন্য বলরেখা দেখানো হয়েছে এবং তোমরা দেখতে পাই, এক চার্জের বলরেখা অন্য চার্জের গিয়ে সমাপ্ত হয়েছে। যেখানে তড়িৎ ক্ষেত্র বেশি সেখানে বলরেখার সংখ্যাও বেশি। শুধু তাই নয় চিত্রটি দেখলে দুটো চার্জ একটা আরেকটাকে টানছে এ ক্রম একটা অনুভূতি হয়। 10.12 b চিত্রিতে দুটোই পজিটিভ চার্জ দেখানো হয়েছে এবং চিত্রটি দেখেই দুটো চার্জ একটি আরেকটিকে ঠেলে দিচ্ছে এ ক্রম অনুভূতি হচ্ছে। শুধু তাই নয় দুটো চার্জের যাবামাবি অংশে একটি চার্জের তড়িৎ ক্ষেত্র অন্য চার্জের তড়িৎ ক্ষেত্রকে কাটাকাটি করে ফেলে ফলে সেখানে বলরেখা

কম এবং এর মাঝখানে একটি বিন্দু রয়েছে যেখানে তড়িৎ ক্ষেত্রের মান শূন্য। যদি দুটোই নেপেলিত  
চার্জ হতো তাহলে শুধু বলরেখার দিক পরিবর্তন হতো, তাছাড়া অন্য সরকিছু আগের ঘর্জেই হতো।



চিত্র 10.12: (a) বিপরীত এবং (b) সমচার্জের অন্য তৈরি বলরেখা।



### উদাহরণ

যদি:  $5\text{C}$  চার্জের জন্য  $10\text{m}$  দূরে ইলেক্ট্রিক ফিল্ড  
কত?

উত্তর:

$$E = k \frac{q}{r^2}$$

এখানে

$$q = 5\text{C}$$

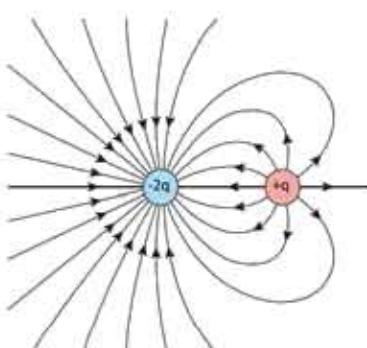
$$q_2 = -1.6 \times 10^{-19}\text{C}$$

$$r = 10\text{ m}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

কাজেই

$$E = \frac{9 \times 10^9 \times 5}{10^2} \text{ N/C} = 4.5 \times 10^8 \text{ N/C}$$



চিত্র 10.13: চার্জ এবং হিসুণ পরিমাণ বিপরীত  
চার্জের জন্য বলরেখা।

**প্রশ্ন:** 3C চার্জের একটি বস্তু 10N বল অনুভব করছে, এই জায়গায় ইলেক্ট্রিক ফিল্ড কত?

**উত্তর:**  $F = qE$

কাজেই

$$E = \frac{F}{q}$$

এখানে	$F = 10 \text{ N}$
	$q = 3 \text{ C}$

কাজেই

$$E = \frac{F}{q} = \frac{10 \text{ N}}{3 \text{ C}} = 3.33 \text{ N/C}$$

**প্রশ্ন:** চার্জ এবং তার দ্বিগুণ পরিমাণ বিপরীত চার্জ থাকলে তার বলরেখা কেমন হয়।

**উত্তর:** 10.13 চিত্রটিতে দেখানো হয়েছে।

## 10.6 ইলেক্ট্রিক পটেনশিয়াল (Electric Potential)

তোমাদের নিশ্চয়ই মনে আছে দুটি পাত্রে যদি পানি থাকে এবং একটি নল দিয়ে যদি পানির পাত্র দুটোকে জুড়ে দেওয়া যায় তাহলে যে পাত্রে পানির পৃষ্ঠাতল উচুতে থাকবে সেখান থেকে অন্য পাত্রে পানি চলে আসবে। কোন পাত্র থেকে কোন পাত্রে পানি আসবে সেটা পানির পরিমাণের ওপর নির্ভর করে না, সেটা নির্ভর করে পানির পৃষ্ঠাতলের উচ্চতার উপরে।

ঠিক সে রকমভাবে আমরা দেখেছিলাম ভিন্ন তাপমাত্রায় দুটো পদার্থকে যদি একটার সাথে আরেকটাকে স্পর্শ করানো যায় তাহলে তাপ কোন পদার্থ থেকে কোথায় যাবে সেটা সেই পদার্থের তাপের পরিমাণের ওপর নির্ভর করে না, সেটা নির্ভর করে তাপমাত্রার ওপর। তাপমাত্রা যার বেশি সেখান থেকে তাপ প্রবাহিত হয় তাপমাত্রা যার কম সেখানে। তাপমাত্রা বেশি হলেও অনেক কম তাপ রয়েছে সেরকম বস্তু থেকেও অনেক বেশি তাপ যেখানে আছে সেখানে প্রবাহিত হতে পারে।

আমরা স্থির বিদ্যুৎ আলোচনা করার সময় বেশ কয়েকবার বলেছি কোনো একটা বস্তুতে চার্জ আমা করে সেটা যদি অন্য কোনো বস্তুতে স্পর্শ করা হয় তাহলে সেখানে চার্জ থাবাইত হয়। এখানেও কি পানির পরিমাণ আর গৃহিনীদেশের উচ্চতা কিংবা তাল এবং তাপমাত্রার মতো চার্জ এবং চার্জ আরা বলে কিন্তু আছে? যেটা ঠিক করবে চার্জ কোন বস্তু থেকে কোন বস্তুতে থাবে? সেটি আসলেই আছে এবং সেটাকে বলা হয় পটেনশিয়াল বা বিভব। যদি দুটো বস্তুর ভেতরে ভিন্ন ভিন্ন চার্জ থাকে এবং দুটোকে স্পর্শ করানো হয় তাহলে যে বস্তুটিতে পটেনশিয়াল বেশি সেখান থেকে কম পটেনশিয়ালে চার্জ থাবাইত হবে।

একটা ধাতব গোলকের ব্যাসার্ধ যদি  $r$  হয় এবং তার ওপর যদি  $Q$  চার্জ দেওয়া হয় তাহলে তার পটেনশিয়াল হবে  $V$

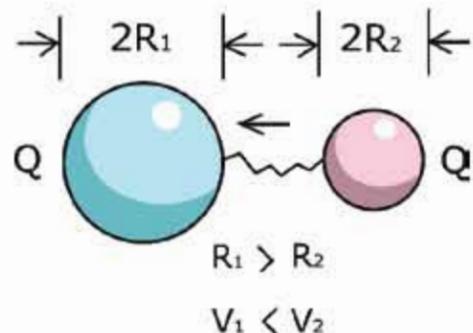
$$V = \frac{Q}{C}$$

এখানে  $C$  হচ্ছে গোলকের ধাতবকত্ত্ব বা Capacitance. গোলকার ধাতব গোলকের জন্য  $C$  এর মান

$$C = \frac{\epsilon}{k}$$

$$\text{বেখানে } k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

কাজেই যদি  $R_1$  এবং  $R_2$  ব্যাসার্ধের দুটো ধাতব গোলক থাকে এবং দুটো গোলকেই সমান পরিমাণ চার্জ  $Q$  দেওয়া হয় তাহলে যে গোলকের ব্যাসার্ধ কম হবে সেখানে পটেনশিয়াল বা বিভব বেশি হবে। যদি একটি তার দি঱ে দুটো গোলককে জুড়ে দেওয়া হয় তাহলে ছেট গোলক থেকে বড় গোলকে চার্জ বেতে থাকবে যতক্ষণ পর্যন্ত না দুটো গোলকের পটেনশিয়াল সমান হয়। (চিত্র 10.14)



চিত্র 10.14: বেশি পটেনশিয়াল থেকে কম পটেনশিয়ালে চার্জ থাবাইত হয়।

পটেনশিয়ালের এককটি সম্পর্কে আমরা সবাই পরিচিত, এটা হচ্ছে ভোল্ট। এবারে আমরা জানার চেষ্টা করি পটেনশিয়াল বলতে আমরা আসলে কী বোঝাই।

আমরা বিভব বা পটেনশিয়ালকে পানির গৃহের উচ্চতা কিংবা তাপমাত্রার সাথে তুলনা করেছি, চার্জের প্রবাহ কোন দিকে হবে সেটা বোঝার জন্য এই তুলনাটি ঠিক আছে কিন্তু আমরা যদি আকরিকভাবে সেটা বিশ্বাস করে নিই তাহলে কিন্তু হবে না, তার কারণ পটেনশিয়াল বা বিভব কিন্তু আরো অনেক পুরুষপূর্ণ একটা জানি।

যেমন ধরা যাক যদি কোনো একটা ধাতব গোলকে পজিটিভ  $Q$  চার্জ দেওয়া হয়েছে তাহলে তার পৃষ্ঠদেশের বিভব বা পটেনশিয়াল হচ্ছে

$$V = k \frac{Q}{r}$$

পৃষ্ঠদেশের বাইরে তার পটেনশিয়াল কত? এটি কিন্তু মোটেও শূন্য নয়। গোলকের চারপাশে কোথায় কত বিভব সেটাও বের করা সম্ভব।

তোমরা জানো একটা গোলকে চার্জ থাকার কারণে তার চারপাশে ইলেক্ট্রিক ফিল্ড  $E$  আছে, কাজেই সেখানে যদি একটা চার্জ  $q$  আনা হয় সেই চার্জটি একটা বল  $F$  অনুভব করবে যেখানে

$$F = Eq$$

যেহেতু গোলকে চার্জ  $Q$  পজিটিভ এবং গোলকের বাইরে রাখা  $q$  চার্জটাও পজিটিভ কাজেই সেটা বিকর্ষণ অনুভব করবে এবং আমরা যদি  $q$  চার্জটাকে ছেড়ে দিই তাহলে সেই বলের জন্য তার ত্বরণ হবে, গতি বাড়বে ইত্যাদি ইত্যাদি। আবার  $q$  চার্জটাকে যদি আমরা গোলকের কাছে আনার চেষ্টা করি (কম্পনা করে নাও ধাতব গোলকটা শক্ত করে কোথাও লাগানো  $q$  চার্জ সেটাকে ঠেলে সরাতে পারবে না) তাহলে বলের বিবুদ্ধে কাজ করতে হবে, কাজেই যতই আমরা গোলকের কাছে আনব ততই তার ভেতরে স্থিতি শক্তি হতে থাকবে।

বিভব হচ্ছে একক চার্জকে (অর্থাৎ  $q$  এর মান 1) কোনো একটা জায়গায় হাজির করতে (ধরে নাও শুরু করা হচ্ছে অনেক দূর থেকে যেখানে ইলেক্ট্রিক ফিল্ড খুব কম, কাজেই বল বলতে গেলে নেই) যেটুকু কাজ করতে হয় তার পরিমাণ। আশপাশে যদি কোনো চার্জ না থাকে, তাহলে কোনো ইলেক্ট্রিক ফিল্ডও থাকবে না, চার্জটা কোনো বলও অনুভব করবে না তাই একক চার্জটাকে আনতে কোনো কাজও করতে হবে না, তাই আমরা বলব কোনো বিভব নেই।

কিন্তু যদি চার্জ থাকে তাহলে একক চার্জটাকে আনতে কাজ করতে হবে এবং ঠিক যেটুকু কাজ করতে হয়েছে তার পরিমাণটা হচ্ছে বিভব। অর্থাৎ  $q$  চার্জকে আনতে যদি  $W$  কাজ হয় তাহলে বিভব  $V$  হচ্ছে

$$V = \frac{W}{q}$$

গোলকের চার্জটা যদি নেগেটিভ হয় তাহলে উল্টো ব্যাপার ঘটবে, চার্জটাকে ছেড়ে দিলে সেটা গোলকের চার্জের আকর্ষণে তার দিকে ছুটে যেতে চাইবে। তাই অনেক দূর থেকে এই চার্জটাকে যদি কোনো রকম ত্বরণ তৈরি না করে কোনো বাড়তি গতিশক্তি না দিয়ে ধীরে ধীরে আনতে যাই তাহলে সারাক্ষণই চার্জটার আকর্ষণ বলটাকে সামলানোর মতো একটা বল দিয়ে কাছে আনতে হবে অর্থাৎ

আমরা বেলিকে বল দিচ্ছি তার বিপরীত দিকে চার্জটা থাকে কাজেই আমাদের দেওয়া বল নেগেটিভ কাজ করছে অর্থাৎ আমরা এই চার্জের খানিকটা শক্তি সরিয়ে নিচ্ছি।

তবে এবাবেও বিভব হচ্ছে

$$V = \frac{W}{q}$$

শুধু মনে রাখতে হবে  $W$  বা কাজ যেহেতু নেগেটিভ তাই  $V$  এর মান নেগেটিভ।

আমরা এতক্ষণ পর্যন্ত যা যা শিখেছি সেগুলো একবার আলাই করে নিই:

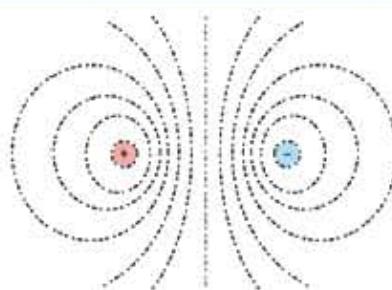
চার্জ থাকলেই তার আপগাপে যেমন ইলেক্ট্রিক ফিল্ড থাকে ঠিক সে রকম পটেনশিয়ালও থাকে। সত্যি কথা বলতে কি আমরা যদি পটেনশিয়ালটা কেবলভাবে আছে সেটা জানি তাহলে ইলেক্ট্রিক ফিল্ডটা বের করে কেলতে পারব। কেবল করে কোথাও পটেনশিয়াল বের করতে হয়, কেবল করে সেখান থেকে ইলেক্ট্রিক ফিল্ড বা তড়িৎ ক্ষেত্র বের করতে হয় সেগুলো তোমরা উচু ক্লাসে গেলে জানতে পারবে। তবে সাধারণভাবে একটা বিষয় জেনে রাখতে পারো পটেনশিয়ালের পরিবর্তন যত বেশি হয় ইলেক্ট্রিক ফিল্ডও তত বেশি হয়।



### উদাহরণ

প্রশ্ন: একটি পজিটিভ এবং একটা নেগেটিভ চার্জের পাশে পটেনশিয়াল কেবল হবে?

উত্তর: বিপরীত সমান চার্জের জন্য সম পটেনশিয়াল রেখাগুলো 10.15 চিত্রাটিতে দেখানো হয়েছে। বাম পাশে পটেনশিয়াল পজিটিভ সম্পর্কিমাণে কমে কমে ডান পাশে নেগেটিভ হয়েছে। ঠিক মাঝখানে পটেনশিয়াল শূন্য।



চিত্র 10.15: বিপরীত চার্জের জন্য সম পটেনশিয়াল রেখা।

### 10.6.1 বিভব পার্শ্বক্য

তোমরা সবাই ইলেক্ট্রিক লাইনের গায়ে নালা রকম সতর্কবাদী দেখেছ, যেমন, “বিপজ্জনক দণ্ড হাতার ভোল্ট!” তোমরা সবাই জানো ইলেক্ট্রিক শক বলে একটা বিষয় আছে, এটি খুব বিপজ্জনক। অসতর্ক মানুষ ইলেক্ট্রিক শক থেকে আরা গেছে সে রকম উদাহরণও আছে। তোমরা যদি বিভব

বিষয়টা বুঝে থাক তাহলে নিশ্চয়ই এখন অনুমান করতে পারছ আসলে কী ঘটে। কোথাও যদি বিভব বা পটেনশিয়াল বেশি থাকে এবং তুমি যদি সেটা স্পর্শ করো, তোমার শরীরের পটেনশিয়াল যেহেতু কম সেজন্য বেশি বিভবের জায়গা থেকে চার্জ তোমার শরীরে চলে আসবে। চার্জের সেই প্রবাহ কতটুকু তার ওপর নির্ভর করে তোমার ভেতরে অনেক কিছু হতে পারে।

তুমি যেটা স্পর্শ করছ তার পটেনশিয়াল পজিটিভ বা নেগেটিভ দুটোই হতে পারে। এক জায়গায় তোমার শরীর থেকে চার্জ (ইলেক্ট্রন) যাবে অন্য ক্ষেত্রে তোমার শরীরে চার্জ আসবে, দুটোই বিদ্যুৎ প্রবাহ-শুধু দিকটা ভিন্ন।

তুমি নিশ্চয়ই বুঝতে পারছ চার্জ প্রবাহিত হয় বিভব পার্থক্যের জন্য, বিভবের মানের জন্য নয়। সে কারণে একটা কাক যখন হাইভোল্টেজ ইলেক্ট্রিক তারের ওপর বসে সে ইলেক্ট্রিক শক খায় না, কারণ তারের বিভব এবং তার নিজের বিভব সমান, কোনো পার্থক্য নেই। শুধু তাই নয়, দশ হাজার কিংবা বিশ হাজার ভোল্টের প্রচণ্ড উচ্চ ভোল্টেজে কর্মীরা হেলিকপ্টার দিয়ে খালি হাতে কাজ করে। তারা কোনো ইলেক্ট্রিক শক খায় না। কারণ শুন্যে থাকার কারণে তারা যখন হাইভোল্টেজ তার স্পর্শ করে তাদের শরীরের ভোল্টেজ তারের সমান হয়ে যায়। কোনো পার্থক্য নেই, তাই কোনো চার্জ প্রবাহিত হয় না। তারা ইলেক্ট্রিক শক খায় না। তার মানে হচ্ছে ভোল্টেজের পার্থক্যটা গুরুত্বপূর্ণ, ভোল্টেজের মান নয়—এটা সবার জানা দরকার।

তারপরও যখন ভোল্টেজের মান মাপতে হয় তখন তার জন্য একটা নির্দিষ্ট ভোল্টেজ থাকলে ভালো। তাপমাত্রার বেলায় একটা পরম শূন্য তাপমাত্রা ছিল, অনেকটা সে রকম। আমাদের জীবনে আমরা পৃথিবীকে শূন্য বিভব ধরে নিই। পৃথিবীটা এত বিশাল যে এর মাঝে খানিকটা চার্জ দিলেও সেটা গ্রহণ করতে পারে তার জন্য তার বিভব বেড়ে যায় না, আবার খানিকটা চার্জ নিয়ে গেলেও তার বিভব কমে যায় না। তাই সেটাকে শূন্য বিভব ধরে সবকিছু তার সাপেক্ষে মাপা হয়। তোমরা নিশ্চয়ই লক্ষ করে থাকবে ভারী বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি সব সময় খুব ভালো করে ভূমির সাথে লাগানো (Earthing) হয়। যার অর্থ কোনো দুর্ঘটনায় হঠাতে করে কোনো কারণে যদি প্রচুর চার্জ চলে আসে তাহলে সেটা যেন দ্রুত এবং নিরাপদে পৃথিবীর মাটিতে চলে যেতে পারে, যারা আশপাশে আছে তাদের যেন কোনো ক্ষতি না হয়।

## 10.7 ধারক (Capacitor)

কোনো পদার্থে তাপ দেওয়া হলে তার তাপমাত্রা কত বাড়বে সেটা সেই পদার্থের তাপ ধারণ ক্ষমতার ওপর নির্ভর করে। তাপ ধারণ ক্ষমতা বেশি হলে অনেক তাপ দেওয়া হলেও তাপমাত্রা অল্প একটু বাড়ে, কম হলে অল্প তাপ দেওয়া হলেই অনেকখানি তাপমাত্রা বেড়ে যায়। ঠিক সে রকম কোনো পদার্থে চার্জ দেওয়া হলে তার বিভব কতটুকু বাড়বে সেটা তার ধারকত্বের ওপর নির্ভর করে। কোনো

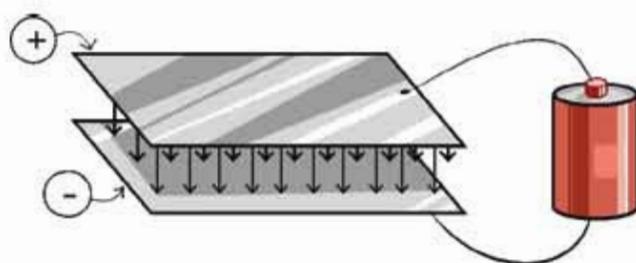
बहुत्र धारकता वेशी हले अनेक चार्ज देखाया हलेंड तार विभव वाढ़वे अल्प एकटौ, आवार धारकता कम हले अल्प चार्ज दिलेइ विभव अनेक बेड़े घास। आमरा आपेइ बलेहि, कोनो किछुर धारकता  $C$  हले सेखाने यदि  $Q$  चार्ज देखाया हय ताहले विभव  $V$  हवे

$$V = \frac{Q}{C}$$

आमरा इतिमध्ये देखेहि  $r$  व्यासार्द्धेर धातव गोलकेर अन्य  $C$  हज्जे

$$C = \frac{r}{k}$$

तबे सबठेरे परिचित सहज एवं कार्यकर धारक तैरिक करा हय दूटो धातव पाते पाशापासि रेखे (चित्र 10.16.)। धातव पातेर एकटिते यदि परिचित, अन्याटिते नेपेटित चार्ज राखा हय ताहले दूटि पातेर मावाखाने इलेक्ट्रिक फिल्ड तैरिक हय एवं सेहि इलेक्ट्रिक फिल्ड शक्ति सक्षित थाके। एकटा क्यापासिटरेर धारकता यदि  $C$  एवं तोस्तेज  $V$  हय ताहले तार भेतरे ये शक्ति (Energy) जमा थाके देति हज्जे



चित्र 10.16: समान्तराल धातव फ्लैट निये तैरिक क्यापासिटर।

$$\text{शक्ति} = \frac{1}{2} CV^2$$



### उदाहरण

प्रश्न: एकटा  $20 \mu\text{F}$  क्यापासिटरे  $10 \text{ V}$  बैद्युतिक पटेनशियल देखाया हय ताहले सेखाने की परियाप शक्ति सक्षित थाकवे?

उत्तर: शक्ति =  $\frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-6} \times 10^2 \text{ J} = 10^{-3} \text{ J} = 1 \text{ mJ}$

## 10.8 স্থিৰ বিদ্যুৎেৰ ব্যৱহাৰ (Uses of Static Electricity)

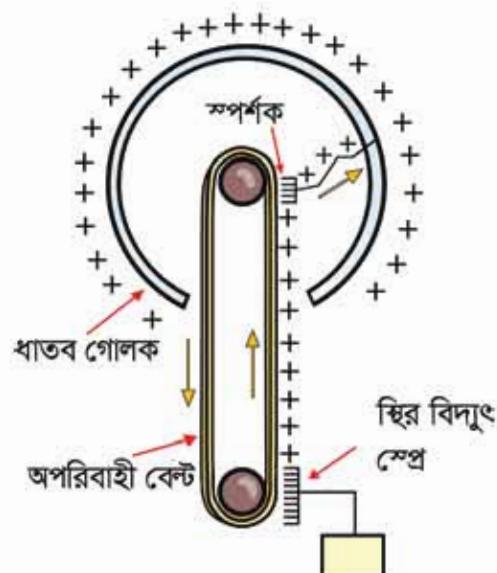
আমদেৱ দৈনন্দিন জীবনে, কলকাৰখানা, ল্যাবোটরি, শিক্ষাপ্রতিষ্ঠান, হাসপাতাল সব জ্যোগায় বিদ্যুৎ ব্যৱহাৰ কৰি, তবে আৱ সব জ্যোগাতেই সেটা হয় চলবিদ্যুৎ (পৱেৱ অধ্যায়ে আমোৱা সেটা দেখৰ) তবে বিশেষ বিশেষ জ্যোগাতে এখনো স্থিৰ বিদ্যুৎ ব্যৱহাৰ কৰা হয়:

### 10.8.1 কটোকপি

আমোৱা সবাই কখনো না কখনো কাগজেৰ কোনো লেখাৰ কপি তৈৰি কৰাৰ জন্ম কটোকপি মেশিন ব্যৱহাৰ কৰেছি। এখনে কাগজেৰ লেখাৰ ওপৰ আলো হেলে তাৰ একটি প্ৰতিচৰ্বি একটি বিশেষ ধৰনেৰ ৱোলারে কেলা হয় এবং সেই ৱোলারে কাগজেৰ লেখাটিৰ মতো কৰে স্থিৰ চাৰ্জ তৈৰি কৰা হয়। তাৰপৰ এই ৱোলারটিকে পাউডারেৰ মতো সূৰ্য কালিৰ সংস্কাৰে আনা হলে হেখানে ষেখানে চাৰ্জ জমা হৱেছে সেখানে কালো কালি লেগে থাক। তাৰপৰ নতুন একটা সামাৰ কাগজেৰ ওপৰ ছাপ দিয়ে এই কালিটি বসিয়ে দেওয়া হয়। কালিটি যেন লেষ্টে না থায় সেজন্য তাপ দিয়ে কালিটিকে আৱো ভালো কৰে কাগজে স্ফুল কৰে প্ৰক্ৰিয়াটি শেষ কৰা হয়।

### 10.8.2 জ্যান ডি থাক মেশিন

অজ্ঞত উচ্চ বিভব দিয়ে নালা ধৰনেৰ কাজ কৰা হয়। জ্যান ডি থাক মেশিনে সেটি কৰা সম্ভব হয় স্থিৰ বিদ্যুৎ ব্যৱহাৰ কৰে। একটি সুৱলত বিদ্যুৎ অপৱিবাহী বেল্টে স্থিৰ বিদ্যুৎ স্পে কৰা হয়, বেল্টটি চুৰিৰে একটি ধাতব গোলকেৰ ভেতৱে সেওয়া হয় (চিত্ৰ 10.17)। বেল্টৰ ওপৰ থেকে একটা স্পৰ্শক এই চার্জটা অহণ কৰে ধাতব গোলকেৰ কাছে পৌছে দেয়। আমোৱা জানি চাৰ্জ সব সময়ই বেশি থেকে কম বিভবে প্ৰাৰ্থিত হয়। জ্যান ডি থাক জেনারেটোৱে এটি সব সময় ঘটে থাকে, কাৰণ ধাতব গোলকেৰ ভেতৱে সব সময়ই গোলকেৰ সমান বিভব থাকে। বেল্টৰ উপৱেৱ বাঢ়তি চার্জটিকুৰ জন্য যে বাঢ়তি ভোল্টেজ তৈৰি হয় সেটি তাই সব সময়ই গোলকেৰ ভোল্টেজ থেকে বেশি। সে কাৰণে গোলকেৰ ভেতৱে চাৰ্জ ধাকলেই সেটা গোলকপৃষ্ঠে চলে থাক। এভাৱে বিশেষ পৱিমাণ চাৰ্জ জমা কৱিয়ে অনেক উচ্চ পটেনশিয়াল তৈৰি কৰা সম্ভব।



চিত্ৰ 10.17: জ্যান ডি থাক মেশিন।

### 10.8.3 জ্বালানি ট্রাক

পেট্রল বা অন্য জ্বালানির ট্রাক যখন তাদের জ্বালানি সরবরাহ করে তখন তাদের খুব সতর্ক থাকতে হয় যেন হঠাতে করে কোনো বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ তৈরি হয়ে বড় কোনো বিস্ফোরণের জন্ম না দেয়। জ্বালানি ট্রাকের চাকার সাথে রাস্তার ঘর্ষণে স্থির বিদ্যুৎ তৈরি হলে এটা ঘটতে পারে, সেজন্য এই ধরনের ট্রাকের পেছনে ট্যাংক থেকে একটা শেকল ঝুলিয়ে দেওয়া হয়, সেটা রাস্তার সাথে ঘষা থেতে থাকে যেন কোনো স্থির বিদ্যুৎ তৈরি হলে সেটা যেন সাথে সাথে মাটিতে চলে যেতে পারে।

### 10.8.4 ইলেক্ট্রনিকস

শীতপ্রধান দেশে বাতাসে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ খুব কম থাকে এবং সেখানে স্থির বিদ্যুতের প্রভাব অনেক বেশি। ইলেক্ট্রনিকসের কাজ করার সময় নানা ধরনের আইসি ব্যবহার করতে হয়। কিছু কিছু আইসি (Integrated Circuit) তাদের পিনে অল্প ভোল্টেজের তারতম্যের কারণেই নষ্ট হয়ে যেতে পারে। কাজেই ইলেক্ট্রনিকসের কাজ করার সময় শুধু হাত দিয়ে স্পর্শ করার কারণেই একটি মূল্যবান আইসি কিংবা সার্কিট বোর্ড নষ্ট হয়ে যেতে পারে। এরকম পরিস্থিতিতে কাজ করার জন্য পুরো টেবিলে উপরের অংশ বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ দিয়ে তৈরি ভূমির সাথে সংযুক্ত করে দেওয়া হয়। একই সাথে যে কাজ করে তার হাতেও বিদ্যুৎ পরিবাহী স্ট্র্যাপ দিয়ে ভূমির সাথে সংযুক্ত রাখা হয়।

### 10.8.5 বজ্রপাত ও বজ্রনিরোধক

আকাশে মেঘ জমা হবার সময় জলীয় বাষ্প যখন উপরে উঠতে থাকে তখন সেই জলীয় বাষ্পের ঘর্ষণের কারণে কিছু ইলেক্ট্রন আলাদা হয়ে নিচের মেঘগুলোর মাঝে জমা হতে থাকে। তখন স্বাভাবিকভাবেই উপরের মেঘের মাঝে ইলেক্ট্রন কম পড়ে এবং সেখানে পজিটিভ চার্জ জমা হয়। মেঘের ভেতর যখন প্রচুর চার্জ জমা হয় তখন স্বাভাবিক অবস্থায় ফিরে আসার জন্য মেঘের ভেতরে বড় স্পার্ক হয়, যেটাকে আমরা বলি বিজলি চমকানো। মাঝে মাঝে আকাশের মেঘে এত বেশি চার্জ জমা হয় যে সেগুলো বাতাসকে আয়নিত করে আক্ষরিক অর্থে লক্ষ মাইল বেগে মাটিতে নেমে আসে এবং আমরা সেটাকে বলি বজ্রপাত। বজ্রপাতের সময় মেঘ থেকে বিশাল পরিমাণ চার্জ পৃথিবীতে নেমে আসে। বাতাসের ভেতর দিয়ে যাবার সময় সেটা বাতাসকে আয়নিত করে ফেলে, তখন সেখানে প্রচণ্ড তাপ আর আলো আর শব্দ তৈরি হয়ে এই বিশাল পরিমাণ চার্জ যেখানে হাজির হয় সেখানে ভয়ংকর ক্ষতি হতে পারে।

বজ্রপাতের সময় লক্ষ অ্যাম্পিয়ারের মতো বিদ্যুৎ প্রবাহিত হতে পারে এবং এই বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য বাতাসের তাপমাত্রা 20 থেকে 30 হাজার ডিগ্রি সেলসিয়াস পর্যন্ত উভ্যত হয়ে যায়, যেটা সূর্য পৃষ্ঠের তাপমাত্রা থেকে বেশি।

এই তাপমাত্রার কারণে আমরা নীলাভ সাদা আলোর একটা ঝলকানি দেখতে পাই। তাপমাত্রার কারণে আরো একটা ব্যাপার ঘটে, বাতাসটুকু উন্নত হয়ে ফুলে ফেঁপে উঠে বাইরের দিকে ছড়িয়ে পড়ে এবং পরের মুহূর্তে বাইরের বাতাস এসে সেই শূন্যস্থান পূরণ করে। পুরো বিষয়টি ঘটে শব্দের গতির চাইতে তাড়াতাড়ি এবং একটি গগনবিদারী শব্দ হয়। বাতাসের গতি শব্দের চাইতে দ্রুত হলে তাকে শকওয়েভ বলে এবং বজ্রপাতের শব্দ একধরনের শকওয়েভ। আলোর ঝলকানি এবং শব্দ একই সাথে তৈরি হলেও আমরা আলোটিকে প্রথম দেখি আলোর গতিবেগ এত বেশি যে সেটা প্রায় সাথে সাথে পৌঁছে যায়। শব্দের গতি  $330\text{ m/s}$  এর মতো অর্ধাং এক কিলোমিটার যেতে প্রায়  $3\text{ s}$  সময় নেয়। কাজেই আলোর কত সেকেন্ড পর শব্দটা শোনা গেছে সেখান থেকে আমরা বজ্রপাতটা কত দূরে হয়েছে সেটা অনুমান করতে পারি। আনুমানিকভাবে প্রতি তিনি সেকেন্ডের জন্য এক কিলোমিটার।

বজ্রপাতের সময় যেহেতু আকাশের মেঘ থেকে বিদ্যুতের প্রবাহ নিচে নেমে আসে তাই এটা সাধারণত উঁচু জিনিসকে সহজে আঘাত করে। তাই বজ্রপাত থেকে রক্ষা করার জন্য উঁচু বিল্ডিংয়ের উপর ধাতব একাধিক সুচালো মুখ্যস্তুপ শলাকা লাগানো হয়। সেটা মোটা বিদ্যুৎ সুপরিবাহী তার দিয়ে মাটির গভীরে নিয়ে যাওয়া হয়। এর পেছনের বিজ্ঞানটুকু খুবই সহজ। আমরা আগেই দেখেছি চার্জযুক্ত কোনো কিছু চার্জহীন কোনো কিছুর কাছে আনলে সেখানে বিপরীত চার্জ আবেশিত হয়। তাই বজ্রপাত হবার উপক্রম হলে বজ্র শলাকাতে পজিটিভ চার্জ জমা হয় এবং সুচালো শলাকা থাকার কারণে সেখানে তীব্র ইলেক্ট্রিক ফিল্ড তৈরি করে। সেই ইলেক্ট্রিক ফিল্ডের কারণে আশপাশে থাকা বাতাস, জলীয় বাঙ্গ আয়নিত হয়ে যায় এবং আকাশের দিকে উঠে মেঘের নেগেটিভ চার্জকে চার্জহীন করে বজ্রপাতের আশঙ্কাকে কমিয়ে দেয়। অনেক উঁচু বিল্ডিংয়ে যখন বজ্র শলাকা রাখা হয় সেটি প্রায় সময়ই সত্ত্বিকার বজ্রপাত গ্রহণ করে আর বিশাল পরিমাণ চার্জকে সেই দণ্ড নিরাপদে মাটির ভেতরে নিয়ে যায়। আকাশ থেকে নেমে আসা বিদ্যুৎ অনিয়ন্ত্রিতভাবে না গিয়ে এই মোটা তার দিয়ে মাটির গভীরে চলে যাবে।

সুচালো শলাকায় শুধু যে বজ্রপাত হয় তা নয়, এই সুচালো শলাকা দিয়ে বিপরীত চার্জ বের করে মেঘের মাঝে জমে থাকা চার্জকে নিষ্ক্রিয় করে দিতে পারে। এই কারণে উঁচু বিল্ডিংগুলোতে বজ্রপাত নিরোধক শলাকা লাগানো হলে বজ্রপাতের আশঙ্কা অনেক কমে যায়।

### 10.8.6 স্থির বৈদ্যুতিক রং স্প্রে

গাড়ি, সাইকেল, স্টিলের আলমারি বা অন্যান্য ধাতব জিনিস রং করার জন্য আজকাল স্থির বৈদ্যুতিক রং স্প্রে ব্যবহার করা হয়। এই স্প্রেগুলোতে রঙের খুবই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা তৈরি করা হয় এবং স্প্রে থেকে বের হওয়ার সময় চার্জযুক্ত হওয়ার কারণে একটি কণা অন্যকে বিকর্ষণ করে ছড়িয়ে পড়ে এবং সে কারণে একটা বড় জায়গাকে খুবই মসৃণভাবে রং করা সম্ভব হয়।

রঞ্জের কণাগুলোকে চার্জ করার জন্য এবং সেই করার সূচালো মাধ্যাটি একটা উচু পটেনশিয়ালের উৎসের সাথে যুক্ত করে নেওয়া হয়। যে জিনিসটিকে চার্জ করা হবে সেটি বিপরীত পটেনশিয়ালে কিংবা ভূমির সাথে সংযুক্ত করে নেওয়া হয়। রঞ্জের কুমু কুমু কণা চার্জড ইওয়ার কারণে জিনিসটির দিকে আকর্ষিত হয় এবং সেখানে খুবই দৃঢ়ভাবে সংযুক্ত হয়। শুধু তাই নয়, রঞ্জের কণাগুলো বৈদ্যুতিক বলরেখা বরাবর গিরে কাঠামোর যে অপ্রকাশ্য স্থান আছে সেখানেও পৌঁছাতে পারে এবং রঞ্জের আস্তরণ তৈরি করতে পারে।



### অনুসন্ধান 10.01

#### ষষ্ঠ এবং আবেশ

**উদ্দেশ্য:** ষষ্ঠ এবং আবেশের সাহায্যে চার্জ বা আধান তৈরি করা

**যজগাতি:** চিরুনি, আলুমিনিয়াম ফয়েলের টুকরো

**কৃত্তি:** শীতকালে চিরুনি দিয়ে চুল আঁচড়ালে চিরুনিতে নেগেটিভ স্থির বিদ্যুৎ বা নেগেটিভ চার্জ জমা হয়।

**কাজের ধারা:**

- (a) খুবই ছোট এক টুকরো আলুমিনিয়াম ফয়েল নিয়ে সেটাকে ছোট করে শুটি পাকিয়ে বলের মতো করে নাও।
- (b) চিরুনি দিয়ে চুল আঁচড়িয়ে সেটি আলুমিনিয়াম ফয়েল দিয়ে তৈরি কুমু বলটির কাছে আসো। চিরুনিতে যথেষ্ট পরিমাণ নেগেটিভ চার্জ জমা হয়ে থাকলে সেটি আলুমিনিয়াম ফয়েল পরিবাহী বলে সহজেই সম্মুখভাগের ইলেক্ট্রনগুলো পোছন দিকে সরে যাবে। (আলুমিনিয়াম ফয়েল পরিবাহী বলে সহজেই সম্মুখভাগের ইলেক্ট্রনগুলো পোছন দিকে সরে যাবে।) সম্মুখভাগটিকে চিরুনি আকর্ষণ করবে এবং আকর্ষণের কারণে সেটি লাফিয়ে চিরুনির গায়ে লেগে যাবে।
- (c) আলুমিনিয়াম ফয়েল বিদ্যুৎ পরিবাহী বলে সাথে সাথে চার্জ যুক্ত হয়ে যাবে এবং চিরুনি থেকে বিকর্ষিত হয়ে ছিটকে সরে যাবে।

## अनुशीलनी



### साधारण प्रश्न

- चार्जेचे कुळतम एकटि मान आहे, येति हजे  $1.6 \times 10^{-19}$  C ए रुकम कि तरोर एकटि कुळतम मान आहे?
- वर्षाकाले श्विर विन्दुतेर परीक्षागूलो ठिक करू याज करू ना केल?
- दूटो एक आकारेर खात्र गोलकके स्पर्श ना करू तादेर माझे समान एवं विपरीत चार्ज दिते पारवे?
- धारकता वा capacitance के यदि एकटा पांठेर साथे तुलना करा हज ताहले पटेलशियाळाचे किसेर साथे तुलना करवा?
- कोनो विन्दुते पटेलशियाळ शून्य किन्तु इलेक्ट्रिक फिल्ड शून्य नम, एटि कि सत्त्व?
- परमाणुर गत्तनेर भित्रिते कोनो बस्तुर आहित हुण्यार घटना याख्या करू.
- कोनो बस्तुके घर्षण प्रकृतिते कीভाबे आहित करा याय वर्णना करू.
- तड्डिं आवेश की?
- आवेशी आधान व आविष्ट आधान बताते की बोवा?
- कोनो बस्तुके आवेश प्रकृतिते कीभाबे आहित करा याय वर्णना करू.
- एकटि स्वर्णगात तड्डिंबीक्षण यज्ज्ञेर गत्तन वर्णना करू.
- एकटि स्वर्णगात तड्डिंबीक्षण यज्ज्ञेर धनात्मक आधाने आहित करा याय वर्णना करू.
- एकटि स्वर्णगात तड्डिंबीक्षण यज्ज्ञेर साहाय्ये कीभाबे कोनो आहित बस्तुर आधादेर थकृति निर्वय करा याय वर्णना करू.
- दूटि आधानेर मध्यबर्ती तड्डिं बल कोन कोन विषयेर उपर निर्भर करू?



### गणितिक प्रश्न

- $4\text{ C}$  एवं  $-1\text{ C}$  चार्ज  $1\text{ m}$  दूरे राखा आहे। चार्ज दुटिर संयुक्त रेखार कोथाय इलेक्ट्रिक फिल्ड शून्य?
- हाईझाजेन परमाणुते एकटि इलेक्ट्रॉन कूलम वलेर कारणे एकटि प्रोटोनके खिऱे घूरते थाके। इलेक्ट्रॉनेर उर  $9.11 \times 10^{-31}\text{ kg}$  एवं प्रोटोनेर उर  $1.67 \times 10^{-27}\text{ kg}$  एही

ভরের কারণে তাদের ভেতরে নিচয়েই একটি মাধ্যাকর্ষণ বলও আছে। দুটি বলের ভেতর কোনটি  
বড় এবং কত বড়?

3. ১ নম্বর প্রশ্নের চার্জ দুটির জন্য ইলেক্ট্রিক ফিল্ডের বলরেখাগুলো এঁকে দেখাও।
4. 10.15 চিত্রিতে চার্জের জন্য সমপ্রতিশিলাল রেখা দেখানো হয়েছে, সেখান থেকে ভূমি  
ইলেক্ট্রিক ফিল্ড দেখাও।
5. 10.13 চিত্র দুটি চার্জের জন্য ইলেক্ট্রিক ফিল্ড দেখানো আছে, প্রতিশিলাল এঁকে দেখাও।



### বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তরটির পাশে ঠিক (✓) টিক দাও

1. কোনো বস্তুতে আধানের অস্তিত্ব নির্ণয়ের যত্ন হলো—  
(ক) আবিটার      (খ) ভোল্টাইটার  
(গ) অণুবীক্ষণ যন্ত্র      (ঘ) তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র
2. দুটি আধানের মধ্যকার তড়িৎ বল নিচের কোনটির ওপর নির্ভর করে না?  
i. আধান দুটির মধ্যবর্তী দূরত্বের ওপর।  
ii. আধান দুটি যে মাধ্যমে অবস্থিত তার প্রকৃতির ওপর।  
iii. আধান দুটির ভরের ওপর।

কোনটি সঠিক

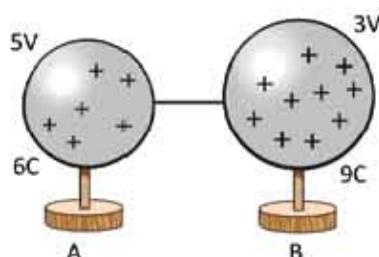
- (ক) i ও ii      (খ) iii  
(গ) ii ও iii      (ঘ) i, iii ও iii

3. তড়িৎ তীব্রতার একক হচ্ছে  
(ক) N      (খ) N m  
(গ) N m<sup>-1</sup> (ঘ) N C<sup>-1</sup>

4. 10.18 চিত্রে  
i. A গোলক থেকে কিছু আধান B গোলকে থাবে  
ii. B গোলক থেকে কিছু আধান A গোলকে থাবে  
iii. আধান পার্শ্বক্য সর্বদা সমান থাকে।

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i      (খ) ii  
(গ) iii      (ঘ) i, ii ও iii



চিত্র 10.18

### ५. तेंट किसेर एकक?

- (क) तड़िं फ्रेअ      (ख) तड़िं विभव  
 (ग) तड़िं आधान      (घ) तड़िं प्रवाह

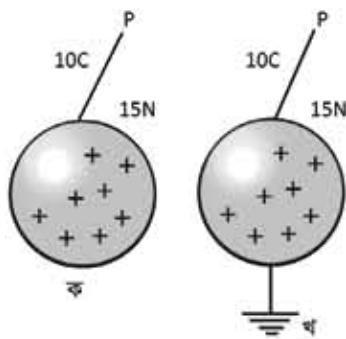


### सृजनशील प्रश्न

१. निम्न मूल आँचडानोर पर देखते गेल तार चिरुनि छोट होट कागजेर टुकडाके आकर्षण करत्हे। सीमा बलल चिरुनिटि धनाय्यकडावे आहित हयेहे, यार जन्य एटा घटेहे। विमार बत्त्या चिरुनिटि धनाय्यक आधाने आहित हयेहे। विवरितिर सुराहार जन्य दूजन तासेर पदार्थविज्ञान शिक्षकके धूऱ्यते दिये ताके पदार्थविज्ञान गवेषणापारे गेल। तिनि सब शूने तासेरके तड़िं वीक्षण वज्रेर साहाय्ये परीक्षा करते चिरुनिर आधानेर प्रकृति निर्णय करते वल्सेन।  
 (क) आधान वलते की बोवा?  
 (ख) घरपे केळ बस्तु आहित हय बुखिये दाओ।  
 (ग) चिरुनिटि आहित हउगार कारव वर्णना करो।  
 (घ) यज्ञितर साहाय्ये कीভावे चिरुनिटिर आधानेर प्रकृति निर्णय करा यावे याख्या करो।

### २. चित्र १०.१९

- (क) तड़िं फ्रेअ की?  
 (ख) P विस्तृते स्थापित बस्तुर अवस्थान परिवर्तन करले एटिर उपर अनुभूत वलेर कीरूप परिवर्तन घटवे?  
 (ग) 'क' चित्रे P विस्तृते तड़िं थावला निर्णय करो।  
 (घ) चित्र 'क' अपेक्षा चित्र 'ख' ए अनुभूत परिवर्तन विझेवण करो।



चित्र १०.१९

३.  $q_1$  (२ C),  $q_2$  (-१ C) एवं  $q_3$  (१ C) एই तिनिटि आधान एकटि सरल रेखार पर्यायक्रमे परस्पर थेके समदूराके राखा आहे।

- (क) तड़िं बल की?  
 (ख) तड़िं फ्रेअ ए तड़िं टीव्रता एकइ नय केळ?  
 (ग) तिनिटि चार्जेर जन्य ये वलरेखा तैरी हवे तार चित्र आँको।  
 (घ)  $q_1$  आधानाटिर माल कत हले  $q_3$  आधानाटि कोलो बल अनुभव करवे ना सेति विझेवण करो?

# একাদশ অধ্যায়

## চল বিদ্যুৎ

### (Current Electricity)



ইলেক্ট্রিসিটি বা চলবিদ্যুৎ ছাড়া আজকাল এক মুহূর্তও আমাদের জীবন ঠিকভাবে চলতে পারে না। আমাদের চারপাশের সব ধরনের যন্ত্রপাতি বা সাজ সরঞ্জাম চালানোর জন্য আমাদের ইলেক্ট্রিসিটির দরকার হয়। আগের অধ্যায়ে আমরা যে শির বিদ্যুতের কথা বলেছি সেই শির বিদ্যুৎ বা চার্জগুলো যখন কোনো পরিবাহকের তেজের দিয়ে প্রবাহিত হয় আমরা সেটাকেই চলবিদ্যুৎ বা ইলেক্ট্রিসিটি বলি। এই অধ্যায়ে এই চলবিদ্যুৎকে ব্যাখ্যা করার জন্য প্রয়োজনীয় রাশিগুলো বর্ণনা করা ব এবং যে নিয়মে চলবিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় সেগুলো জেনে নেব। এই নিরমগুলো ব্যবহার করে কীভাবে একটা সার্কিটে বিদ্যুৎ প্রবাহ বা পটেনশিয়াল পরিপাপ করা যাব সেটিও এই অধ্যায়ে আলোচনা করা হবে।

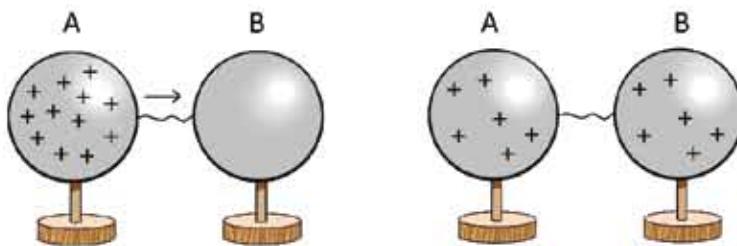


## এ অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা

- স্থির তড়িৎ হতে চল তড়িৎ সৃষ্টি প্রদর্শন করতে পারব।
- তড়িৎ প্রবাহের দিক এবং ইলেক্ট্রন প্রবাহের দিক ব্যাখ্যা করতে পারব।
- তড়িৎ বজ্র ও উপকরণের প্রতীক ব্যবহার করে বর্তনী অঙ্কন করতে পারব।
- পরিবাহী, অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী ব্যাখ্যা করতে পারব।
- লেখচিঠির সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহ ও বিভব পার্থক্য—এই দুইয়ের মধ্যে সংকর্ক স্থাগন করতে পারব।
- স্থির রোধ এবং পরিবর্তনশীল রোধ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- তড়িচালক শক্তি এবং বিভব পার্থক্য ব্যাখ্যা করতে পারব।
- গ্রোথের নির্ভরশীলতা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- আপেক্ষিক রোধ ও পরিবাহকস্থ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- শ্রেণি ও সমান্তরাল রোধ ব্যবহার করতে পারব।
- বর্তনীতে তুল্য রোধ ব্যবহার করতে পারব।
- তড়িৎ ক্ষমতার হিসাব করতে পারব।
- তড়িতের সিস্টেম লস এবং লোডশেভিং ব্যাখ্যা করতে পারব।
- তড়িতের নিরাপদ ও কার্যকর ব্যবহার বর্ণনা করতে পারব।
- বাসাৰাড়িতে ব্যবহার উপযোগী বর্তনীৰ নকশা প্রদর্শন করে এৱ ধীভিষ্ঠ অংশে এসি উৎস এৱ ব্যবহার প্রদর্শন করতে পারব।
- তড়িতের নিরাপদ ও কার্যকর ব্যবহারের বিষয়ে সচেতনতা সৃষ্টি করতে পারব।
- তড়িৎ শক্তিৰ অপচয় রোধ ও সংরক্ষণে সচেতনতা সৃষ্টিৰ জন্য পোস্টাৰ অঙ্কন করতে পারব।

## 11.1 বিদ্যুৎ প্রবাহ (Electric Current)

আমরা আপের অস্থায়ে দেখেছি যে যদি দুটো ডিম বন্দুর পটেনশিয়াল বা বিভবের মাঝে পার্শ্বক্ষয় থাকে তাহলে ঘেটার বেশি পটেনশিয়াল সেখান থেকে ঘেটার পটেনশিয়াল কম সেখানে চার্জ বা আধান প্রবাহিত হয়। বর্তকণ পর্যন্ত পটেনশিয়াল দুটো সমান না হচ্ছে তার্জের প্রবাহ হতেই থাকে। তার্জের এই প্রবাহ হচ্ছে ভড়িৎ বা বিদ্যুতের প্রবাহ, আমরা ঘেটাকে সাধারণভাবে “ইলেক্ট্রিসিটি” বলি, যেটা দিয়ে লাইট জ্বলে, ফ্যান খুরে, মোবাইল টেলিফোন চার্জ দেওয়া হয়।



চিত্র 11.01: চার্জ সংযুক্ত গোলক থেকে চার্জহীন গোলকে বিদ্যুৎ প্রবাহ।

### 11.1.1 ভড়িৎ চালক শক্তি এবং বিভব পার্শ্বক্ষয়

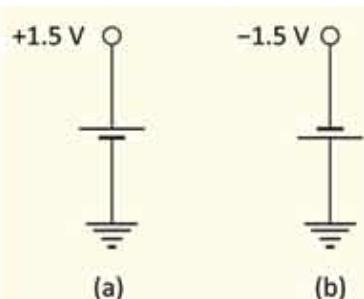
একটা বিষয় নিচেরই সূচতে পারাহ, পটেনশিয়াল বা বিভব পার্শ্বক্ষয় থাকলেই শুধু বিদ্যুৎ প্রবাহ হয়, তাই আমরা যদি বিদ্যুৎ প্রবাহ অবিক্ষিক রাখতে চাই তাহলে পটেনশিয়ালের পার্শ্বক্ষয়টাও বজায় রাখতে হবে, সেটাকে কমে সমান হয়ে থেকে দেখায় যাবে না। যদি দুটো ধাতব গোলকের একটির মাঝে ধনাত্মক চার্জ দিয়ে সেখানে একটি পটেনশিয়াল তৈরি করে চার্জহীন অন্য গোলকটির সাথে একটা তার দিয়ে জুড়ে দিই (চিত্র 11.01), তাহলে বিদ্যুতের প্রবাহ শুরু হবার সাথে সাথে পটেনশিয়াল বা বিভবের পার্শ্বক্ষয় করতে থাকবে এবং মুহূর্তের মাঝে দুটি পটেনশিয়াল সমান হয়ে যাবে। ধারক বা ক্যাপাসিটরের দুটো সমান্তরাল ধাতব পাতের মাঝে আধান বা চার্জ জমা রেখে বিভবের পার্শ্বক্ষয় তৈরি করা সম্ভব। ধারকের সেই দুটো পাত একটা তার দিয়ে জুড়ে দিলেও মুহূর্তের মাঝে পুরো চার্জ প্রবাহিত হয়ে তাদের বিভব সমান হয়ে যাবে। কাজেই সুবাহেই পারাহ আমরা যদি ব্যবহার করার মতো সার্বক্ষণিক বিদ্যুৎ চাই তাহলে অন্য কোনো পদ্ধতি দরকার যেটা এমন একটা পটেনশিয়াল বা বিভব পার্শ্বক্ষয় তৈরি করে দেবে যেন চার্জ প্রবাহিত হলেও তার পার্শ্বক্ষয় কমে না যায়।

তোমরা সবাই সে রূক্ষ পদ্ধতি দেখেছ, এগুলো হচ্ছে ব্যাটারি সেল এবং জেনারেটর। ব্যাটারি সেলের ভেতর রাসায়নিক বিক্রিয়া করে পটেনশিয়ালের পার্শ্বক্ষণ্য তৈরি করা হয়, সেখান থেকে চার্জ প্রবাহ করা হলে রাসায়নিক দ্রব্যগুলো খরচ হতে থাকে, যখন রাসায়নিক দ্রব্যগুলো শেষ হয়ে আর তখন ব্যাটারি সেল আর বিনৃৎ প্রবাহ করতে পারে না। আমরা সাধারণ যে ব্যাটারি সেলগুলো দেখি সেগুলোর বিভিন্ন পার্শ্বক্ষণ্য হচ্ছে ১.৫ ভোল্ট।

তোমাদের ক্ষেত্রে কিংবা বাসায় যে ইলেক্ট্রিসিটি সাপ্লাই আছে সেখানে তোমরা সবাই দেখেছ সেটি ব্যবহার করার জন্য সব সময় দুটো পয়েন্ট থাকে, তার একটাতে থাকে কম পটেনশিয়াল বা বিভিন্ন অন্যটাতে থেশি, এই পার্শ্বক্ষণ্যটা বাসায় রাখে জেনারেটর, থেটি ক্রমাগত পটেনশিয়াল পার্শ্বক্ষণ্য তৈরি করতে থাকে। একটা ব্যাটারি সেল বা একটা জেনারেটরে ক্রমাগত বিনৃৎ প্রবাহের জন্য ক্রমাগত চার্জকে কম পটেনশিয়াল বা বিভিন্ন থেকে থেশি পটেনশিয়াল বা বিভিন্ন থেজির কারে রাখতে হয় এবং এর জন্য শক্তির প্রয়োজন হয়। যদি কোনো ব্যাটারিতে Q চার্জকে কম পটেনশিয়াল থেকে থেশি পটেনশিয়াল আনতে W পরিমাণ কাজ করতে হয় তাহলে এই ব্যাটারি সেলের তড়িৎ চালক শক্তি বা ইএমএফ হচ্ছে;

$$EMF = \frac{W}{Q}$$

ব্যাটারি সেল বা জেনারেটর, যেগুলো বিনৃৎ শক্তি সরবরাহ করে তার তড়িৎ চালক শক্তি বা ইএমএফ থাকে। যখন কোনো ব্যাটারি সেল বা জেনারেটরকে কোনো সার্কিটে আগানো হয় তখন এই তড়িৎ চালক শক্তিই চার্জকে শুরো সার্কিটের ভেতর দিয়ে চুরিয়ে আনে। একটা ব্যাটারি যে পরিমাণ পটেনশিয়াল তৈরি করে সেটাই হচ্ছে তার তড়িৎ চালক শক্তি (Electromotive Force) বা ইএমএফ। ইংরেজিতে এটাকে বলা হচ্ছে কোর্স বা “বল” বাংলার বলছি “শক্তি”। কিন্তু ধৰূত পক্ষে “ইএমএফ” বা “তড়িৎ চালক শক্তি” বলও নয় আবার শক্তিও নয়। তোমাদের আগে বলা হয়েছে পদার্থবিজ্ঞানে “বল” “শক্তি” এই বিষয়গুলো খুবই সুনির্দিষ্ট, ইচ্ছেয়তো একটা শব্দের জায়গায় অন্য শব্দ ব্যবহার করা যাবে না। কিন্তু সুর্ণীগুরুমে এখানে সেটি করা হয়ে গেছে। তোমাদের বিভ্রান্ত হওয়ার কোনো কারণ নেই কারণ যেহেতু একটা ব্যাটারি সেল বা জেনারেটর যে পরিমাণ পটেনশিয়াল তৈরি করে সেটাই হচ্ছে তার ইএমএফ তাই আমরা সেখান থেকেই শুরু করব, পটেনশিয়াল কথাটি দিয়েই সব কাজ করে ফেলব, দেখবে কোনো সমস্যা হবে না।



চিত্র 11.02: একটা ব্যাটারি সেল দিয়ে পজেটিভ বা নেগেটিভ ভোল্টেজ দুটোই তৈরি করা সম্ভব।

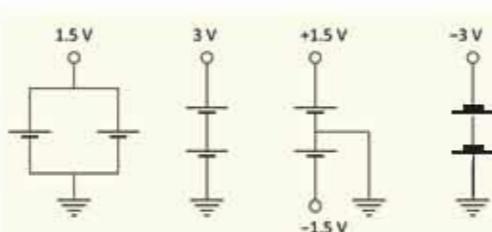
আমরা আগেই বলেছি পটেনশিয়ালের মানটি পুরুষপূর্ণ নয়, তার পর্যাক্যাটিকু পুরুষপূর্ণ। তাই দেখবে অনেক সময় একটা ব্যাটারি সেলের এক মাধ্যম পটেনশিয়ালের মান নিয়ে করে ফেলা সহজ, কিন্তু পার্থক্যটা সব সময়ই সমান থাকবে।



### উদাহরণ

**প্রশ্ন:** একটা ব্যাটারি সেলের পটেনশিয়ালের পার্থক্য  $1.5\text{ V}$  কিন্তু আসলে দুই প্রক্রিয়াল কত? নেগেটিভটা শূন্য এবং পজিটিভটা  $1.5\text{ V}$  নাকি নেগেটিভটা  $-1.5\text{ V}$  এবং পজিটিভটা শূন্য?

**উত্তর:** দুটোই সত্য হতে পারে। যদি  $11.02a$  চিত্রের মতো হয় তাহলে নেগেটিভটা শূন্য এবং পজিটিভটা  $1.5\text{ V}$ । যদি  $11.02b$  চিত্রের মতো হয় তাহলে পজিটিভটা শূন্য এবং নেগেটিভটা  $-1.5\text{ V}$ ।



**চিত্র 11.03:** দুটি ব্যাটারি সেল দিয়ে বিভিন্ন পজিটিভ বা নেগেটিভ ভোল্টেজ তৈরি করা।

**প্রশ্ন:** দুটি  $1.5\text{ V}$  ভোল্টের ব্যাটারি দিয়ে  $1.5\text{ V}$ ,  $3.0\text{ V}$ ,  $\pm 1.5\text{ V}$ ,  $-3.0\text{ V}$  তৈরি করো।

**উত্তর:**  $11.03$  চিত্রিতে করে দেখানো হয়েছে।

### 11.1.2 পরিবাহী, অগ্রিবাহী এবং অর্থপরিবাহী পদার্থ

**পরিবাহী পদার্থ:** আমরা যদি পদার্থের গঠনটা ভালো করে বুঝে থাকি তাহলে একটা বিষয় খুব ভালো করে জেনেছি। কঠিন পদার্থে তার অপ্রয়োগী শক্ত করে নিজের জায়গায় বসে থাকে। তাপমাত্রা বাড়লে তারা নিজের জায়গায় কাঁপাকাঁপি করতে পারে কিন্তু সেখান থেকে সরে অন্য জায়গায় চলে যাব না। তোমাদের রসায়ন বইয়ে তোমরা যখন খাতব বস্থন পড়েছ সেখানে দেখেছ, খাতব পরমাণুর কিছু ইলেক্ট্রন আয় মুক্ত অবস্থায় থাকে সেগুলো এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় যেতে পারে। সেজন্য আমরা সেগুলোকে বলি পরিবাহী পদার্থ। সোলা, বৃপ্তা, ভামা, আচুমিনিয়াম এগুলো সুপরিবাহী

পদার্থ। পরিবাহী পদার্থ দিয়ে চার্জকে স্থানান্তর করা যায়, তবে সব সময় মনে রাখতে হবে এই স্থানান্তর হয় ইলেকট্রন দিয়ে, বিদ্যুতের প্রবাহ হয় ইলেকট্রন দিয়ে, নেগেটিভ চার্জের ইলেকট্রন।

**অপরিবাহী পদার্থ:** যে পদার্থের ভেতর তড়িৎ বা বিদ্যুৎ পরিবহনের জন্য কোনো মুক্ত ইলেকট্রন নেই সেই পদার্থগুলো হচ্ছে বিদ্যুৎ অপরিবাহী বা অন্তরক পদার্থ। প্লাস্টিক, রাবার, কাঠ, কাচ এগুলো হচ্ছে অপরিবাহী পদার্থের উদাহরণ। মূলত অধাতুগুলো বিদ্যুৎ অপরিবাহী হয়।

**অর্ধপরিবাহী পদার্থ:** কিছু কিছু পদার্থের বিদ্যুৎ পরিবহন ক্ষমতা সাধারণ তাপমাত্রায় পরিবাহী এবং অপরিবাহী পদার্থের মাঝামাঝি, তবে তাপমাত্রা বাড়ালে পরিবহন ক্ষমতা বেড়ে যায়। এই ধরনের পদার্থকে অর্ধপরিবাহী বা সেমিকন্ডাক্টর বলে। সিলিকন বা জার্মেনিয়াম সেমিকন্ডাক্টরের উদাহরণ। এই বইয়ের শেষ অধ্যায়ে সেমিকন্ডাক্টর নিয়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে।

### 11.1.3 বিদ্যুৎ প্রবাহের দিক

আমরা দেখেছি দুটো ভিন্ন বিভবের বস্তুকে পরিবাহী দিয়ে সংযুক্ত করে দিলে আধানের প্রবাহ শুরু হয় এবং যতক্ষণ পর্যন্ত পটেনশিয়াল সমান না হচ্ছে ততক্ষণ পর্যন্ত আধানের প্রবাহ হয় এবং আমরা বলি তাদের মাঝে বিদ্যুৎ প্রবাহ হচ্ছে। তোমাদের কেউ কেউ নিশ্চয়ই এখন একটু ভাবনার মাঝে পড়েছ, কারণ আমরা যখন আধান বা চার্জের প্রবাহ দিয়ে দুটি ভিন্ন বিভবের মাঝে সমতা আনার কথা বলেছি তখন কিন্তু একবারও বলিনি এটা শুধু নেগেটিভ চার্জের জন্য সত্যি, কারণ শুধু নেগেটিভ চার্জের ইলেকট্রনই এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় যেতে পারে। পজিটিভ চার্জের বেলায় তাহলে কী হয়? পজিটিভ আয়ন তো খুবই শক্তভাবে নিজের জায়গায় আটকে থাকে, তাহলে কেমন করে পজিটিভ চার্জ এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় যায়?

তোমরা নিশ্চয়ই কী ঘটে সেটা অনুমান করে ফেলেছ, ইলেকট্রনের অভাব হচ্ছে পজিটিভ চার্জ। তাই ইলেকট্রনকে সরিয়ে অভাব আরো বাড়িয়ে দেওয়ার অর্থ হচ্ছে পজিটিভ চার্জ সরবরাহ করা। কাজেই 11.01 চিত্রে যদি বলা হয় বিদ্যুৎ প্রবাহের মাধ্যমে A থেকে B তে পজিটিভ চার্জ গিয়েছে তার প্রকৃত অর্থ হচ্ছে B থেকে A তে ইলেকট্রন গিয়েছে।

আধান বা চার্জের প্রবাহ হচ্ছে বিদ্যুৎ প্রবাহ বা তড়িৎ প্রবাহ। আমরা এতক্ষণ সাধারণভাবে এটা বোঝার চেষ্টা করেছি, এখন এটাকে আরো একটু নির্দিষ্ট করা যাক। বিদ্যুৎ বা তড়িৎ প্রবাহ বলতে আমরা সময়ের সাথে চার্জ প্রবাহের হারকে বোঝাই অর্থাৎ  $t$  সময়ে যদি  $Q$  চার্জ প্রবাহিত হয় তাহলে বিদ্যুৎ বা তড়িৎ প্রবাহ হচ্ছে:

$$I = \frac{Q}{t}$$

আধাৰ বা চার্জেৰ একক কূলৰ C এবং সমষ্টিৰ একক সেকেণ্ট t হলে বিদ্যুৎ প্ৰবাহেৰ একক হচ্ছে অ্যাঞ্চিলিয়াৰ A। যজোৱা ব্যাপ্তিৰ হচ্ছে, আমোৱা কিন্তু চার্জেৰ একক বেৱে কৱাৰ জন্য বলেছিলাম এক সেকেণ্টে এক অ্যাঞ্চিলিয়াৰ বিদ্যুৎ প্ৰবাহ কৱতে যে পৰিমাণ চার্জ প্ৰবাহিত হয় সেটাই হচ্ছে কূলৰ।

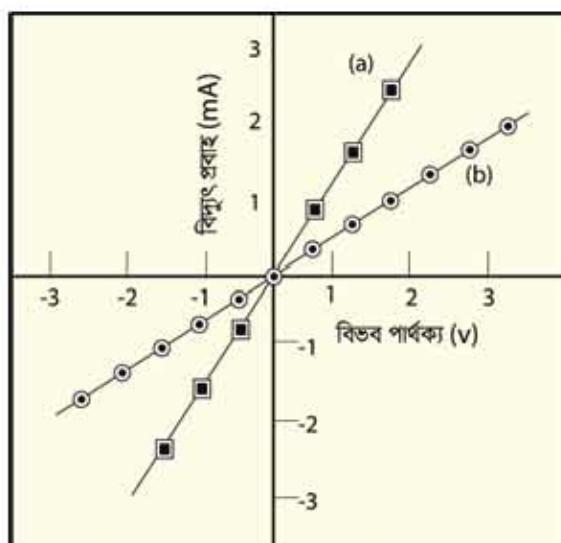
তড়িৎ বা বিদ্যুৎ প্ৰবাহ (কাৰেন্ট) হচ্ছে চার্জ প্ৰবাহেৰ হাৰ, A থেকে B তে যদি 1 অ্যাঞ্চিলিয়াৰ কাৰেন্ট প্ৰবাহিত হয় তাৰ অৰ্থ 1 কূলৰ পঞ্জিটিত চার্জ A থেকে B তে পিয়েছে। যাৰ ধৰ্মত অৰ্থ 1 কূলৰ চার্জেৰ সমপৰিমাণ ইলেক্ট্ৰন B থেকে A তে পিয়েছে। কাৰেই তোমোৱা দেখতে পাই, বিদ্যুৎ প্ৰবাহেৰ দিক হচ্ছে ইলেক্ট্ৰন প্ৰবাহেৰ দিকেৰ উপৰ্যুক্ত। (ইলেক্ট্ৰনেৰ চার্জকে পঞ্জিটিত থাবে নিষেই সব সমস্যা ঘটিয়ে যেত কিন্তু সেটাৰ জন্য এখন দেৱি হৈবে পেছে।)

## 11.2 বিভব পাৰ্থক্য এবং তড়িৎ প্ৰবাহেৰ মধ্যে সম্পর্ক (Relationship between Potential Difference and Electricity)

এবাবে আমোৱা সত্ত্বিকাৰেৰ বকলী বা সাৰ্কিটে সত্ত্বিকাৰেৰ বিদ্যুৎ প্ৰবাহ নিয়ে আলোচনা কৰো। আমোৱা অনেকবাৰ বলেছি যে দুটি বিদ্যুতে যদি পটেনশিয়াল বা বিভব পাৰ্থক্য ধাকে এবং আমোৱা যদি একটি পৰিবাৰ্হী তাৰ দিয়ে সেই দুটি বিদ্যুকে জুড়ে দিই তাহলে বিদ্যুৎ দুটিৰ ভেতৱে বিদ্যুৎ প্ৰবাহ হবে, কিন্তু কতটুকু বিদ্যুৎ প্ৰবাহ হবে সেটি নিয়ে এখনো কিন্তু বলা হৈনি। শুধু তাই নয় একটা সোনার পৰিবাৰ্হী তাৰ দিয়ে জুড়ে দিলে যেটুকু বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত হবে একটা সোনার তাৰ জুড়ে দিলেও কি সমান পৰিমাণ বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত হবে?

### 11.2.1 ও'মেৰ সূত্ৰ

পটেনশিয়াল বা বিভব পাৰ্থক্য এবং তড়িৎ প্ৰবাহেৰ যাৰে সম্পৰ্ক দেখাৰ জন্য আমোৱা একটা এক্সপ্ৰিমেন্ট কৱতে পাৰি। বিভব মাপাৱ জন্য যে বজ্জটি ব্যৱহাৰ কৱা হয় তাৰ নাম ডোল্টমিটাৰ, বিদ্যুৎ প্ৰবাহ বা কাৰেন্ট মাপাৱ জন্য যে বজ্জটি ব্যৱহাৰ কৱা হয় সেটাৰ নাম অ্যামিটাৰ। (আসলে একই যন্ত্ৰেৰ সুইচ ঘূৰিয়ে এটাকে কখনো ডোল্টমিটাৰ বা কখনো অ্যামিটাৰ হিসেবে ব্যৱহাৰ কৱা যায়) আমোৱা কঞ্চিকটা ব্যাটাৰি সেল নিতে পাৰি, একটা ব্যাটাৰি সেলেৰ জন্য বিভব 1.5 V হলে দুটি ব্যাটাৰি সেলেৰ জন্য  $2 \times 1.5 =$



চিত্ৰ 11.04: ৱেজিস্ট্যাল-এৱ কাৰপে বিভব পাৰ্থক্যেৰ সাপেক্ষে বিদ্যুৎ প্ৰবাহ।

৩ V, তিনটির জন্য  $3 \times 1.5 = 4.5 \text{ V}$  এভাবে ডিস্ক ভিত্তি বিভব পার্শ্বক্য প্রয়োগ করতে পারি। শুধু তাই নয়, আমরা ব্যাটারিগুলো উল্টে দিয়ে বিভব পার্শ্বক্যের দিকও পরিবর্তন করে দিতে পারি। কাজেই আমরা যদি একটা তার বা অন্য কোনো পরিবাহীর দুই পাশে একটা বিভিন্ন পজিটিভ এবং নেগেটিভ বিভব পার্শ্বক্য প্রয়োগ করে কতখানি বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়েছে সেটা মাপার চেষ্টা করি তাহলে দেখব

- (a) যত বেশি বিভব পার্শ্বক্য তত বেশি বিদ্যুৎ প্রবাহ
- (b) বিভব পার্শ্বক্য নেগেটিভ হলে বিদ্যুৎ প্রবাহও দিক পরিবর্তন করছে।

হাফে এক্সপ্রেসিওনে ফলাফল বসানো হলে সেটা 11.04 (a) চিত্রের মতো দেখাবে:

$$\text{অর্ধাং } I = V$$

আমরা যদি অন্য কোনো উপাদানের তৈরি একটা তার দিয়ে একই পরীক্ষাটি করি তাহলে একই ধরনের ফলাফল পাব। তবে সরলরেখার ঢালটা হয়তো অন্য রূপ হবে (চিত্র 11.04 (b))। এখন এই দুটি পরীক্ষার ফলাফল যদি বিপ্লবণ করি তাহলে বুঝতে পারব পথমে একটা নির্দিষ্ট বিভব পার্শ্বক্য যতটুকু বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়েছে বিভীত বস্তুর জন্য সেই একই বিভব পার্শ্বক্যে বিদ্যুৎ প্রবাহ হচ্ছে কম। পথমটিতে যেন বিদ্যুৎ প্রবাহ তুলনামূলকভাবে সহজ, বিভীতিটিতে যেন বিদ্যুৎ প্রবাহের বাধা একটু বেশি। বিষয়টা বাধ্য করার জন্য বিদ্যুৎ প্রবাহের বাধা (Resistance) বা সজ্য সজ্য রোধ নামের একটা রাশি তৈরি করা হচ্ছে। আমরা দেখতে পারি বিভব পার্শ্বক্য এবং বিদ্যুৎ প্রবাহের সম্পর্কটি একটা সূচ হিসেবে লেখা যায় যেটি ও'মের সূচ (Ohm's Law) হিসেবে পরিচিত।

$$I = \frac{V}{R}$$

অর্ধাং রোধ বেশি হলে বিদ্যুৎ প্রবাহ হবে কম। রোধ কম হলে বিদ্যুৎ প্রবাহ হবে বেশি।

এই রোধ বা Resistance এর একক হচ্ছে Ohm। এটাকে শ্রীক অক্ষর Ω (সিগ্মা) দিয়ে প্রকাশ করা হয়। কোনো বৈদ্যুতিক সার্কিটে 1 V বিভব পার্শ্বক্য দেওয়ার পর যদি দেখা যায় 1 A বিদ্যুৎ প্রবাহিত হচ্ছে তাহলে বুঝতে হবে সেই সার্কিটের রোধ ১Ω।



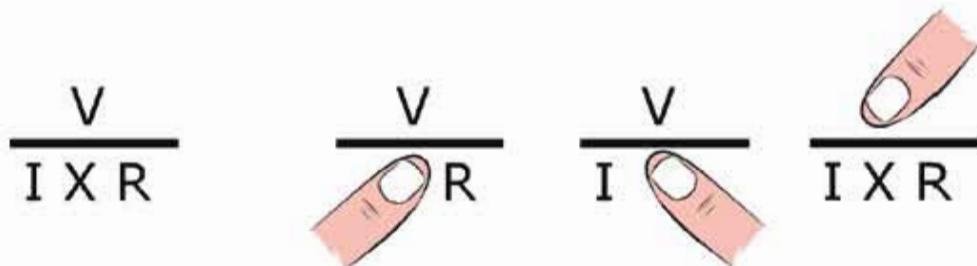
### উদাহরণ

প্রশ্ন: যত্না করার জন্য ও'মের সূচিটিকে অন্যভাবেও লিখতে পারো:

$$\frac{V}{I \times R}$$

একটু বড় করে লিখে আঙুল দিয়ে V, I কিংবা R এর মেখানো একটি ঢেকে দাও, যেটি ঢেকে দিয়েছ তার মানটি ঘোরুক ঢাকা পড়েনি সেখান থেকে পেয়ে যাবে।

**উক্তি:** 11.05 চিহ্নিতে বিষয়টি করে দেখানো হয়েছে।



**চিহ্ন 11.05:** শুধু এই চিহ্নটি দিয়ে ব্যবহার করা সত্ত্ব। আঙুল দিয়ে ঢাকা রাশিটির মান বাকি দুটি রাশি দিয়ে ধৰ্কাশ করা সত্ত্ব।

### 11.2.2 রোধ

রোধ হচ্ছে বিদ্যুৎ প্রবাহের বাধা, তাই কোনো গদার্থের দৈর্ঘ্য (L) যত বেশি হবে তার বাধা তত বেশি হবে অর্থাৎ রোধও বেশি হবে।

$$R \propto L$$

আবার সবুজ একটা পথ দিয়ে যত সহজে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হতে পারবে, চওড়া একটা পথ দিয়ে তার থেকে অনেক সহজে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হতে পারবে অর্থাৎ প্রস্থচ্ছেদ (A) যত বেশি হবে রোধ তত কম হবে।

$$R \propto \frac{1}{A}$$

এই দুটি বিষয়কে আমরা যদি একসাথে আনুপাতিক না লিখে সমীকরণ হিসেবে লিখতে চাই তাহলে একটা ধূর্বক  $\rho$  ব্যবহার করতে হবে। অর্থাৎ রোধ  $R$  হচ্ছে

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

মেখানে ধূর্বক  $\rho$  হচ্ছে,

$$\rho = R \frac{A}{L}$$

একটা নির্দিষ্ট পদার্থের জন্য  $\rho$  হচ্ছে আপেক্ষিক রোধ এবং তাই এর একক হচ্ছে  $\Omega \text{ m}$ .

কোনো পদার্থ কতটুকু বিস্তৃৎ পরিবাহী সেটা বোঝানোর জন্য পরিবাহকত বলে একটা রাশি  $\sigma$  তৈরি করা হয়েছে, যে পদার্থ যত বেশি বিস্তৃৎ পরিবাহী তার পরিবাহকত তত বেশি, যেটা আপেক্ষিক রোধ  $\rho$  (টেবিল 11.01) এর ঠিক বিপরীত।

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

পরিবাহকত  $\sigma$  এর একক হচ্ছে  $(\Omega \text{ m})^{-1}$

এখানে একটা বিষয় মনে রাখতে হবে কোনো পদার্থের রোধ হচ্ছে ইলেক্ট্রন প্রবাহের বাধা, অণু-পরমাণুগুলো যত বেশি কাঁপাকাঁপি করে একটা ইলেক্ট্রন তাদের ভেতর দিয়ে যেতে তত বেশি বাধাগ্রস্ত হয়, কিন্তু তার রোধ তত বেশি। তাপমাত্রা বাঢ়িয়ে সিলে যেহেতু অণু-পরমাণুগুলো বেশি কাঁপাকাঁপি করে তাই সব সময়ই তাপমাত্রা বাড়ালে পরিবাহী পদার্থের আপেক্ষিক রোধ বেড়ে যায়। সেজন্য যখন কোনো পদার্থের রোধ বা আপেক্ষিক রোধ প্রকাশ করতে হয় তখন তার জন্য তাপমাত্রাটা নির্দিষ্ট করে বলে দিতে হয়।

**স্থির মানের রোধ:** বিভিন্ন বস্তুনী বা সার্কিটে ব্যবহার করার জন্য নির্দিষ্ট মানের রোধ বা রেজিস্ট্র ব্যবহার করা হয়। এগুলো নাম আকারের এবং নামা ধরনের হতে পারে। স্যাবরেটেরিতে ব্যবহার করার জন্য যে রোধ ব্যবহার করা হয় সাধারণত তার উপরে বিভিন্ন রক্তের ব্যাকের মাধ্যমে তার মান প্রকাশ করা হয়। একটি রোধের মান ছাড়াও সেটি কত বৈদ্যুতিক ক্ষমতা সহ্য করতে পারবে সেটিও নির্দিষ্ট করে দেওয়া থাকে।



চিত্র 11.06: (a) স্থির এবং (b) পরিবর্তী রোধ

**পরিবর্তী রোধ:** যাবো যাবেই কোনো ইলেক্ট্রিক সার্কিটে একটি রোধের প্রয়োজন হয়, যেটির মান প্রয়োজনমতো পরিবর্তন করা যেতে পারে। যে ধরনের রোধের মান একটি নির্দিষ্ট সীমার জৰুরে পরিবর্তন করা যাব সেটিকে পরিবর্তী রোধ বা রিসিস্টেট বলে। স্থির রোধের দুটি প্রাক্ত থাকে, পরিবর্তী রোধ দুই প্রাক্ত ছাড়াও মাঝখানে আরেকটি প্রাক্ত থাকে, যেখানে পরিবর্তন করা রোধের মানটুকু পাঞ্চালা মায়। 11.06 চিত্ৰে স্থির এবং পরিবর্তী রোধের হৰি দেখানো হয়েছে।



### উদাহৰণ

**ধৰণ:** বৃগা, তামা, টাইস্টেন ও নাইক্রোম তারের রোধকষ  $\rho$  যথাক্ষমে  $1.6 \times 10^{-8}$ ,  $1.7 \times 10^{-8}$ ,  $5.5 \times 10^{-8}$ ,  $100 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$  এইগুলো ব্যবহাৰ কৰে 1  $\Omega$  রোধ তৈৰি কৰো।

**উত্তৰ:** আমৰা জানি, রোধ

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

যেখানে  $L$  দৈৰ্ঘ্য এবং  $A$  প্রযোৗজন।

কাজেই  $A = 1 \text{ m}^2$  ধৰে নিলে

$$L = \frac{RA}{\rho} = \frac{1 \times 1}{\rho} = \frac{1}{\rho}$$

বৃগাৰ জন্য:

$$L = \frac{1}{1.6 \times 10^{-8}} = 6.25 \times 10^7 \text{ m}$$

তামাৰ জন্য:

$$L = \frac{1}{1.7 \times 10^{-8}} = 5.9 \times 10^7 \text{ m}$$

টাইস্টেনেৰ জন্য:

$$L = \frac{1}{5.5 \times 10^{-8}} = 1.8 \times 10^7 \text{ m}$$

নাইক্রোমেৰ জন্য:

$$L = \frac{1}{100 \times 10^{-8}} = 10^6 \text{ m}$$

দেখতেই পাইছ 1  $\Omega$  রোধ তৈৰি কৰাৰ জন্য অনেক দীৰ্ঘ (প্রায় শক কিলোমিটাৰ) পদাৰ্থ নিতে হয়।

বাস্তৰে কখলোই  $A = 1 \text{ m}^2$  হৰ না দেনকিন ব্যাবহাৰেৰ জন্য অনেক সবু তাৰ ব্যবহাৰ কৰা হয়।

যদি 0.1 mm ব্যাসাৰ্দেৰ প্ৰযোজন নিৰ্দিষ্ট কৰে দিই তাহলে 1  $\Omega$  রোধ তৈৰি কৰতে কত দীৰ্ঘ তারেৰ প্রয়োজন?

আমরা জানি

$$L = \frac{RA}{\rho}$$

$$A = \pi r^2 = \pi(10^{-4})^2 m^2 = 3.14 \times 10^{-8} m^2$$

রূপার জন্য:

$$L = \frac{3.14 \times 10^{-8}}{1.6 \times 10^{-8}} = 1.96 \text{ m}$$

তামার জন্য:

$$L = \frac{3.14 \times 10^{-8}}{1.7 \times 10^{-8}} = 1.84 \text{ m}$$

টাংস্টেনের জন্য:

$$L = \frac{3.14 \times 10^{-8}}{5.5 \times 10^{-8}} = 0.57 \text{ m} = 57 \text{ cm}$$

নাইক্রোমের জন্য:

$$L = \frac{3.14 \times 10^{-8}}{100 \times 10^{-8}} = 0.03 \text{ m} = 3 \text{ cm}$$

পরিবাহীতে তাপমাত্রা বাড়ালে রোধ বেড়ে যায় কিন্তু সেমিকন্ডাক্টরের বেলায় ঠিক তার উল্টো ব্যাপারটা ঘটে। সেমিকন্ডাক্টরে তাপমাত্রা বাড়ালে রোধ কমে যায়। তার কারণ কন্ডাক্টরে যেমন বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য মুক্ত ইলেকট্রন রয়েছে সেমিকন্ডাক্টরে তা নেই। সেখানে তাপমাত্রা বাড়ালেই শুধু কিছু ইলেকট্রন বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য পাওয়া যায়। তাই সেখানে তাপমাত্রা বাড়ালে রোধ কমে যায়।

### 11.2.3 বর্তনী বা সার্কিট

আমরা যদি ও'মের সূত্র বুঝে থাকি তাহলে আমরা এখন সার্কিট বিশ্লেষণ করতে পারি। সেটা করার আগে সার্কিটে ব্যবহার করা হয় এ রকম কয়েকটি প্রতীকের সাথে আগে পরিচিত হয়ে নিঃ: (চিত্র 11.07)

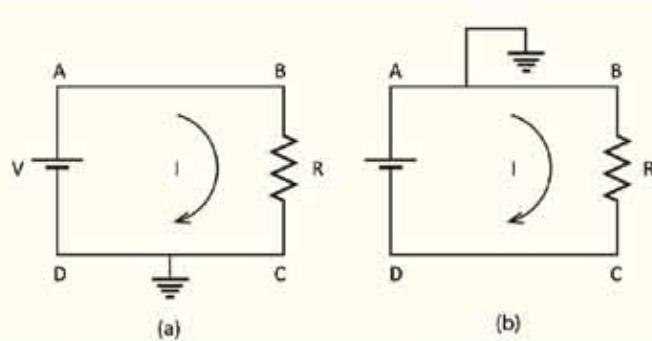
সব পদার্থেরই কিছু না কিছু রোধ আছে কিন্তু আমাদের দৈনন্দিন জীবনে সার্কিটে ব্যবহারের সময় বৈদ্যুতিক তারের রোধকে আমরা ধর্তব্যের মাঝে নিই না। যখন রোধ প্রয়োজন হয় তখন আমরা বিশেষভাবে তৈরি বিভিন্ন মানের রোধ ব্যবহার করি। কখনো কখনো বিশেষ প্রয়োজনে এমন রোধ ব্যবহার করা হয় যেখানে তার মানটি পরিবর্তনও করা যায়, এগুলোকে পরিবর্তনশীল রোধ বলে।

কোনো সার্কিট বিশ্লেষণ করতে হলে নিচের কয়েকটা সোজা বিষয় মনে রাখাই ব্যবহৃত:



চিত্র 11.07: সার্কিট বা বকলীতে ব্যবহৃত হয় এ রকম কিছু প্রতীক।

- বিদ্যুতের উৎসের (ব্যাটারি সেল, জেলারেটর ঘাই হেক) উচ্চ পটেনশিয়াল থেকে যে পরিমাণ বিদ্যুৎ বের হয় পুরো সার্কিটের ক্ষেত্রে দিয়ে প্রবাহিত হয়ে ঠিক সেই পরিমাণ বিদ্যুৎ কম পটেনশিয়ালে কিন্তে আসে।
- সার্কিটের যেকোনো জায়গার যেকোনো বিদ্যুতে যে পরিমাণ বিদ্যুৎ তোকে ঠিক সেই পরিমাণ বিদ্যুৎ বের হয়ে যায়, সার্কিটের ক্ষেত্রে বিদ্যুতের কোনো সূচি বা ক্ষেত্র নেই।
- সার্কিটের ক্ষেত্রে যেকোনো অংশের দুই বিন্দুতে উহয়ের সূত্র সব সময় সঠিং হবে, অর্থাৎ সেই দুই অংশের যে পরিমাণ বিভব পার্শ্বক্য রয়েছে তাকে সেই অংশের রোধ দিয়ে ভাল দিলেই তার ক্ষেত্রে দিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুৎ বের হয়ে যাবে।



চিত্র 11.08: একটি ব্যাটারি সেল এবং একটি রোধ বা রেজিস্টর সংযুক্ত সূচি বকলী বা সার্কিট।

আমরা এখন যেকোনো বর্তনী বা সার্কিট বিশ্লেষণ করতে প্রস্তুত। একটা সার্কিটের যেকোনো অংশ দিয়ে কতটুকু বিদ্যুৎ প্রবাহিত হচ্ছে এবং যেকোনো অংশের বিভব কত সেটা জানলেই আমরা ধরে নেব সার্কিটটা আমরা পুরোপুরি বুঝে গেছি। একটা সার্কিটে ব্যাটারি সেল, রোধ, ক্যাপাসিটর, ডায়োড, ট্রানজিস্টর অনেক কিছু থাকতে পারে। তবে আমরা আগাতত শুধু ব্যাটারি সেল আর রোধ দিয়ে তৈরি সার্কিট বিশ্লেষণ করব। সার্কিটে বিভিন্ন রোধ তামার তার দিয়ে সংযুক্ত করা হয়, যদিও আমরা দেখেছি তামারও একটি আগেক্ষিক রোধ আছে। কিন্তু বাস্তব জীবনে সার্কিটে যে রোধ ব্যবহার করা হয় তাদের তুলনায় এটি এত কম যে আমরা এটাকে ধর্তব্যের মাঝেই আনব না। ধরে নেব তারের রোধ নেই। কাজেই একটা তারের সব জায়গায় বিভব সমান।

এবারে 11.08a চিত্রে দেখানো একটা বর্তনী বিশ্লেষণ করা যাক, এখানে একটা রোধকে দুটো তার দিয়ে একটা ব্যাটারি সেলের দুই মাথায় লাগানো হয়েছে। যেহেতু CD অংশটুকু ভূমিসংলগ্ন করা হয়েছে তাই আমরা বলতে পারব ব্যাটারি সেলের নিচের প্রান্তটির বিভব হচ্ছে শূন্য। তাই ব্যাটারির উপরের প্রান্তের বিভব V এবং BC অংশে একটা রোধ, রোধের দুই পাশে বিভব পার্থক্য হচ্ছে

$$V - 0 = V$$

কাজেই রোধ যদি R হয় তাহলে এর ভেতর দিয়ে যে বিদ্যুৎ I প্রবাহিত হচ্ছে তার মান

$$I = \frac{V}{R}$$

কাজেই ব্যাটারির A থেকে I বিদ্যুৎ বের হয়ে B বিন্দুতে চুকে যাচ্ছে। আমরা এই সার্কিটের প্রত্যেকটা বিন্দুতে বিভব আর বিদ্যুৎ বের করে ফেলেছি।

ধরা যাক হুবহু একই সার্কিটে আমরা যদি DC অংশ ভূমিসংলগ্ন না করে AB অংশ ভূমিসংলগ্ন করি (চিত্র 11.08b) তাহলে কী হবে? ব্যাটারি সেলটা যেহেতু V ভোল্টের তাই A এবং D এর পার্থক্য V থাকতেই হবে, যেহেতু A এর বিভব শূন্য তাই D এর বিভব নিচয়ই -V. কাজেই B এবং C এর বিভব পার্থক্য

$$0 - (-V) = V$$

ভেতরকার রোধ R, কাজেই বিদ্যুৎ প্রবাহ:

$$I = \frac{V}{R}$$

অর্থাৎ ঠিক আগের মান, যেটাই হওয়ার কথা। লক্ষ করো পটেনশিয়ালের মান পরিবর্তন হয়েছে কিন্তু পার্থক্য পরিবর্তন হয়নি।



## উদাহরণ

প্রশ্ন: 11.09a সার্কিটে A, B, C ও D বিন্দুতে ভোল্টেজ কত?

উত্তর: C ও D বিন্দুতে ভোল্টেজ 0, A বিন্দুতে ভোল্টেজ 3 V

B বিন্দুতে ভোল্টেজ বের করার অন্য বঙ্গনী বা সার্কিটের কার্যক্রম I বের করতে হবে।

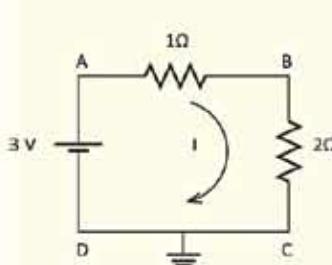
$$I = \frac{V}{R} = \frac{3}{1+2} A = 1.0 A$$

কাজেই A থেকে B বিন্দুতে যেটুকু ভোল্টেজ কম তার পরিমাণ

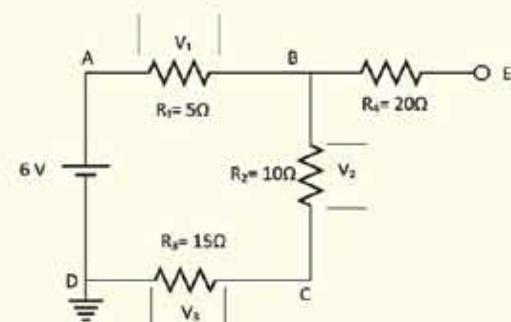
$$V = RI = 1 \Omega \times 1 A = 1 V$$

কাজেই B বিন্দুর ভোল্টেজ  $3V - 1V = 2V$

যেহেতু প্রজেকটো বিন্দুর ভোল্টেজ (পটেনশিয়াল) বের হয়ে গেছে, যাচাই করে দেখো সব কেজে ও'য়ের সূত্র কাজ করছে কি না।



(a)



(b)

চির 11.09: যাটারি এবং একাধিক রেজিস্টর বা বোধ দিয়ে তৈরি দুটি সার্কিট।

প্রশ্ন: 11.09b চিত্রিত সার্কিটে A, B, C, D এবং E বিন্দুতে ভোল্টেজ কত?

উত্তর: D বিন্দুতে ভোল্টেজ 0 এবং A বিন্দুতে ভোল্টেজ 6 V। E বিন্দুতে ভোল্টেজ কত হতে পারে তা কেমন করে বের করা যেতে পারে সেটা নিয়ে অনেককেই নালা রকম দুষ্ক্ষিণ করতে দেখা যাব।

আসলে ব্যাপারটা খুবই সহজ। রেজিস্টরের বা রোধের ত্বেতর দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হচ্ছেই ভোল্টেজের পরিবর্তন হয়। সার্কিটের এই অংশে কোনো কারেন্ট প্রবাহের সুযোগ নেই। B দিয়ে রুভনা দিয়ে E বিন্দুতে পৌছে অন্য কোথাও যেতে পারবে না। কাজেই B এবং E বিন্দুতে (কিন্তু এর ত্বেতরে যেকোনো বিন্দুতে) ভোল্টেজের কোনো পরিবর্তন নেই, B বিন্দুতে যে ভোল্টেজ E বিন্দুতে একই ভোল্টেজ।

B এবং C বিন্দুর ভোল্টেজ দের করার জন্য কারেন্ট দের করতে হবে। কারেন্ট I হলে

$$I = \frac{V}{R} = \frac{6 \text{ V}}{5 \Omega + 10 \Omega + 15 \Omega} = \frac{1}{5} \text{ A}$$

কাজেই A থেকে B তে ভোল্টেজের পার্শ্বক্ষ :

$$V_1 = R_1 I = 5 \Omega \times \frac{1}{5} \text{ A} = 1 \text{ V}$$

কাজেই A বিন্দুতে ভোল্টেজ 6 V হলে B বিন্দুতে ভোল্টেজ 1 V কম অর্থাৎ

$$6 \text{ V} - V_1 = 6 \text{ V} - 1 \text{ V} = 5 \text{ V}$$

B বিন্দুতে থেছে ভোল্টেজ 5 V, E বিন্দুতেও ভোল্টেজ 5 V। ঠিক একইভাবে

$$V_2 = R_2 I = 10 \Omega \times \frac{1}{5} \text{ A} = 2 \text{ V}$$

কাজেই C বিন্দুর ভোল্টেজ B বিন্দুর ভোল্টেজ থেকে 2 V কম।

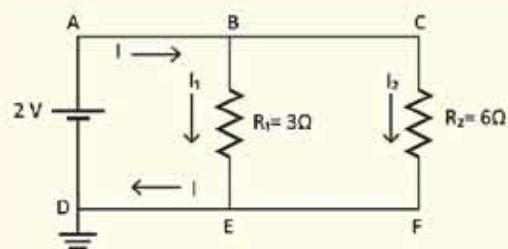
$$\text{অর্থাৎ } C \text{ বিন্দুর ভোল্টেজ } 5 \text{ V} - 2 \text{ V} = 3 \text{ V}.$$

D বিন্দুর ভোল্টেজ 0 সেটা আমরা প্রথমেই বলে দিয়েছি, আসলেই সেটা সত্যি কি না পরীক্ষা করে দেখতে পারি। D বিন্দুর ভোল্টেজ C বিন্দুর ভোল্টেজ থেকে  $V_3$  কম।  $V_3$  হচ্ছে

$$V_3 = R_3 I = 15 \Omega \times \frac{1}{5} \text{ A} = 3 \text{ V}$$

কাজেই D বিন্দুর ভোল্টেজ

$3 \text{ V} - 3 \text{ V} = 0$ , ঠিক যে রুক্ষ তেবেহিলাম।



উত্তর: 11.10 চিত্রটিতে দেখানো সার্কিটে  $I_1$

এবং  $I_2$  এর মান কত?

উত্তর: A, B এবং C বিন্দুতে ভোল্টেজ 2 V

D, E এবং F বিন্দুতে ভোল্টেজ 0 ভোল্ট। কাজেই BE রেজিস্টরের ত্বেতর দিয়ে কারেন্ট

চিত্র 11.10: সমান্তরালভাবে ঝোখা দুটি রোধ বা রেজিস্টরের একটি সার্কিট।

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{2}{3} \text{ A}$$

CF রেজিস্টরের ভেতর দিয়ে কার্যক্রম

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{2}{6} \text{ A} = \frac{1}{3} \text{ A}$$

মোট কার্যক্রম

$$I = I_1 + I_2 = \frac{2}{3} \text{ A} + \frac{1}{3} \text{ A} = 1 \text{ A}$$

#### 11.2.4 তুল্য রোধ: প্রেসি বকলী

এবাবে কোনো বকলীতে একাধিক রোধ থাকলে সেগুলোকে কৌভাবে একটি তুল্য রোধ হিসেবে বিবেচনা করা যায় আমরা সেই বিবরণটি দেখে নেই। 11.11 চিত্রের সার্কিটে দুটো রোধ লাগানো আছে, যেহেতু C তুল্মসংলগ্ন তাই তার বিভব শূন্য এবং A এর বিভব V। আমরা B এর বিভব কত জানি না, কিন্তু এটাকু জানি যে R<sub>1</sub> এবং R<sub>2</sub> দুটোর ভেতর দিয়েই সমান পরিমাণ বিদ্যুৎ I প্রবাহিত হচ্ছে। আমরা এমনিতেই বলে দিতে পারি যে দুটো রোধের যোগফলটি হবে মোট রোধ R এবং বিদ্যুৎ প্রবাহ হবে  $I = V/R$  কিন্তু সেভাবে না লিখে আমরা বরং এটা প্রমাণ করে ফেলি।

যদি ধরে নিই B এর বিভব  $V_B$  তাহলে প্রথম রোধ R<sub>1</sub> এর জন্য লিখতে পারি :

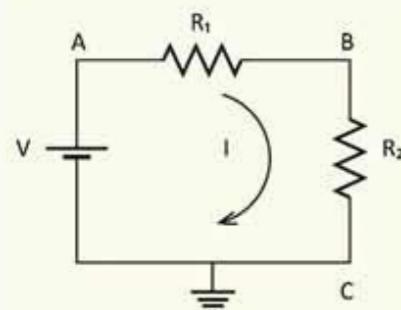
$$I = \frac{V - V_B}{R_1}$$

আবার দ্বিতীয় রোধ R<sub>2</sub> এর জন্য লিখতে পারি

$$I = \frac{V_B - 0}{R_2} = \frac{V_B}{R_2}$$

কাজেই

$$I = \frac{V - V_B}{R_1} = \frac{V_B}{R_2}$$



চিত্র 11.11: একটি বকলী বা সার্কিটে দুটি রোধ প্রবাহ লাগানো।

$$(V - V_B)R_2 = V_B R_1$$

$$V_B(R_1 + R_2) = VR_2$$

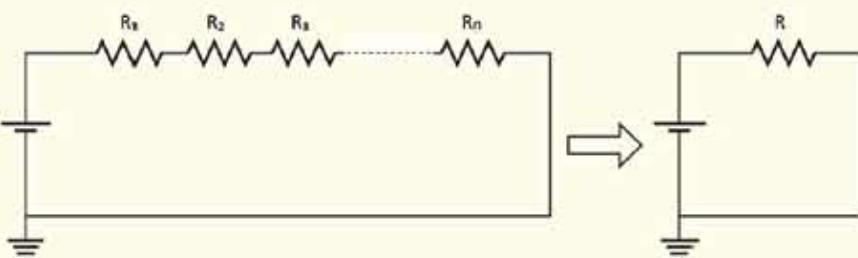
$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V$$

কাজেই

$$I = \frac{V_B}{R_2} = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

আমরা  $R_1$  এবং  $R_2$  এই দুটি ৱোধকে একটি ৱোধ  $R = R_1 + R_2$  হিসেবে কল্পনা করতে পারি:

$$I = \frac{V}{R}$$



চিত্র 11.12: অনেকগুলো পৰ্যায়ক্রম ৱোধ বা ৱেজিস্টরকে একটি ফুল্য ৱোধ বা ৱেজিস্টর হিসেবে কল্পনা কৰা যায়।

যদি এখানে দুটি না হয়ে তিন-চারটি বা আরো বেশি ৱোধ থাকত (চিত্র 11.12) তাহলেও আমরা দেখাতে পারতাম যে সেগুলোকে সমিলিতভাবে একটি ৱোধ  $R$  কল্পনা করতে পারি যেটি সেগুলো ৱোধের যোগফলের সমান। এটাকে ফুল্য ৱোধ বলে। অর্থাৎ যখন কোনো সার্কিটে  $R_1, R_2, R_3, \dots$  এ ইন্দুষ্য অনেকগুলো ৱোধ পৰম্পর থাকে (গ্রেডি বতনী) তখন তাদের ফুল্য ৱোধ

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \dots R_n$$

### 11.2.5 ফুল্য ৱোধ: সমান্তরাল বতনী

এবাবে আমরা ৱোধগুলো পৰম্পর না রেখে সমান্তরালভাৱে ৱাখব (চিত্র 11.13)। এই সার্কিটে আমরা বিভিন্ন বিন্দুকে A, B, C, D, E এবং F নাম দিয়েছি। চিত্রটি দেখেই বোৰা যাছে D, E এবং F বিন্দু স্থানিক হওয়াৰ এই বিন্দুগুলোৰ বিভিন্ন শূল। কাজেই A, B এবং C বিন্দুতে বিভিন্ন V.

ব্যাটারি সেল থেকে I কার্রেন্ট বের হয়েছে। এই বিদ্যুৎ B বিন্দুতে দুই ভালে ভাল হয়ে R<sub>1</sub> এবং R<sub>2</sub> গ্রান্থের তেজের দিয়ে যথাক্রমে I<sub>1</sub> এবং I<sub>2</sub> হিসেবে প্রবাহিত হয়ে E বিন্দুতে একত্র হয়ে I হিসেবে ব্যাটারি সেলে ফিরে যাচ্ছে। আমরা আগেই বলেছি সার্কিটে ব্যাটারি থেকে বিদ্যুৎ বের হয়, সার্কিটে ঘূরে আবার ব্যাটারি সেলে ফিরে যায়। পুরো সার্কিটে এর বাইরে কোনো বিদ্যুতের অস্ত হতে পারে না, আবার ক্ষয়ও হতে পারে না। তাই

$$I = I_1 + I_2$$

এবাবে আমরা I<sub>1</sub> এবং I<sub>2</sub> কত হবে বের করতে পারি

$$I_1 = \frac{V_B - V_E}{R_1} = \frac{V - 0}{R_1} = \frac{V}{R_1}$$

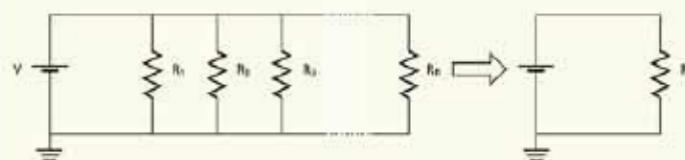
$$I_2 = \frac{V_C - V_D}{R_2} = \frac{V - 0}{R_2} = \frac{V}{R_2}$$

কাজেই

$$I = I_1 + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

অর্থাৎ এবাবেও আমরা একটা তুল্য গ্রান্থ R সংজ্ঞায়িত করতে পারি যেখানে

$$I = \frac{V}{R} \text{ এবং } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



চিত্র 11.14: অনেকগুলো সমান্তরাল গ্রান্থ বা রেজিস্টরকে একটি তুল্য গ্রান্থ বা রেজিস্টর হিসেবে কম্পনা করা যায়।

এখানে যদি দুটো না হয়ে আরো বেশি রোধ থাকে (চিত্র 11.14) তাহলেও আমরা দেখতে পারি: তুল্য  
রোধ  $R$  হচ্ছে

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \frac{1}{R_n}$$

### 11.3 তড়িৎ ক্ষমতা (Electric Power)

আমরা যখন বিভব বা পটেনশিয়াল আলোচনা করছিলাম তখন দেখেছি পটেনশিয়াল প্রয়োগ করে  
চার্জকে সরানো হলে কাজ করা হয় বা শক্তি ক্ষয় হয়। তাই যদি একটা সার্কিটে  $V$  বিভব প্রয়োগ  
করে  $Q$  চার্জকে সরানো হয় তাহলে কাজের পরিমাণ বা শক্তি প্রয়োগের পরিমাণ

$$W = VQ \text{ Joule}$$

ক্ষমতা  $P$  হচ্ছে প্রতি সেকেন্ডে কাজ করার ক্ষমতা, কাজেই যদি  $t$  সময়ে  $Q$  চার্জ সরানো হয়ে থাকে  
তাহলে

$$P = \frac{W}{t} = \frac{VQ}{t} = VI \text{ Watt}$$

যদি একটা রোধ  $R$  এর ওপর এটা ব্যবহার করি তাহলে ও'মের সূত্র ব্যবহার করে লিখতে পারি  
যেহেতু

$$V = RI$$

$$P = I^2 R$$

কিংবা

$$I = \frac{V}{R}$$

কাজেই

$$P = \left(\frac{V}{R}\right)^2 R = \frac{V^2}{R}$$

একটি রোধের ভেতর যদি  $t$  সময় বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা হয় তাহলে তার ভেতর  $Pt$  শক্তি দেওয়া হয়।  
এই শক্তিটি কোথায় যায়? তোমরা যখন সার্কিটে একটি রোধ ব্যবহার করবে তখন দেখবে তার ভেতর  
দিয়ে যথেষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহ করলে সব সময়ই সেটা উত্তপ্ত হয়ে ওঠে অর্থাৎ শক্তিটুকু তাপশক্তি হিসেবে  
বের হয়ে আসে।

ফিলামেন্ট দেওয়া বাল্বগুলোর প্রচলন ধীরে ধীরে কমে আসছে, কারণ এটা দিয়ে আলো তৈরি করার  
জন্য ফিলামেন্টকে উত্তপ্ত করতে হয়, বিদ্যুৎ শক্তির বড় অংশ তাপ হিসেবে খরচ হয়ে যায় বলে

এখানে শক্তির অপচয় হয়। এই ধরনের বাল্বগুলো হাত দিয়ে সর্প করলেই দেখা যাব এখানে কী পরিমাণ তাপশক্তি তৈরি হয় এবং এই তাপশক্তি তৈরি হয় প্রতি সেকেন্ডে  $I^2R$  কিংবা  $\frac{V^2}{R}$  হিসেবে।

বৈদ্যুতিক শক্তি পুরু যে একটি রোধে তাপশক্তি হিসেবে ধরচ হব তা নয়, সেটি ক্ষান, ছিঙ, টেলিভিশন, কলিউটার, চার্জার ইত্যাদি নানা ধরনের যন্ত্রপাতিতে নানা ধরনের কাজ করার সময় শক্তি সরবরাহ করে থাকে। কোনো একটি বৈদ্যুতিক ঘজ্জে প্রতি সেকেন্ডে কী পরিমাণ বৈদ্যুতিক শক্তি ধরচ হচ্ছে সেটি খুব সহজেই  $V$  থেকে বের করতে পারব। প্রত্যেক বাসায় বিদ্যুৎ যিটার থাকে, সেটি কত পটেনশিয়ালে ( $V$ ) কত বিদ্যুৎ প্রবাহ ( $I$ ) করছে সেটি মাপতে থাকে, সেখান থেকে একটি বাসায় প্রতি সেকেন্ডে কী পরিমাণ বৈদ্যুতিক শক্তি ( $P = VI$ ) সরবরাহ করছে সেটি জানতে পারে। এর সাথে মোট সময় গুণ করে ব্যবহৃত মোট বৈদ্যুতিক শক্তি বের করা হয়। বৈদ্যুতিক শক্তি ব্যবের প্রচলিত একক হচ্ছে কিলোওয়াট-হার্টা ( $kW\cdot h$ )। এই একককে বোর্জ অব ট্রাইড (BOT) ইউনিট বা সংক্ষেপে ইউনিট বলে। আমরা যে বিদ্যুৎ বিল পরিশোধ করি তা এই এককেই হিসাব করা হয়।



### উদাহরণ

প্রশ্ন: 100 W একটা বাবে কিলোয়েন্টের রোধ কত?

উত্তর: 220 V এর বাবে 100 W লেখা, যেহেতু

$$P = \frac{V^2}{R}$$

কাজেই

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220)^2}{100} \Omega = 484 \Omega$$

এখানে কী পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হচ্ছে?

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220}{484} = 0.45 \text{ A}$$

অন্যভাবেও এটি বের করা সম্ভব:  $P = VI$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{100}{220} = 0.45 \text{ A}$$

প্রশ্ন: 60 ওয়াটের একটি বাব্ব প্রতিমিন 5 ঘণ্টা করে 30 দিন জ্বালালে কত জড়িৎ শক্তি ব্যয় হবে?

২০  
যদি এটি ইউনিটের মূল্য 10 টাকা হয় তা হলে এই পরিমাণ বিদ্যুতের জন্য মোট ব্যয় কত?

**উত্তর:** আমরা জানি, ব্যয়িত শক্তি =  $(P \times t) / 1000$  কিলোওয়াট-সংগ্রহ বা ইউনিট

$$P = 60 \text{ W} \text{ এবং } t = 5 \times 30 \text{ hour}$$

$$\text{ব্যয়িত শক্তি} = 60 \times (5 \times 30) / 1000 \text{ ইউনিট} = 9 \text{ ইউনিট}$$

প্রতি ইউনিটের মূল্য 10 টাকা হিসেবে মোট তড়িৎ ব্যয় =  $9 \times 10$  টাকা = 90 টাকা

## 11.4 বিদ্যুৎ পরিবহন (Electrical Supply)

যখন দেশের এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় বিদ্যুৎ পরিবহন করতে হয় তখন সেটি অনেক উচ্চ ভোল্টেজে নিয়ে যাওয়া হয়। বৈদ্যুতিক তারে বিদ্যুতের অপচয় কমানোর জন্য এটি করা হয়। তোমরা জানো তাপ হিসেবে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ শক্তি ক্ষয় হয় সেটি হচ্ছে  $I^2R$  কাজেই যদি বৈদ্যুতিক তারে কোনো রোধ  $R$  না থাকত তাহলে তাপ হিসেবে কোনো শক্তির অপচয় হতো না। কিন্তু সেটি বাস্তবসম্মত নয়, সব কিছুরই কিছু না কিছু রোধ থাকে। তাই কারেন্ট বা বিদ্যুৎ প্রবাহ  $I$  কমাতে পারলে তাপ হিসেবে শক্তি ক্ষয়  $I^2R$  এর মান কমানো সম্ভব। প্রতি সেকেন্ডে বৈদ্যুতিক শক্তি যেহেতু  $VI$  হিসেবে যায় তাই যদি পটেনশিয়াল দশ গুণ বাড়িয়ে দেওয়া হয় তাহলে দশ গুণ কম কারেন্টে সমান শক্তি প্রেরণ করা সম্ভব। দশ গুণ কম কারেন্ট প্রবাহিত হলে 100 গুণ কম তাপশক্তির অপচয় হবে। কারণ তারের রোধ  $R$  এর মান দুইবারই সমান।

এখানে তোমাদের মনে হতে পারে তাপশক্তির অপচয়  $\frac{V^2}{R}$  হিসেবেও লেখা যায় তাই দশ গুণ বেশি ভোল্টেজ নেওয়া হলে 100 গুণ বেশি তাপশক্তির অপচয় কেন হবে না? মনে রাখতে হবে আমরা যখন প্রতি সেকেন্ডে তাপশক্তির অপচয় হিসেবে  $\frac{V^2}{R}$  বের করেছিলাম তখন  $V$  ছিল রোধের দুই পাশের বিভব পার্থক্য। এখানে আমরা যখন  $V$  বলছি সেটি বৈদ্যুতিক তারের দুই পাশের বিভব পার্থক্য নয়। এটি বৈদ্যুতিক তারের বিভবের মান। বৈদ্যুতিক তারের দুই পাশে বিভব প্রায় একই সমান। সেই পার্থক্য ধর্তব্যের মধ্যে নয়।

### 11.4.1 তড়িতের সিস্টেম লস

আমরা জানি দেশের বিভিন্ন স্থানে অবস্থিত পাওয়ার প্লান্টগুলোতে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করে। এই বিদ্যুৎকে প্রয়োজন অনুসারে বিভিন্ন এলাকায় পাঠাতে হয়। বিদ্যুৎ বিতরণ করার জন্য প্রথমে বিভিন্ন এলাকার সাবস্টেশনে পাঠানো হয়। সাবস্টেশন থেকে বিদ্যুৎ বিতরণ ব্যবস্থা ব্যবহার করে বিদ্যুৎ শক্তিকে একেবারে গ্রাহক পর্যায়ে নিয়ে যাওয়া হয়।

বিদ্যুৎ শক্তিকে এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় বিতরণ করার জন্য যে পরিবাহী তার ব্যবহার করা হয় কম হলেও তাদের এক ধরনের রোধ থাকে। একটা রোধের (R) ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ (I) হলে সব সময়ই ( $I^2 R$ ) তাপ উৎপন্ন হয় এবং সেটি বিদ্যুৎ শক্তির লস বা ক্ষয়। এই লসকে বলা হয় সিস্টেম লস। তোমরা এর মাঝে জেনে গেছ যে একটা নির্দিষ্ট বিদ্যুৎ শক্তির জন্য যদি উচ্চ ভোল্টেজ বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয় তাহলে রোধজনিত তাপশক্তি হিসেবে লস করে যায়। সে জন্য বিদ্যুৎ কেন্দ্রে যে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করা হয় সেটিকে স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মার দিয়ে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তর করা হয়। গ্রাহকদের ব্যবহারের জন্য বিদ্যুৎ শক্তিকে বিতরণ করার আগে স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করে সেটিকে আবার ব্যবহারযোগ্য ভোল্টেজ নামিয়ে আনা হয়।

#### 11.4.2 লোডশেডিং

প্রত্যেকটি বিদ্যুৎকেন্দ্রে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদন করে এবং সবগুলো বিদ্যুৎকেন্দ্রের উৎপাদিত বিদ্যুৎ জাতীয় গ্রিডে যোগ হয়। আগেই বলা হয়েছে এই বিদ্যুৎ স্থানীয় সাবস্টেশন (বিদ্যুৎ উপকেন্দ্র) এর মাধ্যমে গ্রাহকদের মাঝে বিতরণ করা হয়। বিভিন্ন এলাকার চাহিদা অনুযায়ী জাতীয় গ্রিড বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। কোনো এলাকায় বিদ্যুতের চাহিদা যদি উৎপাদন থেকে বেশি হয় তাহলে স্বাভাবিকভাবেই সেখানে প্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ সরবরাহ করতে পারে না। তখন সাবস্টেশনগুলো এক এলাকায় বিদ্যুৎ সরবরাহ করার জন্য অন্য একটি এলাকায় বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ রাখতে বাধ্য হয়। এই প্রক্রিয়াটার নাম লোডশেডিং। সাবস্টেশন যখন আবার প্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ সরবরাহ পায় তখন সেই এলাকায় বিদ্যুৎ সরবরাহ শুরু করে।

যদি একনাগাড়ে কয়েক ঘণ্টা লোডশেডিং করতে হয় তখন গ্রাহক পর্যায়ে লোডশেডিংকে সহনীয় করার জন্য কর্তৃপক্ষ চক্রাকারে বিভিন্ন জায়গা আলাদা আলাদা সময়ে লোডশেডিং করে থাকে।

### 11.5 বিদ্যুতের নিরাপদ ব্যবহার (Safe Use of Electricity)

বিদ্যুৎ ছাড়া আমরা এখন এক মুহূর্তও চিন্তা করতে পারি না। আমাদের ঘরে এটি আলো সরবরাহ করে, গরমের সময় ফ্যান চালিয়ে এটা আমাদের শীতল রাখে। এটা দিয়ে আমরা টেলিভিশন চালাই, কম্পিউটার চালাই। খাবার সংরক্ষণ করার জন্য এটা দিয়ে ফ্রিজ চালানো হয়। কাপড় ইন্সি করার জন্য এটি ব্যবহার করা হয়। আমাদের মোবাইলের ব্যাটারি শেষ হয়ে গেলে আমরা এই বিদ্যুৎ দিয়ে ব্যাটারি চার্জ করি। বিলাসী মানুষ বিদ্যুৎ দিয়ে বাসায় এসি ব্যবহার করে, কাপড় ধোয়ার জন্য ওয়াশিং মেশিন ব্যবহার করে, ইলেক্ট্রিক হিটার দিয়ে রান্না করে। মাইক্রোওভেন ওভেনে খাবার গরম করে।

বাসার বাইরে স্কুল, কলেজ, বিশ্ববিদ্যালয়, ক্ষেত-খামার, কারখানা, হাসপাতাল এসবের কথা বিবেচনা করলে আমরা বিদ্যুতের ব্যবহারের কথা বলে শেষ করতে পারব না। আমাদের দেশে সাধারণত বিদ্যুৎ

220 V (AC) হিসেবে সরবরাহ করা হয়, এই বিদ্যুতের ভোল্টেজের পরিমাণ মানুষকে ইলেক্ট্রিক শক দিতে পারে এমনকি সেই শকে মৃত্যু পর্যন্ত ঘটতে পারে। তাই সকল বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি এমনভাবে তৈরি করা হয় যেন ভুলেও কখনো কেউ সরাসরি এর সংস্পর্শে চলে না আসে।

সরাসরি হৎপিণ্ডের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ চলে গেলে মাত্র 10 mA বিদ্যুতেই মানুষ মারা যেতে পারে। ব্যবহার করার জন্য আমরা যে বিদ্যুৎ ব্যবহার করি সেটি AC এবং AC বিদ্যুৎ DC বিদ্যুৎ থেকে প্রায় 5 গুণ বেশি ক্ষতিকর। শুকনো অবস্থায় মানুষের চামড়ার রোধ প্রায় 30,000 Ω থেকে 50,000 Ω হলেও ভেজা অবস্থায় সেটি হাজার গুণ কমে আসে। কাজেই ও'মের সূত্র ব্যবহার করে আমরা দেখাতে পারি আমাদের দেশের 220 V শরীরের ভেতর দিয়ে মানুষকে মেরে ফেলার মতো বিদ্যুৎ প্রবাহ করতে পারে। যখন কেউ ভেজা মাটিতে ভেজা পা নিয়ে দাঁড়ানো অবস্থায় বিদ্যুৎস্পৃষ্ট হয় সেটি হয় সবচেয়ে বিপজ্জনক।

যখন কেউ হঠাতে করে বিদ্যুৎস্পৃষ্ট হয় তখন শরীরের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের কারণে হাত-পা নাড়াতে পারে না, তাই বিপজ্জনক পরিস্থিতি থেকে নিজেকে সরিয়ে আনার কথা বুঝতে পারলেও সেখান থেকে সরে আসতে পারে না।

আমরা যে বিদ্যুৎ ব্যবহার করি সেটি যথেষ্ট বিপজ্জনক হতে পারে কিন্তু সাধারণ সতর্কতা বজায় রাখলেই নিরাপদে বিদ্যুৎ ব্যবহার করা যায় এবং সারা পৃথিবীতে কোটি কোটি মানুষ প্রতি মুহূর্তে নিরাপদে বিদ্যুৎ ব্যবহার করছে। বিদ্যুতের নিরাপদ ব্যবহার করার জন্য নিচের কয়েকটা বিষয় জানা থাকা প্রয়োজন:

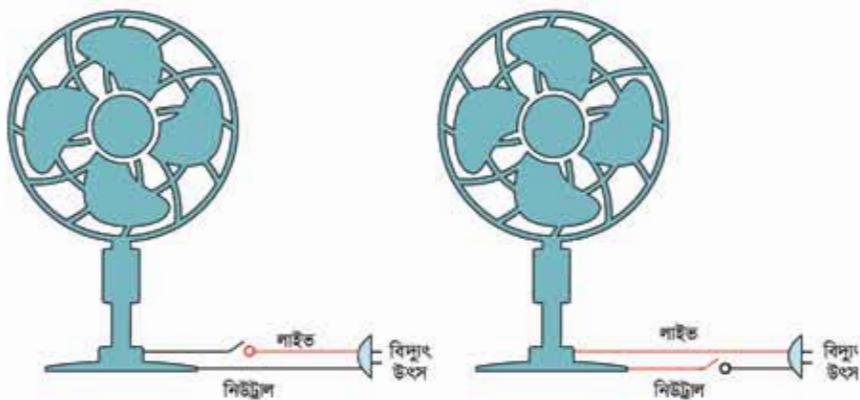
**(a) বিদ্যুৎ অপরিবাহক আস্তরণ:** বিদ্যুতের খোলা তার বিপজ্জনক তাই সব সময়ই সেটা প্লাস্টিক বা অন্য কোনো ধরনের বিদ্যুৎ অপরিবাহী একটা আস্তরণ দিয়ে ঢাকা থাকে। যদি কোনো কারণে শর্ট সার্কিট হয় অর্থাৎ সরাসরি কোনো রোধ ছাড়াই পজিটিভ এবং নেগেটিভ স্পর্শ করে ফেলে তখন ও'মের সূত্র অনুযায়ী অনেক বেশি বিদ্যুৎ প্রবাহ হয়, তার গরম হয়ে যায়, প্লাস্টিক পুড়ে গিয়ে আগুন পর্যন্ত ধরে যায়। তাই সব সময়ই সতর্ক থাকতে হয় যেন বৈদ্যুতিক তারের ওপর অপরিবাহী আস্তরণটা অবিকৃত এবং অক্ষত থাকে।

**(b) ভালো সংযোগ:** যখন কোনো বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি ব্যবহার করার সময় অনেক বিদ্যুৎ ব্যবহার হয় তখন বৈদ্যুতিক সংযোগগুলো খুব ভালো হতে হয়। বৈদ্যুতিক সংযোগ ভালো না হলে সেখানে বাড়তি রোধ তৈরি হয় এবং  $I^2R$  হিসেবে সেটা উত্তপ্ত হয়ে যেতে পারে, উত্তপ্ত হয়ে অপরিবাহী আস্তরণ পুড়ে যেতে পারে, বৈদ্যুতিক সংযোগ ক্ষতিগ্রস্ত হতে পারে।

**(c) আর্দ্ধতা:** পানি বিদ্যুৎ পরিবাহী, কাজেই কোনো বৈদ্যুতিক সার্কিটে পানি ঢুকে গেলে সেখানে শর্ট সার্কিট হয়ে বিপজ্জনক অবস্থা হতে পারে। হেয়ার ড্রায়ার বা ইন্সের মতো জিনিস পানির কাছাকাছি

ব্যবহার করা খুব বিপজ্জনক, হঠাতে করে পানিতে পড়ে পোসে এবং সেই পানি কেট স্লোশ করলে বৈদ্যুতিক শক থেকে অনেক বড় বিপদ হতে পারে।

(d) সার্কিট ছেকার এবং ফিল্ডজ: বিদ্যুতের বড় বড় দুর্ঘটনা হয় যখন হঠাতে করে কোনো একটা ত্বরিত কারণে অনেক বেশি বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। হঠাতে করে বিপজ্জনক বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ করার জন্য সার্কিট ছেকার কিংবা ফিল্ডজ ব্যবহার করা হয়। সার্কিট ছেকার এমনভাবে তৈরি করা হয় যে এর



চিত্র 11.15: সুইচের সঠিক এবং গুরুতর সংযোগ।

ভেতর থেকে নিরাপদ সীমার বেশি বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলেই সার্কিট ছেক (বিজ্ঞিম) করে দেয়। ফিল্ডজ সে ফুলনায় খুবই সরল একটা পদ্ধতি, একটি যত্নে যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় সেটি যত্নে ঢোকানের আপে সরু একটা তারের ভেতর দিয়ে নেওয়া হয়। যদি কোনো কারণে বেশি বিদ্যুৎ যাওয়ার চেষ্টা করে ফিল্ডজের সরু তার সেই (রোধ বেশি, কাজেই  $I^2R$  বেশি অর্ধাং তাপ বেশি) বিদ্যুতের কারণে উৎসৃত হয়ে পুরু বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ করে দেয়ে।

(e) সঠিক সংযোগ: বিদ্যুৎ সরবরাহে সব সময়ই দুটি তার থাকে, একটিতে উচ্চ বিভব (জীবন্ত বা Live) অন্যটি ভোল্টেজহীন নিরপেক্ষ (Neutral)। একটা যত্ন যখন ব্যবহার করা হয় তখন Live তার থেকে বিদ্যুৎকে যত্নের ভেতর দিয়ে শুরুরে নিরপেক্ষ তার দিয়ে তার উৎসে কিরিয়ে নেওয়া হয়। ভোল্টেজহীন নিরপেক্ষ তারটি নিরাপদ কিন্তু উচ্চ বিভবের তারটিকে সঞ্চর্কভাবে ব্যবহার করতে হয়। কোনো যত্নপাতিতে যখন একটা সুইচ দিয়ে বিদ্যুতের সংযোগ দেওয়া হয় তখন সুইচটি উচ্চ ভোল্টেজের তার কিংবা নিরপেক্ষ তার সুটিতেই দেওয়া যাব। শুধিমানের কাজ হয় যখন সুইচটি আপানো হয় উচ্চ ভোল্টেজের তারের সাথে (চিত্র 11.15) তাহলে শুধু যখন যত্নটি ঢালু করা হয় তখনই উচ্চ ভোল্টেজ যত্নের ভেতর প্রবেশ করে। যখন যত্নটি বন্ধ থাকে তখন যত্নের ভেতর কোথাও উচ্চ ভোল্টেজ থাকে না।

(f) ধাউড়: তোমরা যদি তোমাদের বাসায় ক্লুলে কিংবা অন্য কোথাও বিদ্রুতের সংযোগ লক্ষ করে থাকো তাহলে দেখবে সব সময় অন্তত দুটি সংযোগ থাকে, একটি উচ্চ তোল্পেজ অন্যটি নিউট্ৰোল। কিন্তু সেই বিদ্রুতের সাথে যদি মূল্যবান কোনো বস্তু ফুল করা হয় (যেমন কলিউটাৰ, ট্রিভ) তাহলে দেখবে সেখানে উচ্চ বিভব আৰু নিউট্ৰোল ছাড়াও তৃতীয় একটা সংযোগ থাকে, যেটি হয়ে সূমি সংযোগ বা ground। সাধাৰণত এটা বজ্জপাতিৰ ঢাকনা বা কাঠামোতে লাগানো থাকে। যদি কোনো দুৰ্ঘটনাৰ ঘৱপাতি বিদ্রুতায়িত হয়ে যাব তাহলে ঢাকনা বা কাঠামোটি থেকে সূমিতে সন্তানী বিদ্রুৎ প্ৰাৰ্থ হয়ে যাব। বিদ্রুতের এই প্ৰাৰ্থেৰ কাৰণে সাধাৰণত ফিউজ পুড়ে বজাই বিগদসূক্ত হয়ে যাব। কাজেই কেউ যদি সূলে যান্তি স্পৰ্শ কৰে তাৰ ইলেক্ট্ৰিক শক থাকিবার আশঙ্কা থাকে না।



চিত্ৰ 11.16: বিদ্রুৎ নিয়ে বিপজ্জনক কাজকৰ্ম।



নিজে কৰো

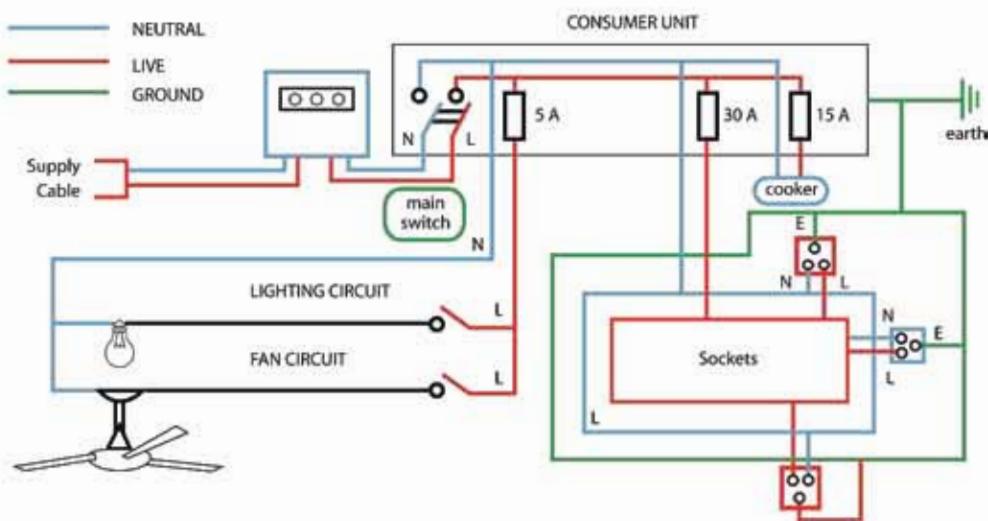
11.16 ছবিতে বিদ্রুতের ব্যবহাৰ নিয়ে কী কী বিপজ্জনক কাজ কৰা হচ্ছে?

## 11.6 বাসাৰাড়িতে ভড়িৎ বৰ্তনীৰ নকশা

একটি বাসায় বিদ্রুৎ সৱবৰাহ কৰাৰ জন্য একটি সাকিঁটি কেঘন হতে পাৰে সেটি 11.17 চিত্ৰে দেখানো হয়েছে। বিদ্রুৎকেন্দ্ৰ থেকে সাপ্লাই ক্যাবল দিয়ে সেটি একটি বাসায় সৱবৰাহ কৰা হয়। এৰ মাঝে একটি লাইন অন্যটি নিউট্ৰোল। লাইনটিৰ উচ্চ বিভব, নিউট্ৰোলটি শূলু বিভব। চিত্ৰে লাইন লাইনটি লাল রং অবং নিউট্ৰোল লাইনটি মৌল রং দিয়ে দেখানো হয়েছে। সেটি প্ৰথমে একটি বৈদ্যুতিক

যিটারের ভেতরে দিয়ে যায়, বাসায় কঢ়াকুকু বিদ্যুৎ ব্যবহার হয়েছে সেটি এই যিটারে রেকর্ড করা হয়। যিটারের পর এটি কনজিউমার ইউনিট দিয়ে বাসার ভেতরে বিতরণ করা হয়।

11.17 চিত্রে 5 A, 15 A এবং 30 A এর তিনটি সার্কিট ব্রেকার বা ফিল্ড সেখানে হয়েছে। এই তিনটি সার্কিট ব্রেকারই মেইন সুইচের সাথে সংযুক্ত। মেইন সুইচটি দিয়ে যেকোনো সময় পুরো বাসার



চিত্র 11.17: একটি বাসায় বিদ্যুৎ সরবরাহ করার জন্য সজ্ঞাক্ষ বিদ্যুৎ বক্টনি।

বিদ্যুৎ প্রবাহ কেটে দেওয়া সম্ভব। চিত্রটিতে 5 A এর সার্কিট ব্রেকার থেকে লাইট এবং ফ্লানে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয়েছে। 15 A থেকে বাসার বৈদ্যুতিক চুলার সাথে সংযুক্ত। 30 A সার্কিট ব্রেকারটি দিয়ে বাসার প্ল্যাট প্রেস্টগুলো স্থূল করা হয়েছে। তোমরা নিচয়েই লক্ষ করেছ এই অংশটাকু একটি রিমের মতো ফলে বিদ্যুৎ প্রবাহ সব সময়ই দুটি ভিন্ন পথে হতে পারে। এই অংশটিতে নিরাপত্তার জন্য তৃপ্তির সংযোগ (সবুজ রং) আলাদাভাবে দেখানো হয়েছে।



নিজে করো

বিদ্যুৎ শক্তির অশায় রোধ করার জন্য কী কী করা যেতে পারে সেগুলো বর্ণনা করে একটি সূচনা পোস্টার তৈরি করো।

পোস্টারগুলো দিয়ে সবার সচেতনতা সৃষ্টি করার জন্য স্কুলের ছেলেমেয়েদের দেখানোর জন্য সেগুলো কোথাও টানানোর ব্যবস্থা করো।



### নিজে করো

**উদ্দেশ্য:** শিক্ষার্থীরা বাসাৰাজি ব্যবহারের উপযোগী বৈদ্যুতিক সার্কিটের নকশাকে বিজ্ঞান কৰতে পাৰবে।

**কাজেৰ ধাৰা:** 11.17 চিত্ৰে একটি বাসাৰ বিদ্যুৎ সৱৰণাহ কৰাৰ জন্য সম্ভাব্য সার্কিট দেখানো হৈছে। এই সার্কিটটিতে নিচেৰ পৰিবৰ্তনগুলো কৰে নতুন একটি সার্কিট তৈৰি কৰো।

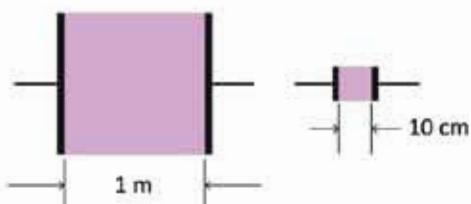
- তিনটি প্লাগ পয়েন্ট যথেষ্ট নয় বলে আৱো দুইটি নতুন প্লাগ পয়েন্ট সৃজ্ঞ কৰো।
- বিদ্যুৎ ব্যবহাৰ কৰে এৱং একটি পানিৰ পাল্প উপযুক্ত সার্কিট ব্ৰেকাৰসহ সৃজ্ঞ কৰো।
- লাইট এবং ক্যামেৰ সাথে বিভিন্ন আৱেকচি লাইটটি দুইটি সুইচ ব্যবহাৰ কৰে এমনভাৱে সৃজ্ঞ কৰো যেন যেকোনো সুইচ দিয়েই লাইটটি ছালানো এবং নেওনো ঘায়।

### অনুশীলনী



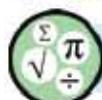
### সাধাৰণ প্ৰশ্ন

- ক্যাপাসিটোৱকে কি ব্যাটারি হিসেবে ব্যবহাৰ কৰা সম্ভব?
- বিলামেন্ট সৃজ্ঞ লাইট বাছেৰ বিলামেন্ট ও'মেৰ সূত্ৰ মালাছে কি না পৰীক্ষা কৰা কঢ়িল কেন?
- বিদ্যুৎ প্ৰবাহ হচ্ছে ইলেক্ট্ৰন প্ৰবাহ, যখন বিদ্যুৎ প্ৰবাহ হয় তখন ইলেক্ট্ৰনগুলোৰ গতি কিম্বু তুলনামূলকভাৱে কম থাকে। কিন্তু মুহূৰ্তেৰ মাঝে বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত হয়—  
কীভাৱে?
- সমান বিভব পৰ্যাকে বেশি গোধ বেশি তা৪ তৈৰি কৰে নাকি কম গোধ বেশি তা৪ তৈৰি কৰো?
- বৈদ্যুতিক ভাৱে কাক বা পাখিকে সাৱা যেতে দেখা যায় না কিম্বু বড় বাদুড় আৱাই যাব যাব— কাৰণ কী?
- তড়িৎ প্ৰবাহ কাকে বলে?



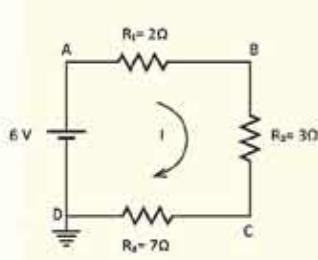
চিত্ৰ 11.18: 1 m এবং 10 cm বৰ্গেৰ দুটি বৰ্গাকৃতিৰ দুটি রেজিস্ট্ৰ।

৭. তড়িৎ প্রবাহের প্রচলিত দিক এবং ইলেক্ট্রন প্রবাহের দিক কোনটি?
৮. পরিবাহী, অপরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহী পদাৰ্থ কাকে বলে?
৯. ও'মেস সূত্রটি বিবৃত করো।
১০. দেখাও যে,  $V = IR$ ।
১১. একটি ছক কাগজে  $V$  বনাম  $I$  লেখাতে অঙ্কন করো।
১২. আপেক্ষিক রোধের সংজ্ঞা দাও।
১৩. দেখাও যে, শ্রেণি সমবায়ে সংযুক্ত রোধগুলোর সূল্য রোধের মান সমবায়ে অস্তর্জন বিভিন্ন রোধের মানের যোগফলের সমান।
১৪. কী কী কারণে তড়িৎশক্তি ব্যবহার বিপজ্জনক হতে পারে?
১৫. একটি বাসের হেল্পাইটের বিলাম্বেটির  $2.5 A$  তড়িৎ প্রবাহিত হয়। বিলাম্বেটির প্রাপ্তব্যের বিভব পার্দক্য  $12 V$  হলে এর রোধ কত?
১৬. একটি শুক কোষের তড়িচালক শক্তি  $1.5 V$ ,  $0.5 C$  আধানকে সম্পূর্ণ বর্তনী সূরিয়ে আনতে কোষের ব্যারিত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় করো।
১৭. শিখ এবং পরিবর্তী রোধ কাকে বলে?
১৮. তড়িচালক শক্তি এবং বিভব পার্দক্য বলতে কী বোবা?

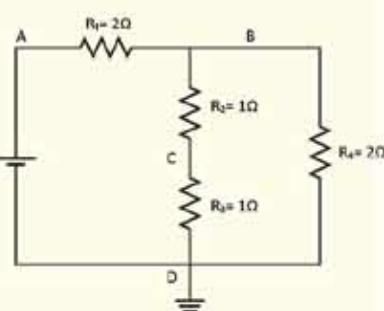


### পারিতিক প্রশ্ন

১. অসীম সংখ্যক  $1 \Omega$  রেজিস্টর ব্যবহার করে  $2 \Omega$  রেজিস্টর তৈরি করো।
২. তোমার বন্ধু  $1 \text{ mm}$  পুরু নাইক্রোমের পাত দিয়ে  $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$  বর্গের (চিত্র 11.18) একটি রেজিস্টর তৈরি করেছে। তুমি  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  বর্গের একটি রেজিস্টর তৈরি করেছ। তোমার বন্ধুর তৈরি রেজিস্টরের মান কত? তোমার রেজিস্টরের মান কত?



(a)



চিত্র 11.19: (a) এবং (b) বাটারি সেল ও রেজিস্টর সংযুক্ত দুটি সার্কিট।

3. 11.19 (a) চিত্ৰিতে দেখানো সাৰ্কিটটো যদি D বিন্দুকে ভূমিসংলগ্ন কৰা হয় তাহলে A, B, C ও D বিন্দুতে ভোল্টেজ কত? I এৱে মান কত?
4. 11.19 (a) চিত্ৰিতে দেখানো সাৰ্কিটটো D বিন্দুকে ভূমিসংলগ্ন না কৰে যদি C বিন্দুকে ভূমিসংলগ্ন কৰা হয় তাহলে ভোল্টেজ কত? I এৱে মান কত?
5. 11.19 (b) চিত্ৰিতে দেখানো সাৰ্কিটটো D বিন্দুকে ভূমিসংলগ্ন কৰা হলো সাৰ্কিটটো A, B, C ও D বিন্দুতে ভোল্টেজ কত?



### বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তৰটিৰ পাশে ঠিক (✓) চিহ্ন দাও

1. যে সকল পদাৰ্থৰ মধ্য দিয়ে খুব সহজেই ভড়িৎ প্ৰবাহ চলতে পাৰে তাৰেৱকে কী বলে?
  - (ক) অপৱিবাহী
  - (খ) কুপৱিবাহী
  - (গ) অৰ্থপৱিবাহী
  - (ঘ) পৱিবাহী
2.  $2\Omega$ ,  $3\Omega$  ও  $4\Omega$  মানৰ ভিনটি রোধ ত্ৰৈণি সমৰায়ে সংযুক্ত থাকলে তুল্য রোধৰ মান হবে—
  - (ক)  $8\Omega$
  - (খ)  $7\Omega$
  - (গ)  $9\Omega$
  - (ঘ)  $20\Omega$
3. কোনো পৱিবাহীৰ দুই পাঞ্চেৰ বিভিন্ন গীৰ্ধক্ষ 100 V এৰং ভড়িৎ প্ৰবাহমাত্রা 10 A হলো এৱে রোধ কত?
  - (ক)  $1000\Omega$
  - (খ)  $0.1\Omega$
  - (গ)  $10\Omega$
  - (ঘ)  $1\Omega$
4. বতনীতে বৈদ্যুতিক অৰ্থাৎ পৱিমাপেৰ জন্য ব্যবহাৰ কৰা হয়—
  - (i) ভোল্টমিটাৰ
  - (ii) অ্যামিটাৰ
  - (iii) জেনারেটাৰ
 কোনটি সঠিক?
  - (ক) i ও ii
  - (খ) i ও iii
  - (গ) ii ও iii
  - (ঘ) i, ii ও iii



## সৃজনশীল প্রশ্ন

- একটি বৈদ্যুতিক হিটারে ব্যবহৃত নাইক্রোম তারের দৈর্ঘ্য প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল যথাক্রমে  $20\text{ cm}$  এবং  $2 \times 10^{-7}\text{ m}^2$ । নাইক্রোমের আপেক্ষিক রোধ  $100 \times 10^{-8}\Omega\text{ m}$ । নাইক্রোম তারটিকে একই দৈর্ঘ্যের এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিপর্যট তামার তার দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হলো। তামার তারের আপেক্ষিক রোধ  $1.7 \times 10^{-8}\Omega\text{ m}$ ।
  - রোধ কাকে বলে?
  - বৈদ্যুতিক হিটারে নাইক্রোম তার ব্যবহার করা হয় কেন?
  - ব্যবহৃত তামার তারের রোধ নির্ণয় করো।
  - তামার তার ব্যবহারের যৌক্তিকতা বিশ্লেষণ করো।
- পড়ার সময় আলতি  $220\text{ V} - 100\text{ W}$  এর একটি বাতি দৈনিক ৩ ঘণ্টা করে অন্যদিকে তার তাই আলিফ  $220\text{ V} - 40\text{ W}$  একটি টেবিল ল্যাম্প দৈনিক ৪ ঘণ্টা করে ব্যবহার করে। প্রতি ইউনিট বিদ্যুৎ খরচির মূল্য  $3.5\text{ টাকা}$ ।
  - ও'মের সূত্রটি দেখ।
  - নির্দিষ্ট তাপমাত্রা, উপাদান ও প্রস্থচ্ছেদের পরিবাহকের দৈর্ঘ্য ৫ গুণ বড় করলে রোধের কী পরিবর্তন হবে ব্যাখ্যা করো।
  - আলিফের বাতির অবাহনী নির্ণয় করো।
  - আর্থিক দিক বিবেচনার আলতি ও আলিফের মধ্যে কে মিতব্যযী? গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো।
- আমাদের দেশে বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইনের বিভব পার্বক্য  $220$  ভোল্ট। একটি বৈদ্যুতিক বাতের ফিলামেন্টের রোধ  $484$ । বাতের পায়ে লেখা আছে  $220\text{ V}-100\text{ W}$ ।
  - আলিফারের সংজ্ঞা দাও।
  - একটি ম্বাইলেসের ডিজিটালক শক্তি  $1.5\text{ V}$  বলতে কী বোরোয়?
  - বাতাটি সরবরাহ লাইনে সংযুক্ত করা হলে তড়িৎ প্রবাহ কত হবে?
  - বাতের পায়ে লেখা  $220\text{ V}-100\text{ W}$  এর সত্যতা ধাচাই এবং জন্য একটি পরীক্ষণ প্রস্তাব করো।

## দ্বাদশ অধ্যায়

# বিদ্যুতের চৌম্বক ক্রিয়া (Magnetic Effects of Current)



কলিগ্রামচরে আয়োজিত পৃথিবীর সবচেয়ে বড় প্রাক্টিকাল ফ্লাসে ছেলেমেয়েরা বৈদ্যুতিক চৌম্বক তৈরি করছে।

আমরা সবাই আমাদের জীবনে কখনো না কখনো চুম্বকের আকর্ষণ এবং বিকর্ষণ দেখে চমৎকৃত হয়েছি। আগামসন্তুতে চৌম্বক এবং বিদ্যুৎ প্রবাহকে পুরোপুরি তিনি দুটি বিষয় বলে মনে হচ্ছে এই দুটোই যে একই শক্তির তিনি মূল সেটি। এই অধ্যায়ে আলোচনা করা হবে। আমরা দেখব বিদ্যুতের প্রবাহ হলে সেরকম চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি হতে পারে ঠিক সেরকম চৌম্বক ক্ষেত্রকে পরিবর্তন করে বিদ্যুৎ প্রবাহ করা বেতে পারে।

এই অধ্যায়ে বিদ্যুতের চৌম্বক ক্রিয়ার সাথে সাথে কীভাবে চুম্বক এবং বিদ্যুৎকে ব্যবহার করে নানা ধরনের যত্নপাতি তৈরি করা হয় এবং যাবহাব করা হয় সেই বিষয়গুলোও আলোচনা করা হয়েছে।

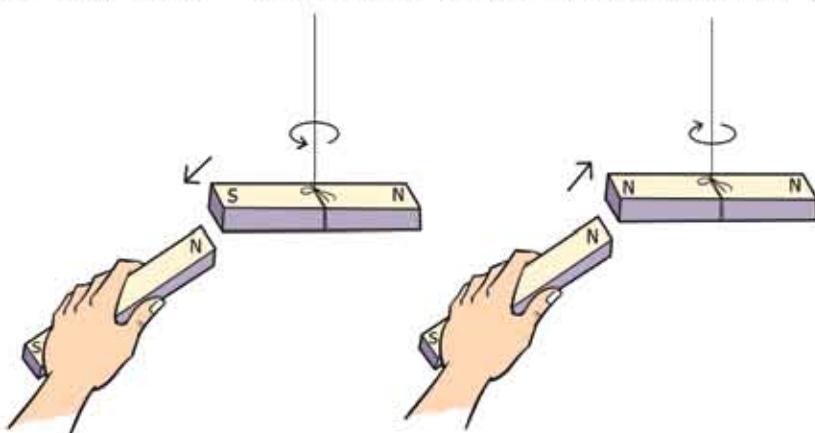


### এ অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা

- ডিডিং প্রযোজনের চৌম্বক ক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ডিডিংচৌম্বক আবেশ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- আবিষ্ট ডিডিংপ্রযোজন ও আবিষ্ট ডিডিংচৌম্বক শক্তি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- মোটর ও জেলারেটরের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ট্রান্সফর্মারের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- স্টেগ আপ ও স্টেগ ডাউন ট্রান্সফর্মারের কার্যপ্রণালি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- আমাদের জীবনে ডিডিংের নানাবৃশের ব্যবহার ও এর অবদানকে প্রশংসা করতে পারব।

## 12.1 চূমক (Magnet)

তোমরা সবাই নিশ্চয়ই চূমক দেখেছ, একটা চূমক লোহাজাতীর পদার্থের কাছে আনলে সেটা লোহাকে আকর্ষণ করে। চূমক এবং লোহার মাঝখানে কিছু নেই কিন্তু একটা অদৃশ্য শক্তি সেটাকে টেনে আনছে। সেটি প্রথমবার দেখার পর সবাইই এক ধরনের বিস্ময় হয়। যারা দুটি চূমক হাতে নিয়ে নাড়াচাড়া করার সুযোগ পেয়েছ তারা নিশ্চয়ই লক্ষ করেছ (চিত্র 12.01) যে চূমকের দুটি মেরু এবং



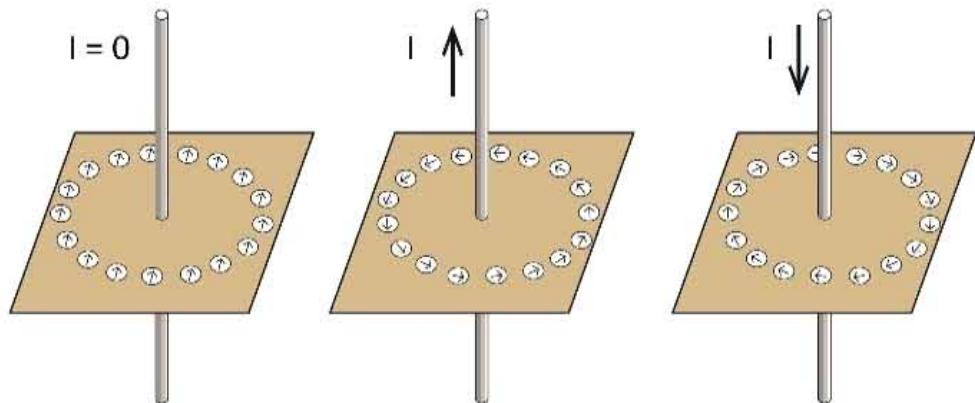
চিত্র 12.01: চূমকের বিগ্রহিত মেরুতে আকর্ষণ ও সমমেরুতে বিকর্ষণ হয়।

মেরু দুটি এক ধরনের হয়ে থাকে তাহলে সেটা বিকর্ষণ করে আর মেরু দুটি যদি তিনি ধরনের হয়ে তাহলে আকর্ষণ করে। চূমকের মেরু দুটিকে উভয়ের আর দক্ষিণ মেরু নাম দেওয়া হয়েছে। কারণ দেখা গেছে একটা চূমককে ঝুঁটিয়ে দিলে সেটা উভয়-দক্ষিণ বরাবর থাকে, যে অংশটুকু উভয় দিকে থাকে সেটার নাম উভয় মেরু, যেটা দক্ষিণ দিক বরাবর থাকে সেটা দক্ষিণ মেরু। এটা ঘটে তার কারণ পৃথিবীর একটা চৌমক ক্ষেত্র রয়েছে, কোনো চূমক বোলালে সেই ক্ষেত্র বরাবর চূমকটা নিজেকে সাজিয়ে নেয়। দুটো চূমক কেমন করে একে অন্যকে আকর্ষণ করে আমরা সেগুলো নিয়ে আলোচনা করতেই পারি কিন্তু সবার আগে জানা দরকার চূমকের যে বল, সেটা আসে কোথা থেকে?

## 12.2 বিদ্যুতের চৌমক ক্রিয়া (Magnetic Effects of Current)

যারা সাধারণভাবে চূমক হাতে নিয়ে নাড়াচাড়া করেছ তারা নিশ্চয়ই কল্পনাও করতে পারবে না যে এটি ভড়িৎ বা বিদ্যুৎ থেকে আলাদা কিছু নয় এবং ভড়িৎ বা বিদ্যুতের অবাহ দিয়ে চূমক তৈরি করা

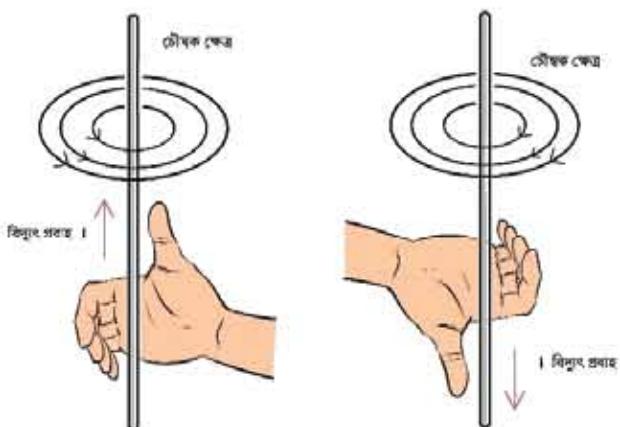
যায়। একটা চার্জ থাকলে তার পাশে যেমন তড়িৎ ক্ষেত্র থাকে ঠিক সে রূপম একটা তারের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে সেই তারের চারপাশে চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি হয়। ধরা যাক তুমি একটা কার্ডবোর্ডের মাঝখান দিয়ে একটা তার তুকিয়েছ এবং কার্ডের শীর্ষ অনেকগুলো ছোট ছোট কল্পাস রেখেছ (চিত্র 12.02)। কল্পাসগুলো অবশ্যই উত্তর-দক্ষিণ বরাবর থাকবে ঠিক যে রূপম থাকার কথা। এখন যদি এই তারের ভেতর দিয়ে কোনোভাবে বিদ্যুৎ বা তড়িৎ প্রবাহিত করতে পারো (মোটামুটি শক্তিশালী) তাহলে তুমি অবাক হয়ে দেখবে হঠাতে করে সবগুলো কল্পাস একটা আরেকটার পেছনে সারিবস্থভাবে নিজেদের সাজিয়ে নেবে। তোমার স্পষ্ট অনুভূতি হবে যে এই বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য তারকে ঘিরে একটা বৃত্তাকার চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি হয়েছে।



চিত্র 12.02: বিদ্যুৎ প্রবাহকে ঘিরে কল্পাসের দিক।

তুমি যদি বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ করে দাও তাহলে আবার সবগুলো ছোট ছোট কল্পাস উত্তর-দক্ষিণ বরাবর হয়ে যাবে। এবারে তুমি যদি বিদ্যুৎ প্রবাহের দিক পাল্টে দাও তাহলে দেখবে আবার কল্পাসগুলো নিজেদের সাজিয়ে নেবে কিন্তু এবারে বৃত্তায় কল্পাসের দিকটা হবে উল্টো দিকে। তার কারণ বিদ্যুৎ প্রবাহ সব সময় তাকে ঘিরে একটা নির্দিষ্ট দিকে চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করে।

একটা তারের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে তার জন্য তৈরি হওয়া চৌম্বক বলরেখাগুলোর দিক কোন দিকে হবে সেটা ডান হাতের নিয়ম দিয়ে বের করা যায়। বুঢ়ো আঙুলটা যদি বিদ্যুৎ প্রবাহের দিক দেখায় তাহলে হাতের অন্য আঙুলগুলো চৌম্বক ক্ষেত্রের দিকটি নির্দেশ করে (চিত্র 12.03)।



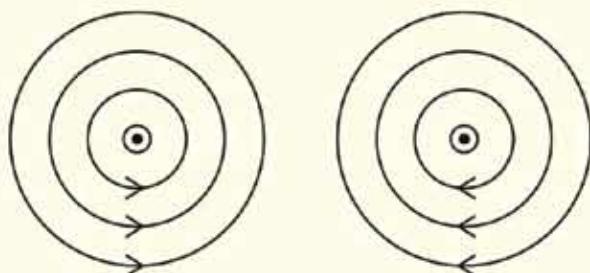
चित्र 12.03: विद्युत प्रवाहके द्वारे त्रैरित्रौमक केंद्र।



### उदाहरण

प्रश्न: 12.04 चित्रे देखानो उपरोक्त विद्युत बहिराय भेत्र थेके उपरोक्त दिके याच्छ, त्रौमक केंद्र कोनाटि साठिक?

उत्तर: बाय दिकेराटि साठिक।



#### 12.2.1 सलिलरेखा

एकटा तार यांदी सोजा थाके एवं

तार भेत्र दिये विद्युत प्रवाह हले त्रौमक बलरेखा केमन हय सेटा 12.03 चित्रे देखानो हजाहिल।

यांदी तारटा सोजा ना हये बृक्षाकार हय ताहले त्रौमक बलरेखा केमन हवेच? 12.05 चित्रे सेटा देखानो हजाहेच। बृक्षातेहि पारह विद्युत प्रवाह यत वेशी हवे त्रौमक क्षेत्राति तत शक्तिशाली हवे।

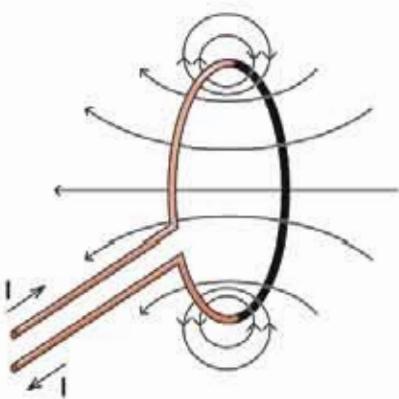
एकटा तारेवर भेत्र दिये कठाणी विद्युत प्रवाहित करा यांव तार एकटा सीमा आहे, तारटा ।

हिसेबे परम हये यांव ता छाडाओ सरठेवे वेशी कठाणी विद्युत प्रवाह देवडावा सम्बन्ध सेटा विद्युतजेवे उद्देश्ये उपर निर्भर करू। ताहि यांदी शक्तिशाली त्रौमक क्षेत्र त्रैरित्रौमक कराते हय ताहले एकटा यांव

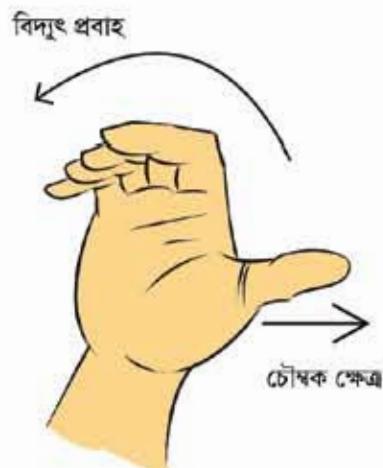
बृक्षाकार लूप-एवर उपर निर्भर ना करू अशरिवाही आस्तराख दिये ढाका तार दिये अनेकवार पांचिये

चित्र 12.04: विद्युत प्रवाही ताराके द्वारे त्रौमक केंद्रा कोनाटि साठिक?

একটা কুণ্ডলী বা কয়েল তৈরি করা হয়। এরকম কুণ্ডলীকে বলে সলিনয়েড। সেই কুণ্ডলী দিয়ে শক্তিশালী চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করা যায়। কয়েলের অভ্যন্তরে মুপেই তার ভেতর দিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুৎের জন্য চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করবে, তাই সম্পৃক্ষিত চৌম্বক ক্ষেত্র হবে অনেক গুণ বেশি।



চিত্র 12.05: শূগের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের কারণে তৈরি চৌম্বক ক্ষেত্র।



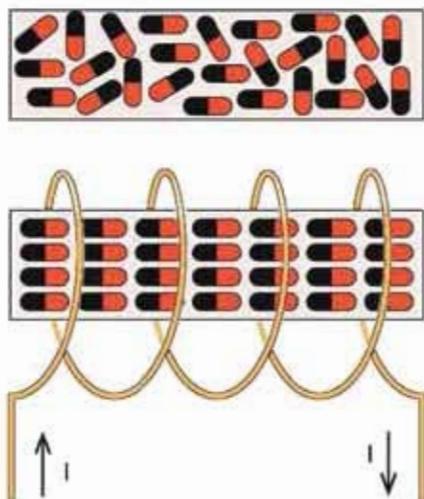
চিত্র 12.06: শূগের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ করার জন্য হাতের নিরাম ব্যবহার করে।

বৃত্তাকার তারের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে তার চৌম্বক ক্ষেত্র কোন দিকে হবে সেটাও জান হাতের নিরাম দিয়ে বের করা যায়। বুঝো আঙুলটি হবে চৌম্বক ক্ষেত্রের নিক যদি অন্য আঙুলগুলো বিদ্যুৎ প্রবাহের নিক দেখায় (চিত্র 12.06)। একটা তারের কুণ্ডলী বা সলিনয়েড আসলে দড় চুবকের মতো কাজ করে এবং বুঝো আঙুলের নিকটা হবে এই চুবকের উভয় মেরু।

একটা তারের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে তার জন্য তৈরি হওয়া চৌম্বক বলরেখাগুলোর নিক কোন দিকে হবে সেটা জান হাতের নিরাম দিয়ে বের করা যায়। বুঝো আঙুলটা যদি বিদ্যুৎ প্রবাহের নিক দেখায় তাহলে হাতের অন্য আঙুলগুলো চৌম্বক ক্ষেত্রের নিকটি নির্দেশ করবে।

### 12.2.2 ভার্ডিভচুবক (Electromagnet)

শুধু বিদ্যুৎ ব্যবহার করে যে চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করা যায় তার থেকে অনেক বেশি শক্তিশালী চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করা সম্ভব যদি এই কুণ্ডলীর ভেতর এক টুকরো লোহা চুকিয়ে দেওয়া যায়। লোহা, কোবাল্ট আর নিকেল এই তিনটি ধাতুর বিশেষ চৌম্বকীয় ধর্ম আছে। এগুলোকে এলোমেলোভাবে ধাকা অসংখ্য ছোট ছোট চুবক হিসেবে কল্পনা করা যায়। যেহেতু সবগুলো ছোট চুবক এলোমেলোভাবে আছে তাই পুরো লোহার টুকরোটা কোনো চুবক হিসেবে কাজ করে না।



চিত্ৰ 12.07: বিদ্যুৎ প্ৰবাহেৰ কাৰণতে  
এলোমেলোভাৱে ধাকা ছেট ছেট চুমক সাৰিবস্থ  
হয়ে শক্তিশালী চৌমক ক্ষেত্ৰ তৈৰি কৰে।

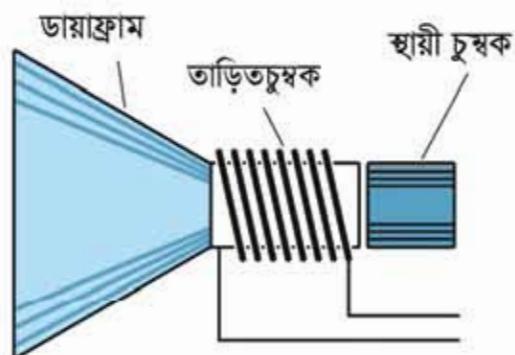
শেৰ নেই। শিকাৰে বা এৱাৰফোনে মে শব্দ শোনা ঘাৰ সেখানে তাড়িতচুমক ব্যবহাৰ কোনো আভাৱ নেই। এখানে শব্দেৰ কল্পনা এবং তীব্ৰতাৰ সমান বিদ্যুৎ প্ৰবাহ পাঠানো হয়, সেই বিদ্যুৎ একটা তাড়িতচুমক বা ইলেক্ট্ৰোমাগনেটের চৌমকত  
শব্দেৰ কল্পনা বা তীব্ৰতাৰ উপৰোক্ষি কৰে  
তৈৰি কৰে সেটা একটা ডায়াফ্ৰামকে কাঁপায়  
এবং সেই ডায়াফ্ৰাম সঠিক শব্দ তৈৰি কৰে।

### 12.2.3 ভড়িৎ প্ৰবাহী ভাৱেৰ উপৰ চুমকেৰ প্ৰভাৱ

আমৰা জানি, একটা চুমক অন্য চুমকেৰ  
সমন্বয়তে বিকৰ্ষণ এবং বিপৰীত যেনুকে  
আকৰ্ষণ কৰে। আবার একটা ভাৱেৰ ভেজৰ  
দিয়ে বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত হলে সেটি তাকে ধিৰে  
একটি চৌমক ক্ষেত্ৰ তৈৰি কৰে। কাজেই একটা চৌমক ক্ষেত্ৰ যদি একটা ভাৱেৰ ভাবে হয় এবং সেই  
ভাৱেৰ ভেজৰ দিয়ে বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত কৰা হয় তাহলে তাৱাটি চৌমক ক্ষেত্ৰ তৈৰি কৰার কাৰণতে একটি

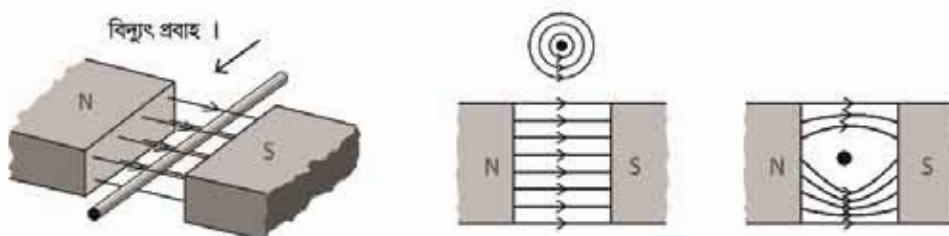
কিন্তু যখন এটাকে একটা কঠোল বা  
সলিনয়োডেৰ ঘাৰে ঢোকানো হয় এবং সেই  
সলিনয়োডে বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত কৰা হয় তখন সেটা  
যে চৌমক ক্ষেত্ৰ তৈৰি কৰে সেটা লোহাৰ  
টুকুৱাৰ ছেট ছেট চুমকগুলোকে সাৰিবস্থ কৰে  
কেলে তাই বিদ্যুৎ প্ৰবাহেৰ অন্য তৈৰি চৌমক  
ক্ষেত্ৰেৰ সাথে সাথে লোহাৰ নিজস্ব চৌমক ক্ষেত্ৰ  
একৰ্য হৰে অনেক শক্তিশালী একটা চৌমক  
ক্ষেত্ৰ তৈৰি হৰে ঘাৰ (চিত্ৰ 12.07)। মজাৰ  
ব্যাপৰ হচ্ছে, বিদ্যুৎ প্ৰবাহ বলৰ কৰাৰ সাথে  
সাথে লোহাৰ টুকুৱাৰ ভেজৰকাৰ সাৰিবস্থ ছেট  
ছেট চুমকগুলো সব আবাৰ এলোমেলো হয়ে  
ঘাৰে এবং পুৱো চৌমক ক্ষেত্ৰ অদৃশ্য হৰে  
ঘাৰে।

এভাৱে তৈৰি কৰা চুমককে বলা হয়  
তাড়িতচুমক। তাড়িতচুমকেৰ ব্যবহাৰেৰ কোনো  
ঘাৰে সেখানে তাড়িতচুমক ব্যবহাৰ কৰা হয়। (চিত্ৰ  
12.08)



চিত্ৰ 12.08: শিকাৰে তাড়িতচুমক ব্যবহাৰ কৰা হয়।

বল অনুভব করে। 12.09 চিত্রে একটা চূম্বকের উপর সেবু থেকে দক্ষিণ মেরুতে আমরা চৌম্বক বলরেখা এবং তার আবে একটা তারকে দেখানো হয়েছে, তারটি কাগজের ভেতর থেকে উপরের দিকে বের হয়ে এসেছে। তারের ভেতর দিয়ে লিচ থেকে উপরে বিদ্যুৎ প্রবাহ হলে এটি তাকে থিয়ে বৃত্তাকার চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করবে এবং উপর সেবু থেকে দক্ষিণ মেরুতে আমরা চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে যুক্ত হয়ে চৌম্বক বলরেখাকে পুনর্বিন্যাস করবো। তারের নিচে বেশিসংখ্যক চৌম্বক বলরেখা এবং উপরে কমসংখ্যক চৌম্বক বলরেখার তৈরি হবে, বেটি তারটিকে উপরের দিকে ঠেলে দেবে।



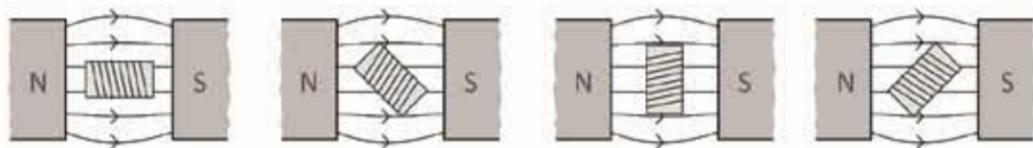
চিত্র 12.09: চৌম্বক ক্ষেত্রে বিদ্যুৎ প্রবাহী তার রাখা হলে সেটি বল অনুভব করে।

যদি তারটিতে বিদ্যুৎ প্রবাহের দিক পরিবর্তন করা হয় তাহলে তারকে থিয়ে বৃত্তাকার চৌম্বক ক্ষেত্রের দিক পাল্টে যাবে এবং তখন তারের উপর চৌম্বক বলরেখার ঘনত্ব বেড়ে যাবে যেটি তারটিকে নিচের দিকে ঠেলে দেবে।

#### 12.2.4 ডিসি মোটর

তোমরা জান একটি চূম্বক দিয়ে অন্য চূম্বকের উপর বল প্রয়োগ করা যায়। অন্যভাবে আমরা বলতে পারি একটি চৌম্বক ক্ষেত্র দিয়ে অন্য একটি চৌম্বক ক্ষেত্রে বল প্রয়োগ করা যায়। একটি তারের ভেতর দিয়ে খুব বেশি বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা যাব না, তাই সেটি খুব বড় চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করতে পারে না। কাজেই অন্য একটি চৌম্বক ক্ষেত্র দিয়ে তার উপর শক্তিশালী বল প্রয়োগ করা যায় না। তোমরা দেখেছ যদি অনেকগুলো পাক দিয়ে একটা তারের কুকুলী তৈরি করা যায় এবং তার ভেতরে একটা লোহার টুকরো বা আর্মেচার রাখা হয় তাহলে তারের ভেতর হালকা বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা হলেই সেটি একটি তাড়িতচূম্বক বা ইলেকট্রোম্যাগনেট হয়ে শক্তিশালী চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করতে পারে। এই কয়েলকে আমরা একটা স্কেল চূম্বক হিসেবে কল্পনা করে অন্য চৌম্বক ক্ষেত্রে তাকে রাখা হলে সেটি কী ধরনের আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মুহূর্মুখি হবে এবং সে কারণে সেটির কোন দিকে গতি হবে সেটা বিঞ্চিষ্ঠ করতে পারি। 12.10 চিত্রে এ রকম একটা তাড়িতচূম্বককে অন্য একটি চৌম্বক ক্ষেত্রে বিকর্ষণ বলের কারণে কীভাবে তার অক্ষান্ত পরিবর্তন করবে সেটি দেখানো হয়েছে।

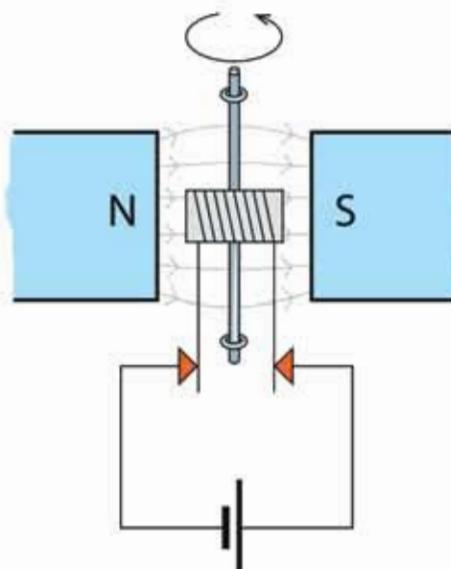
তাঢ়িতচূম্বকটিকে যদি তার কেজ বরাবর একটা অক্ষে ঘূরতে দেওয়া হয় তাহলে এটি পরের টিভের মধ্যে অবস্থানে যাবার চেষ্টা করবে।



চিত্র 12.10: বৈদ্যুতিক মোটর একটি তাঢ়িতচূম্বকের ভেতর দিয়ে এমনভাবে বিদ্যুৎ প্রবাহ করানো হয়, যেন সব সময়ই এটি ঘূরতে থাকে।

যদি কোনো বিশেষ অবস্থা তৈরি করে পরের অবস্থানে যাবার সাথে সাথে তাঢ়িতচূম্বকটির বিদ্যুৎ প্রবাহের দিক পরিবর্তন করে দেওয়া যায় তাহলে সেখানে পৌঁছানোর সাথে সাথে কয়েল দিয়ে তৈরি দড় চূম্বকটির উভয় মেরু দক্ষিণ মেরুতে আর দক্ষিণ মেরু উভয় মেরুতে পাল্টে যাবে, তাই বিকর্ষণের কারণে আবার সেটি সরে যাবার চেষ্টা করবে অর্থাৎ এটি একটি সূর্যনির্বাচন বল অনুভব করবে। এটি চেষ্টা করবে পরের স্থানী অবস্থানে পৌঁছাতে কিন্তু সেখানে পৌঁছানোর সাথে সাথে আবার এটার বিদ্যুতের দিক পরিবর্তন করে দিলে এটি সেখানে থেমে যাবে না, আবার ঘূরতে শুরু করবে। তাই যখনই এটা একটা স্থানী অবস্থানে পৌঁছাবে তখনই যদি এটাতে এমনভাবে বিদ্যুৎ প্রবাহ করানো হয় যেন বিকর্ষণের কারণে এটি একটি সূর্যনির্বাচন বল অনুভব করে তাহলে এটি ঘূরতেই থাকবে।

বিদ্যুতের দিক পরিবর্তন করার অন্য কম্প্যুটেটর নামে একটি উপকরণের মাধ্যমে আলিঙ্গন যাজিক কোশল যাবহার করতে হব। মূল কয়েল যে অক্ষে ঘূরতে থাকে সেই সূর্যনির্বাচন অক্ষটির দুই পাশে তাঢ়িৎ চূম্বকের দুটি তার এমনভাবে বসানো হয় যেন সেটি কম্প্যুটেটরে মূল বিদ্যুৎ প্রবাহের টার্মিনালকে স্পর্শ করে থাকে। যখনই স্পর্শ করে তখনই এমনভাবে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করবে যেন সব সময়ই সেটি তাঢ়িতচূম্বক টিকে বিকর্ষণ করে সরিয়ে দেওয়ার চেষ্টা করে। মাঝামাঝি সময়ে যখন



চিত্র 12.11: একটি বৈদ্যুতিক মোটর।

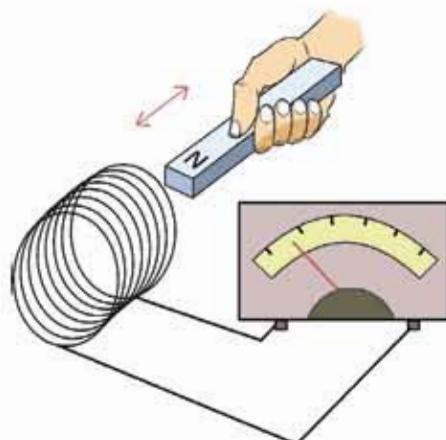
এটি মূল বিদ্যুৎ প্রবাহের টার্মিনাল থেকে সরে যাওয়ার কারণে তাঢ়িতচুম্বকটিতে কোনো বিদ্যুৎ প্রবাহ হয় না তখনো এটি থেমে না গিয়ে গতি জড়তার কারণে সুরাতে থাকে।

তোমাদেরকে বোঝানোর জন্য (চিত্র 12.11) এটাকে সহজভাবে দেখানো হয়েছে। সজিকার মোটরে আর্মেচারকে ধীরে বেশ অনেকগুলো কয়েল ধাকতে পারে এবং প্রজেকটা কয়েল তারা নিজের মতো করে কম্পটেট থেকে বিদ্যুৎ প্রবাহ পারে এবং আর্মেচারটি সুরাতে থাকে।

### 12.3 তাঢ়িতচৌম্বক আবেশ

আমরা আমাদের চারপাশে অসংখ্য যত্নপাত্রিকে সুরাতে দেখি, তাই আমাদের মনে হতে পারে এটাই বুধি চুম্বক এবং চৌম্বক ক্ষেত্রের সবচেয়ে বড় অবদান। আসলে চুম্বকের এবং চৌম্বক ক্ষেত্রের সবচেয়ে বড় অবদান কিন্তু তার তাঢ়িত আবেশ অর্থাৎ চৌম্বক ক্ষেত্র দিয়ে বিদ্যুৎ তৈরি করা। বিজ্ঞানী শুরুরস্টেড প্রথমে দেখিয়েছিলেন কোনো একটা পরিবাহী তারের শূণ্যের ভেতর যদি চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিবর্তন করা হয় তাহলে সেই শূণ্যের ভেতর তড়িচালক শক্তি (EMF) তৈরি হয়, বেটা সেই শূণ্যের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করতে পারে। এই বিষয়টি ব্যবহার করে বিদ্যুৎ জেনারেটর তৈরি করা হয়েছে, যেখানে পরিবাহী তারের ভেতর দিয়ে চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিবর্তন করে বিদ্যুৎ তৈরি হয়।

একটা কয়েলের দুই মাথা যদি একটা অ্যামিটারে লাগানো হয় এবং যদি সেই কয়েলের ভেতর একটা সত্ত চুম্বক ঢোকানো হয় (চিত্র 12.12) তাহলে আমরা ঠিক ঢোকানোর সময় অ্যামিটারে এক বলক বিদ্যুৎ প্রবাহ দেখতে পাব। আমরা যখন চুম্বকটা টেনে বের করে আলব তখন আবার আমরা অ্যামিটারে এক বলক বিদ্যুৎ প্রবাহ দেখব তবে এবারে উল্টো দিকে। আমরা যদি চুম্বকের ঘেরা পরিবর্তন করি তাহলে অ্যামিটারেও বিদ্যুতের দিক পরিবর্তন দেখতে পাব। সুতরাং আমরা বলতে পারি একটি তারের কুণ্ডলীতে চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিবর্তন করার সময় কুণ্ডলীর ভেতর ভোল্টেজ এবং বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টি করাকে তাঢ়িতচৌম্বক আবেশ বলে। এই ভোল্টেজকে আবিট ভোল্টেজ এবং বিদ্যুৎ প্রবাহকে আবিট বিদ্যুৎ প্রবাহ বলে।



চিত্র 12.12: সলিনয়েতে চুম্বক আবেশ করানোর সময় বিদ্যুৎ প্রবাহ দেখা যায়।

এই পরীক্ষাটি করার সময় আমরা কয়েলের ভেতর চৌম্বক ক্ষেত্র পরিবর্তন করার জন্য একটা চুম্বককে কয়েলের ভেতর নিয়েছি এবং বের করে এনেছি। আমরা অন্য কোনোভাবে চৌম্বক ক্ষেত্র পরিবর্তন করতে পারতাম তাহলেও আমরা একই বিষয় দেখতে পেতাম। কয়েলের ভেতর চৌম্বক ক্ষেত্র পরিবর্তন করার আরেকটা উপায় হচ্ছে, এর কাছে চুম্বকের বদলে দ্বিতীয় একটা কয়েল নিয়ে আসা এবং সেই কয়েলে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিয়ে সেখানে চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করা। যদি দ্বিতীয় কয়েলটিতে চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করার জন্য একটা ব্যাটারিকে একটা সুইচ দিয়ে সংযোগ দেওয়া হয় তাহলে সুইচটি অন করে দ্বিতীয় কয়েলে চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করা যাবে, আবার সুইচটি অফ করে চৌম্বক ক্ষেত্র অন্দর্শ্য করে দেওয়া যাবে। প্রথম কয়েলটির কাছে দ্বিতীয় কয়েলটি রেখে যদি সেটিতে চৌম্বক ক্ষেত্র একবার তৈরি করা হয় এবং আরেকবার নিঃশেষ করা হয় তাহলে প্রথম কয়েলের ভেতর চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিবর্তন হবে এবং আমরা অ্যামিটারে সেজন্য বিদ্যুৎ প্রবাহ দেখব। সুইচ অন করে যখন বিদ্যুৎ প্রবাহ তৈরি করা হবে তখন অ্যামিটারের একদিকে তার কাঁটাটি নড়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ দেখাবে—সুইচটি অফ করার সময় আবার কাঁটাটি অন্যদিকে নড়ে বিপরীত দিকে বিদ্যুৎ প্রবাহ দেখাবে!

এখানে যে বিষয়টি মনে রাখতে হবে সেটি হচ্ছে, যখন চৌম্বক ক্ষেত্র পরিবর্তন হয় শুধু তখন বিদ্যুৎ প্রবাহ হয়। একটা কয়েলের মাঝামাঝি প্রচণ্ড শক্তিশালী একটা চুম্বক রেখে দিলে কিন্তু কয়েল দিয়ে কোনো বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে না। শুধু যখন চুম্বকটি নাড়িয়ে চৌম্বক ক্ষেত্র পরিবর্তন করা হবে তখন বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে।

### 12.3.1 জেনারেটর

মোটর কীভাবে কাজ করে সেটা যখন আমরা বোঝার চেষ্টা করছিলাম তখন দেখেছি সেখানে একটা চৌম্বক ক্ষেত্রের মাঝে একটা তাড়িতচুম্বকের ভেতর বিদ্যুৎ প্রবাহ করানো হয়, যে কারণে সেটা ঘোরে। এবারে ব্যাপারটা একটু অন্যভাবে চিন্তা করা যাক, মোটরের তাড়িতচুম্বকের দুই প্রান্তে যদি আমরা ব্যাটারি সেলের সংযোগ না দিয়ে সেখানে একটা অ্যামিটার লাগিয়ে তাড়িতচুম্বকটা ঘোরাই তাহলে কী হবে?

অবশ্যই তখন কয়েলের মাঝে চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিবর্তন হবে, কাজেই কুণ্ডলীর ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ হবে। অর্থাৎ বিদ্যুৎ প্রবাহ করিয়ে যে মোটরের তাড়িতচুম্বক বা কয়েলকে আমরা ঘুরিয়েছি, সেই তাড়িতচুম্বক বা কয়েলটিকে ঘোরালে ঠিক তার উল্টো ব্যাপারটা ঘটে, বিদ্যুৎ তৈরি হয়। এভাবেই জেনারেটর তৈরি হয়। অর্থাৎ ডিসি মোটরের আর্মেচারকে ঘোরালে সেটা ডিসি বিদ্যুৎ প্রবাহ দেয়, এসি মোটরকে ঘোরালে ঠিক সেভাবে এসি বিদ্যুৎ প্রবাহ দেয়।

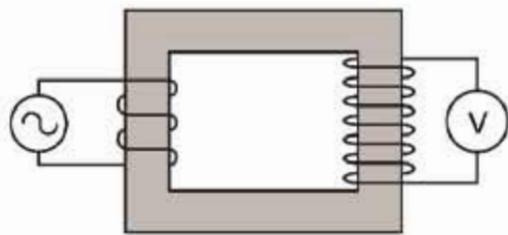
### 12.3.2 ট্রান্সফর্মার

চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিবর্তন হলে বিদ্যুৎ তৈরি হয়—এটি ব্যবহার করে ট্রান্সফর্মার তৈরি করা হয়। ট্রান্সফর্মার কীভাবে কাজ করে নোবার অন্য 12.13 চিত্রে একটা আরতাকার লোহার মজ্জা বা কোর দেখানো হয়েছে। এই কোরের দুই পাশে পরিবাহী তার পাঁচালো হয়েছে—অবশ্যই এই পরিবাহী তারের উপর অপরিবাহী আস্তরণ রয়েছে, যেন এটা খাতৰ কোনো কিছুকে শৰ্প করলেও “শৰ্প সাক্ষি” না হয়। চিত্রে দেখানো হয়েছে কোরের বাম পাশে একটা এসি ভোল্টেজের উৎস লাগানো হয়েছে। তারাটি যেহেতু লোহার কোরকে ধিরে লাগানো হয়েছে তাই যখন বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে তখন লোহার ভেতরে চৌম্বক তৈরি হবে এবং সেই চৌম্বক বলয়ের আরতাকার লোহার ভেতর ধিরে থাবে।

আমরা যেহেতু এসি ভোল্টেজের উৎস লাগিয়েছি তাই লোহার কোরে চৌম্বক বাড়বে-কমবে এবং দিক পরিবর্তন করবে, অর্থাৎ ক্রমাগত চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিবর্তন হবে। লোহার কোরের অন্য পাশেও তার পাঁচালো আছে (অবশ্যই অপরিবাহী আবরণে ঢাকা) সেই করেলের মাঝে লোহার কোরের ভেতর দিয়ে চৌম্বক ক্ষেত্রটির ক্রমাগত পরিবর্তন হতে থাকবে এবং এই পরিবর্তন ভান পাশের করেলে একটা তড়িচালক শক্তি বা EMF তৈরি করবে—একটা ভোল্টমিটারে আমরা সেটা ইচ্ছে করলে দেখতেও পারব। এই পদ্ধতিতে সরাসরি বৈদ্যুতিক সংযোগ ছাড়াই একটি করেল থেকে অন্য করেলে বিদ্যুৎ পাঠানোর প্রক্রিয়াকে বলে ট্রান্সফর্মার।

এই ট্রান্সফর্মার দিয়ে আমরা অন্যস্থ চমকথন কিছু বিষয় করতে পারি। দুই পাশে করেলের পাঁচসংখ্যা যদি সমান হয় তাহলে বাম দিকে আমরা যে এসি ভোল্টেজ প্রয়োগ করব ভান দিকে ঠিক সেই এসি ভোল্টেজ ফেরত পাব। ভান দিকে পাঁচের সংখ্যা যদি দশ গুণ বেশি হয় তাহলে ভোল্টেজ দশ গুণ বেশি হবে। পাঁচের সংখ্যা যদি দল গুণ কম হয় তাহলে ভোল্টেজ দল গুণ কম হবে। বাম দিকের করেল যেখানে এসি ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় তার নাম প্রাইমারি করেল বা মুখ্য কুণ্ডলী এবং ভান দিকে যেখান থেকে ভোল্টেজ ফেরত নেয়া হয় তার নাম সেকেন্ডারি করেল বা সৌন্দর্য কুণ্ডলী।

তোমরা হয়তো মনে করতে পারো যদি সত্যি এটা ঘটানো সম্ভব হয় তাহলে আমরা প্রাইমারিতে অশ্বসংখ্যক পাঁচ দিয়ে অশ্ব ভোল্টেজ প্রয়োগ করে, সেকেন্ডারি করেলে অনেক বেশি পাঁচ দিয়ে বিশাল একটা ভোল্টেজ দেব করে অনুরূপ বৈদ্যুতিক শক্তির ব্যবস্থা করে ফেলি না ফেল? এখানে একটি বিষয় মনে রাখতে হবে প্রতি সেকেন্ডে কষ্টটাকু বৈদ্যুতিক শক্তি প্রয়োগ করা হচ্ছে, সেটা পরিমাপ করা হবে  $VI$  ( $\text{ভোল্টেজ} \times \text{কারেন্ট}$ ) দিয়ে, একটা ট্রান্সফর্মারে প্রাইমারিতে যে পরিমাপ  $VI$



চিত্র 12.13: ট্রান্সফর্মারের প্রাইমারি করেলে এসি পটেনশিয়াল প্রয়োগ করা হলে সেকেন্ডারি করেলে সেটি পটেনশিয়াল তৈরি করে।

প্ৰয়োগ কৰা হয় সেকেন্ডাৰি কৱেল থেকে ঠিক সেই পৰিমাণ VI ফেৰত পোওয়া যায়। কাজেই সেকেন্ডাৰিতে যদি ভোল্টেজ দশ গুণ বাঢ়িয়ে নেৱা যায় তাহলে সেখানে বিদ্যুৎ দশ গুণ কৰে যাবে।

তোমাদেৱকে বোৰানোৰ জন্য আয়ত্তাকাৰ একটি কোৱ সেখানো হৱেছে। সত্যিকাৰের ট্ৰান্সফৰ্মাৰ একটু অন্যভাৱে তৈৰি হয়, সেখানে প্ৰাইমাৰি উপৰেই সেকেন্ডাৰি কৱেল পাঁচালো হয় এবং কোৱটাৰ একটু অন্য রূক্ষ হয়।

প্ৰাইমাৰি কৱেলে পাঁচসংখ্যা যদি  $n_p$  এবং সেকেন্ডাৰি কৱেলের পাঁচসংখ্যা  $n_s$  হয় তাহলে প্ৰাইমাৰি কৱেলে যদি এসি  $V_p$  ভোল্টেজ প্ৰযোগ কৰা হয় তাহলে সেকেন্ডাৰি কৱেলে বে এসি ভোল্টেজ  $V_s$  পোওয়া যাবে তাৰ পৰিমাণ হবে

$$V_s = \left( \frac{n_s}{n_p} \right) V_p$$

প্ৰাইমাৰি কৱেলে যদি  $I_p$  বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত হয় তাহলে সেকেন্ডাৰি কৱেলে বিদ্যুৎ প্ৰবাহ  $I_s$  হবে

$$I_s = \left( \frac{V_p}{V_s} \right) I_p = \left( \frac{n_p}{n_s} \right) I_p$$

যে ট্ৰান্সফৰমাৰে প্ৰাইমাৰি কৱেলেৰ তুলনামূলক সেকেন্ডাৰি কৱেলেৰ পাঁচসংখ্যা বেশি হয় এবং সে কাৰণে প্ৰাইমাৰি কৱেলে প্ৰযোগ কৰা এসি ভোল্টেজ সেকেন্ডাৰি কৱেলে বেড়ে যাব তাকে স্টেপ আপ ট্ৰান্সফৰমাৰ বলে। বিদ্যুৎ পৰিবহনেৰ জন্য স্টেপ আপ ট্ৰান্সফৰমাৰ ব্যবহাৰ কৰে ভোল্টেজকে অনেক গুণ বাঢ়ানো হয়।

যে ট্ৰান্সফৰমাৰে প্ৰাইমাৰি কৱেলেৰ তুলনামূলক সেকেন্ডাৰি কৱেলেৰ পাঁচসংখ্যা কম হয় এবং সে কাৰণে প্ৰাইমাৰি কৱেলে প্ৰযোগ কৰা এসি ভোল্টেজ সেকেন্ডাৰি কৱেলে কৰে যাব তাকে স্টেপ ডাউন ট্ৰান্সফৰমাৰ বলে।



### উদাহৰণ

**প্ৰঞ্চ:** একটি ট্ৰান্সফৰ্মাৰেৰ প্ৰাইমাৰি কৱেলেৰ পাঁচসংখ্যা 100, সেকেন্ডাৰি কৱেলেৰ পাঁচসংখ্যা 1000, প্ৰাইমাৰি কৱেল দিয়ে 10V DC দেওয়া হলো। সেকেন্ডাৰি কৱেলে ভোল্টেজ কত?

**উত্তৰ:** শূন্য। ট্ৰান্সফৰ্মাৰ ডিসি ভোল্টেজে কাজ কৰে না।

**প্ৰঞ্চ:** একটি ট্ৰান্সফৰ্মাৰেৰ প্ৰাইমাৰি কৱেলেৰ পাঁচসংখ্যা 100, সেকেন্ডাৰি কৱেলেৰ পাঁচসংখ্যা 1000, প্ৰাইমাৰি কৱেল দিয়ে 12V AC দেওয়া হলো। সেকেন্ডাৰি কৱেলে ভোল্টেজ কত?

$$\text{উত্তর: } V_s = \left(\frac{n_s}{n_p}\right) V_p = \left(\frac{1000}{100}\right) \times 12V = 120V \text{ AC}$$

প্রশ্ন: উপরের ট্রান্সফর্মেটারে প্রাইমারি কঙ্গলে দিয়ে 1A বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে সেকেন্ডারি কঙ্গলে সর্বোচ্চ কত কার্যক্রম প্রবাহিত হতে পারবে?

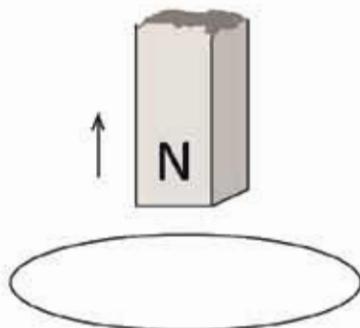
$$\text{উত্তর: } I_s = \left(\frac{V_p}{V_s}\right) I_p = \left(\frac{12}{120}\right) \times 1 \text{ A} = 0.1 \text{ A}$$

## অনুশীলনী



### সাধারণ প্রশ্ন

- তোমার ঘরের এক যাথা থেকে অন্য যাথার ইলেক্ট্রনের বিষ পাঠাতে পিলে যদি দেখে সেটা উপরে উঠে যাতে তাহলে ভূমি কী ব্যাখ্যা দেবে?
- বৈদ্যুতিক চুম্বক বালানোর সময় এক টুকরো লোহার ওপর বিদ্যুৎ অপরিবাহী আবরণে ঢাকা তার পাঁচানো হয়। মোটা তার দিয়ে একটি পাঁচ দেঙ্গো জালো নাকি সরু তার দিয়ে অনেকগুলো পাঁচ দেঙ্গো জালো? কেন?
- দুটো লোহার দণ্ডের মাঝে একটি চুম্বক অন্যটি নয়, না ঝুলিয়ে বা অন্য কোনো ঘর্য ব্যবহার না করে কোনটা চুম্বক আর কোনটা সাধারণ লোহা বের করতে পারবে?
- পৃথিবী একটা বিশাল চুম্বক, উভয় মেরু সেই চুম্বকের উভয় মেরু নাকি সর্কিস মেরু?
- চুম্বককে নাড়িয়ে বিদ্যুৎ তৈরি করা হয় সব সময়ই এটি পরিবর্তনকে বাধা দিতে চায়—এটা মনে রেখে 12.14 চিত্রের চুম্বকটি উপরের সিকে নিলে শুশে কেন দিকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে বলো?
- তাড়িৎ প্রবাহের তোষক ক্রিয়া কী?
- তাড়িতচুম্বক কাকে বলে?



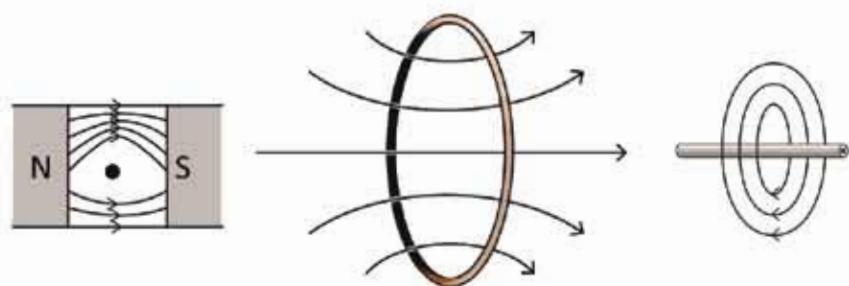
চিত্র 12.14: একটি শুশের ডেকের একটি চুম্বকের অবস্থানের পরিবর্তন।

৪. জেনারেটোৱ কাকে বলো? জেনারেটোৱ দিয়ে কী কাজ কৰা হয়?
৫. জেনারেটোৱ ও অডিও মোটোৱৰ মধ্যে পার্থক্য কী?
৬. স্টেপআপ ও স্টেপডাউন ট্রান্সফর্মাৰ দ্বাৰা কী কাজ কৰা হয়?
৭. ডাইভুলকেৱ প্ৰাৰ্থণ কীভাৱে বৃদ্ধি কৰা বাবে সেৰে।
৮. কোনো ট্রান্সফর্মাৰ 240 V AC এসি উৎসোৱ সাথে সংযুক্ত আছে। এৱে মুখ্য ও সৌণ্ড কুণ্ডলীৰ পার্চমেন্ট সংখ্যা বথাকৰমে 1000 ও 50। এৱে সৌণ্ড কুণ্ডলীৰ কোষ্টেজ কত?



### গাণিতিক প্ৰশ্ন

১. অপৰিবাহী আৱৰণে ঢাকা একটি তাৰ দিয়ে 10 পাঁচেৰ একটি কৱেল তৈৰি কৰে তাৰ ভেতৱে দিয়ে । পৰিমাণ বিন্দুৎ প্ৰাৰ্থ কৰাৱ কাৱলে B চৌমুক ক্ষেত্ৰ তৈৰি হৱেহে। পাঁচেৰ সংখ্যা 100 কৰা হলে চৌমুক ক্ষেত্ৰ কত হবে?
২. উপৰেৰ ক্ষেত্ৰে পাঁচসংখ্যা আৱ 50 বৃদ্ধি কৰতে গিৰে ভূলে উল্টো দিকে 50 পাঁচ দেওয়াৰ কাৱলে চৌমুক ক্ষেত্ৰ কত হবে?



চিত্ৰ 12.15: বিন্দুৎ প্ৰাৰ্থ তাৰকে বিভ্ৰাণ চৌমুক ক্ষেত্ৰ।

৩. 12.15 চিত্ৰটি দেখে বলো কোন তাৰেৰ ভেতৱে দিয়ে কোন দিকে বিন্দুৎ প্ৰাৰ্থিত হচ্ছে?
৪. একটি ট্রান্সফর্মাৰেৰ আইয়াৰি কৱেলে পাঁচসংখ্যা 100, এখানে 15 V AC দিয়ে সেকেন্ডাৰি কৱেলে 150 V AC পাওয়া গেছে, সেকেন্ডাৰি কৱেলে পাঁচসংখ্যা কত?



## বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তরটির পাশে ঠিক (✓) চিহ্ন দাও

১. কোনো চৌম্বকের উপর অক্ষরিত ভার পেঁচিয়ে সলিনয়েড তৈরি করে তাতে তড়িৎ প্রবাহ চালালে চৌম্বক ক্ষেত্রের কী ঘটবে?

- |                            |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| (ক) ঘনীভূত ও দুর্বল হবে    | (খ) ঘনীভূত ও শক্তিশালী হবে         |
| (গ) কম ঘনীভূত ও দুর্বল হবে | (ঘ) কম ঘনীভূত কিন্তু শক্তিশালী হবে |

২. কোনটির কার্যপ্রণালীতে তড়িৎ চৌম্বক আবেশকে ব্যবহার করা হয়?

- |                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| (ক) ট্রানজিস্টর     | (খ) মোটর          |
| (গ) অ্যাম্পিফিকেরাই | (ঘ) ট্রান্সফর্মার |

৩. কোন প্রক্রিয়া বা কার্যক্রান্ত তড়িৎচালক শক্তি উৎপন্ন হয়?

- |   |
|---|
| (i) কোনো তারকুণ্ডলীর ডেতের একটি চুম্বক স্থির অবস্থায় রাখলে |
| (ii) কোনো চৌম্বকক্ষেত্রে কোনো তারকুণ্ডলী ঘোরালে             |
| (iii) কোনো স্থির তারকুণ্ডলীর চারদিকে কোনো চুম্বক ঘোরালে     |

নিচের কোনটি সঠিক?

- |            |              |
|------------|--------------|
| (ক) i      | (খ) ii       |
| (গ) i ও ii | (ঘ) ii ও iii |

কোনো তারকুণ্ডলীর ডেতের একটি দড় চুম্বক আনা-নেওয়া করা হচ্ছে। এতে তারকুণ্ডলীকে তোল্টেজ আবিষ্ট হচ্ছে। আবিষ্ট তোল্টেজ করেকর্তি বিষয়ের উপর নির্ভর করে। এবার নিচের ৪ ও ৫ নম্বর প্রশ্নের জবাব দাও।

৪. তড়িৎ চৌম্বক আবেশের বেলায় আবিষ্ট তোল্টেজ কোনটির উপর নির্ভর করে?

- |   |
|---|
| (i) তারকুণ্ডলীর সাথে সংলিপ্ত চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য   |
| (ii) চৌম্বকক্ষেত্রে আনা-নেওয়া করা তারকুণ্ডলীর গ্রোধ    |
| (iii) চৌম্বক ক্ষেত্রে আনা-নেওয়া করা তারকুণ্ডলীর দূর্তি |

নিচের কোনটি সঠিক?

- |            |              |
|------------|--------------|
| (ক) i      | (খ) ii       |
| (গ) i ও ii | (ঘ) ii ও iii |

৫. তাৰকুন্ডলীৰ পাকেৰ সংখ্যা বাঢ়ালে আবিষ্ট তড়িৎ প্ৰবাহেৰ কী ঘটবে?

- (ক) তড়িৎ প্ৰবাহ কমে যাবে
- (গ) তড়িৎ প্ৰবাহেৰ মান শূন্য হবে

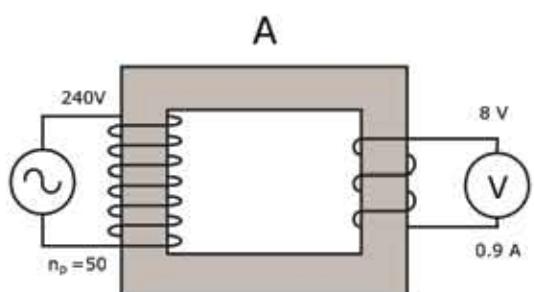
- (খ) তড়িৎ প্ৰবাহ বেড়ে যাবে
- (ঘ) তড়িৎ প্ৰবাহেৰ মান সমান হবে



### সৃজনশীল প্ৰশ্ন

১. 12.16 চিত্ৰটি দেখে নিচেৰ প্ৰয়োজনোৱা  
উপৰ দাও।

- (ক) A চিহ্নিত ক্ষতৃটিৰ নাম কী?
- (খ) বজ্রটি দে নীতি বা ঘটনাৰ ঝগৱ  
তৈয়ি তা ব্যাখ্যা কৰো।
- (গ) এই যন্ত্ৰেৰ মুখ্য কুণ্ডলীতে  
প্ৰবাহমালা নিৰ্ণয় কৰো।
- (ঘ) উপাস্তেৰ আলোকে বজ্রটিৰ ক্ষিয়া  
গাণিতিকভাৱে ব্যাখ্যা কৰো।



চিত্ৰ 12.16

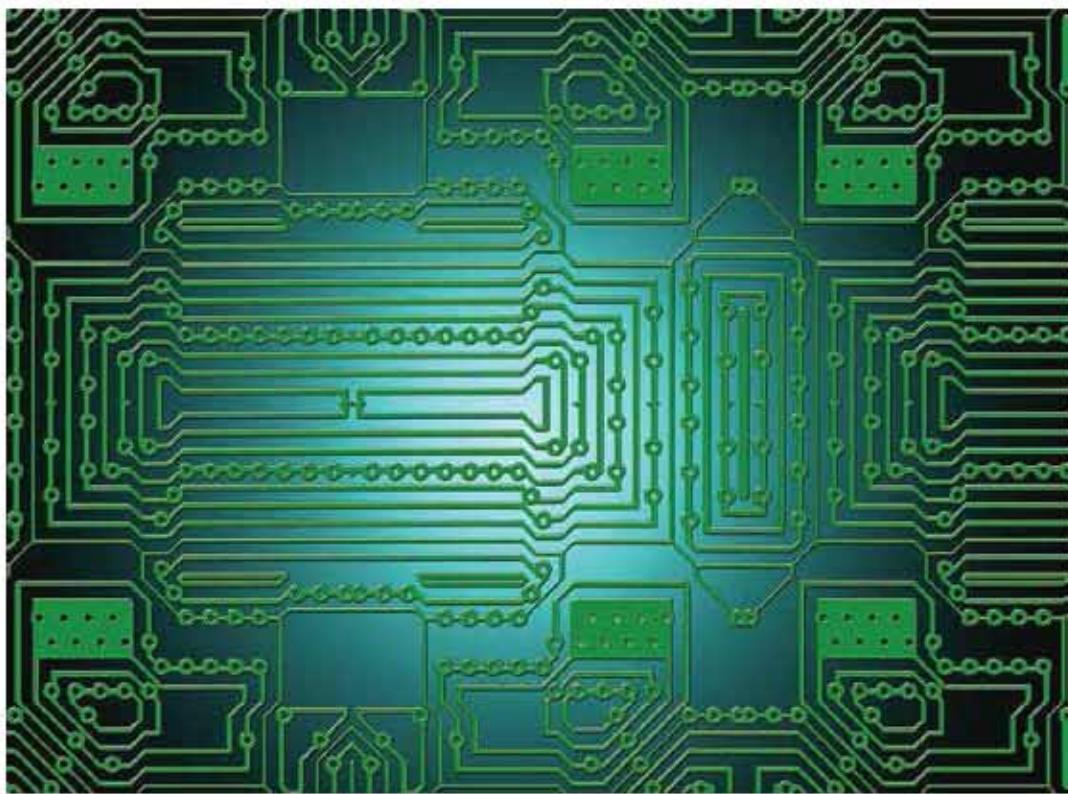
২. একটি লম্বা সোজা তাৰকে একটি বড় কাগজেৰ টুকুৱাৰ মধ্য দিয়ে লম্বভাৱে প্ৰবেশ কৰিয়ে এৱং  
মধ্য দিয়ে 1.5 ভোল্টেৰ পেলিল ব্যাটারিৰ সাহায্যে বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত কৰা হলো এবং কাগজেৰ  
উপৰ কিছু লোহাৰ গুঁড়া ছড়িয়ে দেওয়া হলো।

- (ক) তড়িৎ প্ৰবাহেৰ চৌম্বক ক্ষিয়া কী?
- (খ) কাগজটিৰ উপৰ লোহাৰ গুঁড়া কীভাৱে সজ্জিত হবে?
- (গ) তাৰাটিৰ গঠনে কী পৱিত্ৰতাৰ আনন্দে এৱং বাবা তৈয়ি চৌম্বকক্ষেত্ৰেৰ প্ৰাকল্প বাঢ়াবে ব্যাখ্যা  
কৰো।
- (ঘ) তাৰাটিকে একটি লোহাৰ তাৰকাটাৰ উপৰ পৌঁছিয়ে তাৰকাটাৰ এক মাথা লোহাৰ গুঁড়াৰ  
কাছাকাছি নিলে যা ঘটবে তা বিজ্ঞেৰণ কৰো?

অয়োদশ অধ্যায়

## আধুনিক পদার্থবিজ্ঞান ও ইলেকট্রনিকস

### (Modern Physics and Electronics)



বিংশ শতাব্দীর শুরুতে আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের সূচনা হলে যে যে নতুন বিষয়গুলোর জন্ম হয় তার একটি হচ্ছে তেজস্ক্রিয়তা। এই অধ্যায়ে তেজস্ক্রিয়তার বিষয়টি তোমাদের জন্য ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

আমাদের বর্তমান সম্ভাবনার মূল চালিকাশক্তি হচ্ছে ইলেকট্রনিকস—এই উন্নিটি মোটেই অতিরিক্ত নয়। বর্তমান ইলেকট্রনিকসের পেছনে পদার্থবিজ্ঞানের অবদান হচ্ছে এই অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে। যেসব ঘটনাগুলি আমাদের জীবনকে পুরোপুরি পাল্টে দিয়েছে এই অধ্যায়ে সেই সব ঘটনার সাথেও তোমাদের পরিচয় করিয়ে দেওয়া হয়েছে।



## ୧ ଏ ଅଧ୍ୟାୟ ପାଠ ଶେବେ ଆମରା

- ତେଜକ୍ଷିରୁତା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଆଗକ୍ଷା, ବିଟା ଓ ଗାମା ରଶ୍ମିର ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ସେର କ୍ରମବିକାଶ ସରଳ କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଅୟାନାଲାଗ୍ ଓ ଡିଜିଟାଲ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ସେର ପାର୍ଥକ୍ୟ କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଅର୍ଥପରିବାହୀ ଓ ସମ୍ବିତ ବତ୍ତମୀ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ମାଇକ୍ରୋକୋନ୍ ଓ ଶିପକାରେର କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ନିର୍ବାଚିତ ସୋଗାଯୋଗ ପ୍ରୟୁକ୍ଷି ଡିଭାଇନ୍ୟେର କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମେର ମୂଳନୀତି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ଇନ୍ଟାରନେଟ ଏବଂ ଇ-ମେଇଲ୍‌ର ସାହାଯ୍ୟେ ସୋଗାଯୋଗ ପ୍ରକିଯା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ତଥ୍ୟ ଓ ସୋଗାଯୋଗ ପ୍ରୟୁକ୍ଷିତ ଡିଭାଇନ୍ସ କୌଣସି ଆମାଦେର ଜୀବନ୍ୟାତ୍ମାକେ ପ୍ରଭାବିତ କରଛେ ତା ଅନୁସଂଧାନ କରନ୍ତେ ପାରବ ।
- ତଥ୍ୟ ଓ ସୋଗାଯୋଗ ପ୍ରୟୁକ୍ଷି ଡିଭାଇନ୍ସ ସଠିକ ଓ କାର୍ଯ୍ୟକର ବ୍ୟବହାରେ ନିଜେ ସଚେତନ ହୁବ ଏବଂ ଅନ୍ୟଦେର ସଚେତନ କରବ ।

## 13.1 তেজস্ক্রিয়তা (Radioactivity)

আমরা সবাই জানি একটা পরমাণুর কেন্দ্রে থাকে নিউক্লিয়াস, সেখানে থাকে প্রোটন এবং নিউট্রন। পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যতগুলো প্রোটন থাকে ঠিক ততগুলো ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসকে ধিরে ঘূরতে থাকে। নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ পরমাণুর ব্যাসার্ধ থেকে প্রায় লক্ষ গুণ ছোট। নিউক্লিয়াসের আকার খুবই ছোট হলেও একটা পরমাণুর মূল ভরটি আসলে নিউক্লিয়াসের ভর, তার কারণ ইলেকট্রনের ভর প্রোটন কিংবা নিউট্রনের ভর থেকে 1800 গুণ কম।

প্রোটন পজিটিভ চার্জযুক্ত (ধনাত্মক আধান) তাই শুধু প্রোটন দিয়ে নিউক্লিয়াস তৈরি হতে পারে না, তাহলে প্রবল বিকর্ষণে প্রোটনগুলো ছিটকে যাবে। সেজন্য নিউক্লিয়াসের ভেতরে প্রোটনের সাথে চাজহিন নিউট্রনও থাকে এবং নিউট্রন আর প্রোটন মিলে প্রবল শক্তিশালী নিউক্লিয়ার বলের আকর্ষণে নিউক্লিয়াসগুলো স্থিতিশীল থাকতে পারে। সাধারণ হাইড্রোজেনের কেন্দ্রে একটি মাত্র প্রোটন থাকলেও বাড়তি একটি কিংবা দুটি নিউট্রনসহ হাইড্রোজেনের নিউক্লিয়াসও রয়েছে।

নিউক্লিয়াসের ভেতরে প্রোটনের সংখ্যা বাড়ার সাথে সেটাকে স্থিতিশীল রাখার জন্য নিউট্রনের সংখ্যাও বেড়ে যেতে থাকে, কিন্তু তারপরও নিউক্লিয়াসের ভেতরে প্রোটনের সংখ্যা 82 অতিক্রম করার পর থেকে নিউক্লিয়াসগুলো অস্থিতিশীল হতে শুরু করে। অস্থিতিশীল নিউক্লিয়াসগুলো কোনো এক ধরনের বিকিরণ করে স্থিতিশীল হওয়ার চেষ্টা করে এবং এই প্রক্রিয়াটাকে আমরা বলি তেজস্ক্রিয়তা। নিউক্লিয়াসের ভেতর থেকে যে বিকিরণ বের হয়ে আসে সেটাকে বলে তেজস্ক্রিয় রশ্মি।

নিউক্লিয়াসের ভেতরে প্রোটনের সংখ্যা 82 অতিক্রম করলেই (পারমাণবিক সংখ্যা 82 থেকে বেশি) যে নিউক্লিয়াসগুলো তেজস্ক্রিয় হয়ে থাকে তা নয়, অন্য পরমাণুর নিউক্লিয়াসও তেজস্ক্রিয় হতে পারে। আমরা পরমাণুর শ্রেণিবিন্যাস করেছি তার ইলেকট্রনের সংখ্যা দিয়ে, যেটা প্রোটনের সংখ্যার সমান। একটি মৌলের বাহ্যিক ধর্ম, প্রকৃতি, রাসায়নিক গুণাগুণ সবকিছু নির্ভর করে বাইরের ইলেকট্রনের শ্রেণিবিন্যাসের ওপর। কাজেই কোনো একটি মৌলের পরমাণুতে তার ইলেকট্রন এবং প্রোটনের সংখ্যা সুনির্দিষ্ট হলেও নিউট্রনের সংখ্যা ভিন্ন হতে পারে। ভিন্ন নিউট্রন সংখ্যায় নিউট্রনযুক্ত নিউক্লিয়াসের পরমাণুকে বলা হয় সেই মৌলের আইসোটোপ। কাজেই কোনো একটি মৌলের একটি আইসোটোপ স্থিতিশীল হতে পারে আবার সেই মৌলের অন্য একটি আইসোটোপ অস্থিতিশীল বা তেজস্ক্রিয় হতে পারে। উদাহরণ দেবার জন্য আমরা কার্বন মৌলটির কথা বলতে পারি যার নিউক্লিয়াসে ছয়টি প্রোটন এবং এর তিনটি আইসোটোপ:

$C_{12}$  : ৬টি প্রোটন এবং ৬টি নিউট্রন

$C_{13}$  : ৬টি প্রোটন এবং ৭টি নিউট্রন

$C_{14}$  : ৬টি প্রোটন এবং ৮টি নিউট্রন

কার্বনের এই তিনটি আইসোটোপের মাঝে  $C_{14}$  অস্থিতিশীল বা তেজস্ক্রিয়।

1896 সালে হেনরি বেকেরেল (Henri Becquerel) প্রথম ইউরেনিয়াম থেকে তেজস্ক্রিয় রশ্মির অস্তিত্ব প্রমাণ করেন। পরবর্তীতে আরনেস্ট রাদারফোর্ড (Ernest Rutherford), পিয়ারে কুরি (Pierre Curie), মেরি কুরি (Marie Curie) এবং অন্যান্য বিজ্ঞানীরা অন্যান্য মৌলের তেজস্ক্রিয়তা আবিষ্কার করেন। এটি বাইরের চাপ, তাপ, বৈদ্যুতিক বা চৌম্বক ক্ষেত্র দিয়ে কোনোভাবে প্রভাবিত বা নিয়ন্ত্রণ করা যায় না, কাজেই এটি একটি নিউক্লিয় ঘটনা হিসেবে মেনে নেওয়া হয়। শুধু তাই নয়, তেজস্ক্রিয়তার কারণে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গত হয়ে নিউক্লিয়াসের গঠন পরিবর্তিত হয়ে সেটি ভিন্ন একটি মৌলে রূপান্তরিত হয়ে যায় সেটাও লক্ষ করা হয়েছে।

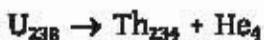
নিউক্লিয়াস থেকে যে তিনটি প্রধান তেজস্ক্রিয় রশ্মি বের হয় সেগুলো হচ্ছে আলফা, বিটা এবং গামা রশ্মি (চিত্র 13.01)।

### 13.1.1 আলফা রশ্মি (Alpha Ray)

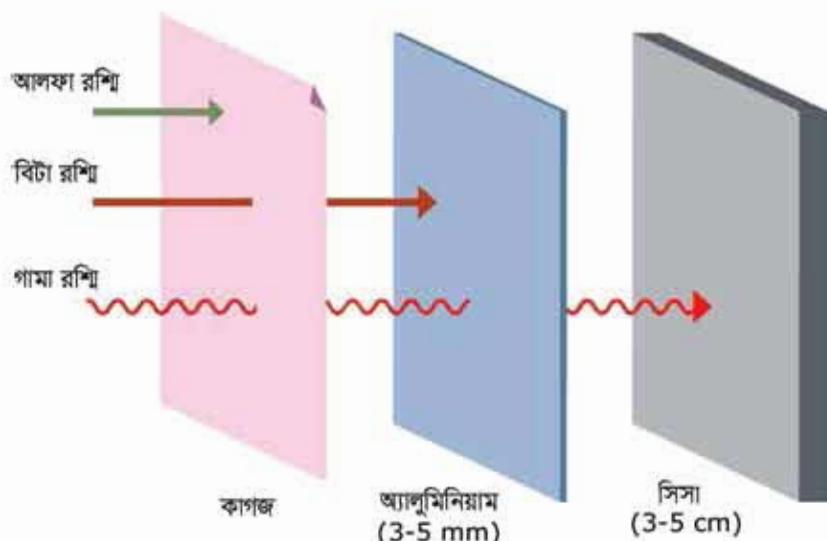
আলফা রশ্মি বা আলফা কণা আসলে একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াস। একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াসে থাকে দুটো প্রোটন এবং দুটো নিউট্রন, কাজেই এটি একটি চার্জযুক্ত কণা। সে কারণে বিদ্যুৎ এবং চৌম্বক ক্ষেত্র দিয়ে এর গতিপথকে প্রভাবিত করা যায়। একটা নিউক্লিয়াসের ভেতর থেকে যখন একটা আলফা কণা বের হয়ে আসে তখন তার শক্তি থাকে কয়েক MeV. কাজেই সেটি যখন বাতাসের ভেতর দিয়ে যায় তখন বাতাসের অণু-পরমাণুর সাথে সংঘর্ষ করে সেগুলোকে তীব্রভাবে আয়নিত করতে পারে। বাতাসে আলফা কণার গতিপথ হয় সরলরেখার মতো, এটা সোজা এগিয়ে যায়। তবে আলফা কণা যেহেতু হিলিয়ামের নিউক্লিয়াস তাই এটা পদার্থের ভেতর দিয়ে বেশি দূর যেতে পারে না। বাতাসে আলফা কণার গতিপথ হয় সরলরেখার মতো, এটা সোজা এগিয়ে যায়। একটা কাগজ দিয়েই আলফা কণাকে থামিয়ে দেওয়া যায়। জিংক সালফাইড পর্দায় এটি প্রতিপ্রভা (phosphorescence) সৃষ্টি করে। আলফা কণা যাত্রাপথে অসংখ্য অণু-পরমাণুকে আয়নিত করে মুক্ত ইলেক্ট্রন তৈরি করে সেগুলোকে সংগ্রহ করে সহজেই তার উপস্থিতি নির্ণয় করা যায় কিংবা তার শক্তি পরিমাপ করা যায়।

আলফা কণা যেহেতু দুটি প্রোটন এবং দুটি নিউট্রন দিয়ে তৈরি তাই যখন একটি নিউক্লিয়াসের ভেতর থেকে বের হয়ে আসে, তখন সেই নিউক্লিয়াসের পারমাণবিক সংখ্যা কমে দুই ঘর এবং নিউক্লিওন

সংখ্যা কয়ে চার ঘর। যেমন: ইউরেনিয়ামের একটি আইসোটোপ আলফা কণা বিকিরণ করে খোরিয়ামের একটি আইসোটোপে পরিণত হয়।



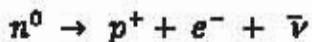
ইউরেনিয়ামের পরমাপরিক সংখ্যা 92 খোরিয়ামের 90, এখানে উজ্জ্বল, পরমাপুর ইলেক্ট্রন সংখ্যাটি এখানে ধর্জনের মাঝে নয়, তেজস্বিয় নিউক্লিয়াসের পরমাপুর সহজেই তার চারপাশের পরিবেশে বাঢ়তি ইলেক্ট্রন ছেড়ে দিতে পারে, কিন্তু গ্রহণ করতে পারে।



চিত্র 13.01: আলফা রশি খুব বেশি আয়নিত করে শক্তি করে করতে পারে বলে একটা কাগজের পৃষ্ঠা দিয়েই এটাকে খায়ালো সত্ত্ব। বিটা রশি বা ইলেক্ট্রনকে খায়াতে করেক মিলিভিটার পূরু অ্যালুমিনিয়াম দ্রবকর হয়। গামা রশির চার্জ নেই বলে এটাকে খায়াতে পূরু সিসার পাতের দ্রবকর হয়।

### 13.1.2 বিটা রশি (Beta Ray)

বিটা রশি বা বিটা কণা আসলে ইলেক্ট্রন। এটি নিষ্ঠারই একটি বিস্তরের ব্যাপার বে নিউক্লিয়াসের ভেতরে থাকে শূরু হোট্টন এবং নিউক্লিয়ন ফিল্ড সেক্ষান থেকে ইলেক্ট্রন কেমন করে দেয় হয়ে আসে? সেটি স্টোর অন্য নিউক্লিয়াসের ভেতরের একটি নিউক্লিয়নকে থ্রোটে পরিবর্তিত হতে হবে।



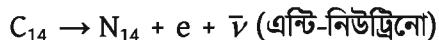
অর্থাৎ একটি চার্জহীন নিউক্লিয়ন পজিটিভ চার্জযুক্ত থ্রোটে এবং নেগেটিভ চার্জযুক্ত ইলেক্ট্রনে পরিবর্তিত হবে, কাজেই মোট চার্জের পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে। সমীকরণের ভাল পাশে দিয়ে পদার্থবিজ্ঞানের

জগতের রহস্যময় কণা নিউট্রিনোর প্রতিপদার্থকে (এন্টি-নিউট্রিনো) বোঝানো হয়েছে, এটি চার্জহীন এবং এর ভর খুবই কম।

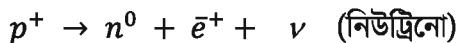
নিউক্লিয়াসের ভেতরে থেকে যখন আলফা কণা বের হয় সেটা একটি নির্দিষ্ট শক্তি নিয়ে বের হয় কিন্তু বিটা কণার জন্য সেটি সত্য নয়। বিকিরণের মোট শক্তির কতটুকু নিউট্রিনো নিয়ে নেবে তার ওপর বিটা কণার শক্তি নির্ভর করে।

বিটা কণা যেহেতু ইলেকট্রন তাই তার চার্জ নেগেটিভ (খণ্ডাত্মক আধান) এবং সে কারণে সেটি ইলেক্ট্রিক এবং চৌম্বকীয় ক্ষেত্র দিয়ে প্রভাবিত করা যায়। এটি যখন কোনো পদার্থের ভেতর দিয়ে যায় তখন সেই পদার্থের অণু-পরমাণুর সাথে সংঘর্ষের কারণে সেগুলোকে আয়নিত করতে পারে। আলফা কণার হিলিয়াম নিউক্লিয়াসের তুলনায় ইলেকট্রন খুবই ক্ষুদ্র তাই ইলেকট্রনের ভেদনশ্ফমতা অনেক বেশি এবং সেটি পদার্থের অনেক ভেতর চুকে যেতে পারে। কয়েক মিলিমিটার পুরু অ্যালুমিনিয়ামের পাত দিয়ে একটি সাধারণ বিটা কণাকে থামানো সম্ভব।

বিটা কণার বিকিরণ হলে নিউক্লিয়াসে একটি নিউট্রন কমে গিয়ে একটি প্রোটন বেড়ে যায়, তাই তার নিউক্লিওন সংখ্যা সমান থাকে। কিন্তু যেহেতু পারমাণবিক সংখ্যা প্রোটনের সংখ্যার ওপর নির্ভর করে তাই নিউক্লিয়াসের পারমাণবিক সংখ্যা বেড়ে ভিন্ন মৌলের নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়। যেমন তেজস্বিয়  $C_{14}$  বিটা বিকিরণে  $N_{14}$  এ পরিবর্তিত হয়:



মজার ব্যাপার হচ্ছে, বিটা বিকিরণ বলতে আমরা যে শুধু নিউক্লিয়াসের ভেতর থেকে ইলেকট্রনের বিকিরণ বোঝাই তা নয়, ইলেকট্রনের প্রতিপদার্থ পজিট্রনের বিকিরণকেও বিটা বিকিরণ বলে। তার জন্য নিউক্লিয়াসের ভেতরে কোনো একটি প্রোটনকে নিউট্রনে পরিবর্তিত হতে হয়:



এই প্রক্রিয়াতে নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা এক কমে যায় বলে তার পারমাণবিক সংখ্যাও এক কমে ভিন্ন মৌলের নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়। (এ বিক্রিয়াটি নিউক্লিয়াসের বাইরে হতে পারে না। কারণ নিউট্রনের ভর প্রোটনের চেয়ে বেশি।)

বিটা বিকিরণের সময় নিউট্রিনো কিংবা অ্যান্টি নিউট্রিনো বের হলেও আমরা সেগুলোকে তেজস্বিয় রশ্মি হিসেবে বিবেচনা করিনি, কারণ এগুলো চার্জবহীন এবং পদার্থের সাথে এদের বিক্রিয়া এত কম যে কয়েক আলোকবর্ষ দীর্ঘ সিসার পাত দিয়েও একটা নিউট্রিনোকে থামানো যায় না!

### 13.1.3 গামা রশ্মি (Gamma Ray)

গামা রশ্মি আসলে শক্তিশালী বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ। কাজেই এর কোনো চার্জ নেই (আধানহীন), কিন্তু শক্তিশালী হওয়ার কারণে এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য খুব কম (কম্পন অনেক বেশি)। শক্তি বেশি বা কম

হলেও এর বেগ সব সময়েই আলোর বেগের সমান। যখন কোনো নিউক্লিয়াস আলকা কণা কিংবা বিটা কণা বিকিরণ করে “জ্বরেজিত” অবস্থায় থাকে তখন বাঢ়তি শক্তি গামা রশ্মি হিসেবে বের করে এটি নিরুৎসুক হয়। গামা রশ্মি চার্জহীন এবং অরহীন, তাই এর বিকিরণে নিউক্লিয়াসের পারমাণবিক সংখ্যা কিংবা নিউক্লিউন সংখ্যার কোনো পরিবর্তন হয় না।

গামা রশ্মির যেহেতু চার্জ নেই তাই এটাকে বিদ্যুৎ কিংবা টোমক ক্ষেত্র দিয়ে প্রভাবিত করা যায় না। চার্জ না থাকার কারণে এটি অণু-পরমাণুকে সরাসরি আয়নিত করতে না পারলেও অন্যান্য এক্সিয়ার সেই ইলেক্ট্রন অণু-পরমাণুকে আয়নিত করতে পারে এবং সেখান থেকে গামা রশ্মির অস্তিত্বও বোঝা যায়। আলকা কিংবা বিটা কণার সমান শক্তিসম্পন্ন গামা রশ্মিকে থামাতে করেক সেটিভিটার সিসার পুরু পাতের দরকার হয়।

### 13.1.4 অর্ধায় (Half Life)

একটি নির্দিষ্ট তেজস্ক্রিয় নিউক্লিয়াস ঠিক কোন মুহূর্তে বিকিরণ করবে সেটি বলা সহজ নয়, পদার্থবিজ্ঞান শুধু তার বিকিরণ করার সম্ভাবনাটি বলতে পারে। সে কারণে তেজস্ক্রিয়তার পরিমাপ বের করার জন্য “অর্ধায়” (Half Life) এর খারপাতি ব্যবহার করা হয়। যে পরিমাপ সময়ের তেজস্ক্রিয়তার অর্ধেক সংখ্যক নিউক্লিয়াসের বিকিরণ ঘটে সেটি হচ্ছে অর্ধায়। কাজেই যে নিউক্লিয়াসের তেজস্ক্রিয়তা ষত বেশি তার অর্ধায় তত কম। স্থিতিশীল নিউক্লিয়াস, যার কোনো তেজস্ক্রিয়তা নেই তার অর্ধায়কে আমরা “অসীম” বলে বিবেচনা করতে পারি।

এখানে একটি বিষয় জেনে রাখা দরকার, তেজস্ক্রিয়তা নিউক্লিয়াসের ঘটনা, তাই তেজস্ক্রিয় রশ্মি বিকিরণ করে একটি নিউক্লিয়াস অন্য নিউক্লিয়াসে পরিবর্তিত হয়। তিনি নিউক্লিয়াস চার্জহীন পরমাণু হওয়ার জন্য খুব সহজেই এক দুইটি বাঢ়তি ইলেক্ট্রন তার কাছাকাছি পরিবেশ থেকে নিতে পারে কিংবা হেফে দিতে পারে। তার কারণ নিউক্লিয়াসের তেজস্ক্রিয়তা নিউক্লিয়াস শক্তি অনেক বেশি হলেও পরমাণুর ইলেক্ট্রনের শক্তি সে তুলনায় খুবই কম।



#### উদাহরণ

**প্রশ্ন:** 1 kg ভরের একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায় 100 বছর। 200 বছর পর তার কত হবে?

**উত্তর:** তেজস্ক্রিয়তার কারণে সরাসরি ভরের পরিবর্তন হয় না। তেজস্ক্রিয় মৌলটির তিন-চতুর্থাংশ নিউক্লিয়াস তেজস্ক্রিয় কণা বের করবে যাব।

### 13.1.5 তেজস্ক্রিয়তার ব্যবহার

তেজস্ক্রিয়তার নামা ধরনের ব্যবহার আছে। খুব কম তেজস্ক্রিয়তার হ্রদ্য শরীরের ভেজে চুকিয়ে বাইরের থেকে তার গভিবিষি দেখে শরীরের অনেক তথ্য জানা যায়। সাধারণত সে রকম তেজস্ক্রিয় হয় খুব কম অর্থাৎ হ্যাতো কলেক মিনিট, কাজেই ঘটাখানেকের মাঝে ঐ পদার্থের সব তেজস্ক্রিয়তা শেষ হয়ে যায়।

তেজস্ক্রিয়তার আরেকটা পুরুষপূর্ণ ব্যবহার হচ্ছে প্রাচীন জীবাশ্মের ব্যবস নির্ণয় করাতে। আমাদের শরীরে প্রচুর কার্বন রয়েছে এবং তার ভেতরে নির্দিষ্ট পরিমাণ  $C_{14}$  আছে। যখন প্রাচী মারা যান্ত তখন তার শরীরে নতুন করে  $C_{14}$  চুকিতে পারে না। আগে যতটুকু হিল সেটা তখন অর্থাৎ কারণে কমতে থাকে। কাজেই কতটুকু  $C_{14}$  থাকা স্বাভাবিক এবং কতটুকু কমে গেছে সেটা থেকে সেই প্রাচী কত প্রাচীন তা নির্ণয়তাবে বের করা যায়।

তেজস্ক্রিয় কথা শরীরের কোষের ক্ষতি করতে পারে, সে জন্য নামা ধরনের সতর্কতা অবশ্যই করা হয়, আবার শরীরের ক্ষতিকর কোষ ক্ষয় করার জন্য এই তেজস্ক্রিয়তা ব্যবহার করা যায়। সে কারণে ক্যালোর চিকিৎসায় ক্যালোর কোষ ক্ষয় করার জন্য তেজস্ক্রিয় কণা ব্যবহার করা হয়।

এছাড়া বজ্গাতি জীবাশ্মস্তুত করতে, আগুনে খোঁঝার উপস্থিতি নির্ণয়ে কিংবা খনিজ পদার্থে বিভিন্ন ধাতুর পরিমাণ নির্ণয়ে তেজস্ক্রিয়তার ব্যবহার রয়েছে।

### 13.1.6 তেজস্ক্রিয়তা সকার্কে সচেতনতা

উচ্চমাত্রার তেজস্ক্রিয়তা আমাদের শরীরে নামা সমস্যার সৃষ্টি করে। যখন তেজস্ক্রিয়তা নিয়ে পরেষণা শুরু হয় তখন বিজ্ঞানীরা সেটি ভালো করে জানতেন না বলে তারা নিজেরা তেজস্ক্রিয়তার সংশ্লেষণ এসে ঝোপাফোক হয়েছিলেন। দীর্ঘদিন তেজস্ক্রিয় মৌল নিয়ে কাজ করার কারণে মেরি কুরি লিউকেমিয়াতে মারা যান। তেজস্ক্রিয়তা মানুষের রোগ প্রতিরোধক্ষমতা কমিয়ে দেয়, এমনকি বাণ পরক্ষণাত্ম বিকলাল শিশুর জন্য দিতে পারে।

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আমরা খুব বেশি তেজস্ক্রিয়তার মুখোযুক্তি হই না কিন্তু পৃথিবীর নতুন প্রযুক্তির কারণে এখন অনেকেই তেজস্ক্রিয়তার মুখোযুক্তি হতে শুরু করেছে। নিউক্লিয়ার শক্তি কেবলে নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া করানো হয়,



চিত্র 13.02: তেজস্ক্রিয় পদার্থ ঝুকিপূর্ণ বলে এগুলোকে খুব সতর্কতার সাথে ব্যবহার করতে হয়।

সেখানে ভয়ংকর রকম তেজস্ক্রিয়তা তৈরি হয়। অনেকগুলো বর্জ্য পদার্থের অর্ধায় অনেক বেশি এবং লক্ষ বছর পর্যন্ত সেগুলো তেজস্ক্রিয় থাকে। নিউক্লিয়ার শক্তি কেন্দ্রের দুর্ঘটনায় বাইরে তেজস্ক্রিয় পদার্থ ছড়িয়ে পড়ার উদাহরণও আছে। নিউক্লিয়ার শক্তি দিয়ে চালানো জাহাজ, সাবমেরিন দুর্ঘটনাতেও অনেক মানুষ তেজস্ক্রিয়তার মুখোমুখি হয়েছে। সবচেয়ে ভয়ংকর ব্যাপার ঘটেছিল যখন হিরোশিমা এবং নাগাসাকিতে নিউক্লিয়ার বোমা ফেলা হয়েছিল, তখন অসংখ্য মানুষ তেজস্ক্রিয়তার মুখোমুখি হয়েছিল। কাজেই তেজস্ক্রিয়তা নিয়ে নানা ধরনের গবেষণা শুরু হয়েছে এবং নিরাপদ তেজস্ক্রিয়তার মাত্রা ইত্যাদি নির্ধারণ করা শুরু হয়েছে। একই সাথে কোথাও তেজস্ক্রিয় পদার্থ থাকলে সেটি সম্পর্কে সাধারণ মানুষকে সতর্ক করানো শুরু হয়েছে (চিত্র 13.02)।

## 13.2 ইলেকট্রনিকসের ক্রমবিকাশ (Development of Electronics)

আমাদের বর্তমান সভ্যতাটির পেছনে সবচেয়ে বড় অবদান রেখেছে ইলেকট্রনিকস, এটি মোটেও একটি অঙ্গস্তোষ নয়। ইলেকট্রনিকসের ক্রমবিকাশকে আমরা মোটামুটি তিনটি অংশে ভাগ করতে পারব: ভ্যাকুয়াম টিউব, ট্রানজিস্টর এবং ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট।

### 13.2.1 ভ্যাকুয়াম টিউব

1883 সালে এডিসন দেখেছিলেন লাইট বাল্লের ভেতরে ফিলামেন্ট থেকে অন্য একটি ধাতব প্লেটে ফাঁকা জায়গা দিয়েও বিদ্যুৎ পরিবহন হতে পারে। এই প্রক্রিয়াটি এডিসন ক্রিয়া (Edison Effect) নামে পরিচিত। 1904 সালে জন ফ্লেমিং এডিসন ক্রিয়াকে কাজে লাগিয়ে প্রথম দুই ইলেকট্রোডের একটি ভ্যাকুয়াম টিউব তৈরি করেন যেটি রেকটিফায়ার হিসেবে কাজ করত অর্থাৎ পরিবর্তনশীল বিদ্যুৎপ্রবাহকে একদিকে প্রবাহিত করত। এই ভ্যাকুয়াম টিউবটিকে ইলেকট্রনিকসের শুরু হিসেবে বিবেচনা করা যায়। এই সময় রেডিও তরঙ্গ দিয়ে তথ্য আদান-প্রদানের কাজ শুরু হয়েছিল এবং গুগলিয়েলমো মার্কনির রেডিও তরঙ্গ নিয়ন্ত্রণের জন্য এই ধরনের একটি ভ্যাকুয়াম টিউবের খুব প্রয়োজন ছিল। (এখানে উল্লেখ্য যে রেডিওর আবিষ্কার হিসেবে এতদিন শুধু মার্কনির নাম উল্লেখ করা হলেও সাম্প্রতিক কালে বাঙালি বিজ্ঞানী জগদীশচন্দ্র বসুর অবদানকেও স্বীকার করে নেওয়া হয়েছে।)

1906 সালে লি দ্য ফরেস্ট তৃতীয় একটি ইলেকট্রোড সংযোজন করে নতুন আরেকটি ভ্যাকুয়াম টিউব তৈরি করেন এবং সেটি ট্রায়োড নামে পরিচিতি লাভ করে। ট্রায়োড দিয়ে বৈদ্যুতিক প্রবাহকে নিয়ন্ত্রণ করা যেত এবং সেটি আয়ম্প্লিফায়ার হিসেবে কাজ করতে পারত।



চিত্ৰ 13.03: কয়েক ধৰনৰ আকুয়াম টিউব।

প্ৰথমে মোর্সকোড দিয়ে টেলিগ্ৰাফ বোগাৰোগ পৰে টেলিফোনেৰ মাধ্যমে কষ্টস্বৰ আসান-প্ৰদান কৰাৰ অন্য আকুয়াম টিউবেৰ উন্নতি হতে থাকে (চিত্ৰ 13.03)। প্ৰথম ও দ্বিতীয় মহাযুদ্ধৰ সময় বৃদ্ধিৰ ব্যৱহাৰেৰ অন্য রাজাৰ, বৃক্ষৰ নিয়ন্ত্ৰণ, নেভিগেশন ইত্যাদি কাজেৰ অন্য বিভিন্ন ধৰনেৰ বিশেষায়িত আকুয়াম টিউব ব্যৱহাৰ হতে থাকে। 1946 সালে 1800 আকুয়াম টিউব ব্যৱহাৰ কৰে ENIAC নামে প্ৰথম কফিউটাৰ তৈৰি কৰা হয়।

### 13.2.2 ট্রানজিস্টোৱ

1947 সালে বেল ল্যাবৱোটৱিতে প্ৰথম ট্রানজিস্টোৱ তৈৰি কৰা হয় এবং এই আবিক্ষাৱেৰ অন্য জন বাৰডিন, শুয়াল্টাৰ ব্রাটেইন এবং উইলিয়াম শকলিকে নোবেল পুৰস্কাৰ দেওয়া হয়। এই ট্রানজিস্টোৱ কত মূল্য এবং কত ব্যাপকভাৱে পুৰো পৃথিবীকে পাণ্টে দেবে সেটি তখনো কেউ অনুমান কৰতে পাৱেনি।

ট্রানজিস্টোৱ আকুয়াম টিউবেৰ মতোই কাজ কৰতে পাৰে কিন্তু আকুয়াম টিউবেৰ ভুলনায় এটি অতি কুমুদ, উজ্জন খুবই কম, এটি ব্যৱহাৰ কৰতে খুব অল্প বিস্তৃতেৰ প্ৰয়োজন হয়, এটি অনেক বেশি নিৰ্ভৱযোগ্য এবং সবচেয়ে বড় কৰ্তা এটি অনেক কম খৰচতে তৈৰি কৰা সকল। কাজেই ট্রানজিস্টোৱ খুব ছুত আকুয়াম টিউবকে সৱিবেৰ তাৰ স্থান দখল কৰে নিতে শুৰু কৰল এবং পৃথিবীৰ মানুষ ব্যৱল মূল্যে ট্রানজিস্টোৱ ব্যৱহাৰ কৰে তৈৰি নানা ধৰনেৰ ইলেক্ট্ৰনিক যন্ত্ৰপাতি পেতে শুৰু কৰল।

### 13.2.3 ইন্টিগ্ৰেটেড সার্কিট

1952 এৱ দিকেই ইন্টিগ্ৰেটেড সার্কিট সকলকে আলোচনা শুৰু হৈলো সত্যিকাৱেৰ ইন্টিগ্ৰেটেড সার্কিট তৈৰি কৰা শুৰু হয় ব্যাটেৰ দশকে। পঞ্চাশেৰ দশকে একটি সিলিকনেৰ গোতলা প্লেট (Wafer)

অসংখ্য ট্রানজিস্টর তৈরি করে সেগুলো কেটে আলাদা করে নেওয়া হতো। ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট তৈরি করার সময় এই প্রক্রিয়াটিকে আর একটুখানি এগিয়ে নিয়ে যেতে হয়েছিল। তখন শুধু ট্রানজিস্টর তৈরি না করে তার সাথে ডায়োড কিংবা রেজিস্টর এবং ক্যাপাসিটর বসিয়ে পূর্ণাঙ্গ একটি সার্কিট তৈরি করা শুরু হয়। এর নাম দেওয়া হলো ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট (আইসি IC) বা সমন্বিত বর্তনী। প্রযুক্তির উন্নতির সাথে সাথে অল্প জায়গায় অনেক বেশি ট্রানজিস্টর বসানো শুরু হলো এবং তার নাম দেওয়া হলো প্রথমে লার্জ স্ফেল ইন্টেগ্রেশন (LSI), পরে ভেরি লার্জ স্ফেল ইন্টেগ্রেশন (VLSI)। এই সার্কিটগুলো ব্যবহারের উপযোগী করে প্যাকেজ করা হতো যেন সরাসরি সার্কিট বোর্ডে ব্যবহার করা যায়। মাইক্রোকম্পিউটার, চিকিৎসার যন্ত্রপাতি, ভিডিও ক্যামেরা এবং যোগাযোগের উপগ্রহ এই ধরনের অত্যাধুনিক যন্ত্রপাতি ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট ছাড়া কোনো দিনই সম্ভব হতো না।

#### 13.2.4 ভবিষ্যতের ইলেকট্রনিকস

ইলেকট্রনিকসের প্রযুক্তি এখনো এগিয়ে যাচ্ছে এবং আমরা ভবিষ্যতে ইলেকট্রনিকস সার্কিটে অপটিকস বা আলোর সাহায্যে তথ্য বিনিয়নসংক্রান্ত আইসি দেখতে পাব। একই সাথে প্রোগ্রাম করে নিজের প্রয়োজনমতো সার্কিট তৈরি করার আইসি (FPGA: Field Programmable Gate Array) আরো বেশি ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হতে দেখব।

### 13.3 অ্যানালগ ও ডিজিটাল ইলেকট্রনিকস

#### (Analog and Digital Electronics)

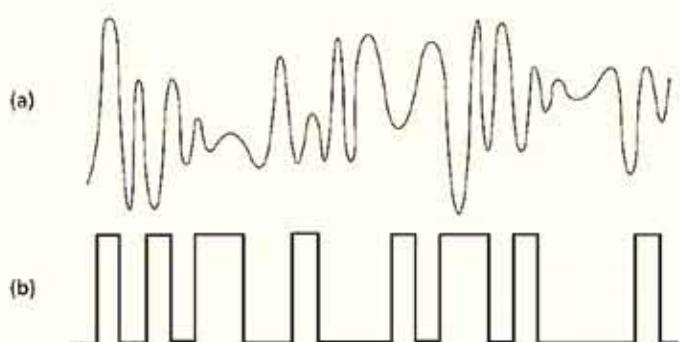
আমাদের চারপাশে প্রতিমূহুর্তে যা ঘটেছে, যেমন শব্দ, আলো চাপ তাপমাত্রা বা অন্য কিছু—সেগুলোকে আমরা কোনো এক ধরনের তথ্য বা উপাত্ত হিসেবে প্রকাশ করি। তাদের মান নিরবচ্ছিন্নভাবে পরিবর্তিত হতে পারে। আমাদের নানা কাজে সেই মানের প্রয়োজন হতে পারে তাই সেই মান আমরা সংরক্ষণ করি, বিশ্লেষণ করি কিংবা এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় প্রেরণ করি। উপাত্ত প্রক্রিয়া করার জন্য আমরা ইলেকট্রনিকস ব্যবহার করতে পারি। নিরবচ্ছিন্নভাবে পরিবর্তিত হতে থাকা এই তথ্য বা উপাত্তকে বৈদ্যুতিক সিগন্যালে পরিবর্তন করা সম্ভব এবং এই ধরনের সিগন্যালকে আমরা বলি অ্যানালগ সিগন্যাল। এই অ্যানালগ সিগন্যালকে যদি সরাসরি কোনো এক ধরনের ইলেকট্রনিকস দিয়ে আমরা প্রক্রিয়া করি তাহলে সেটাকে বলা হয় অ্যানালগ ইলেকট্রনিকস।

নিরবচ্ছিন্নভাবে পরিবর্তিত হতে থাকা তথ্য বা উপাত্তের এই সিগন্যালকে সম্পূর্ণ অন্যভাবে প্রক্রিয়া করা সম্ভব। সেটি করার জন্য একটু পরপর তার মানটি কত বের করে সেটিকে কোনো এক ধরনের সংখ্যায় প্রকাশ করে নিতে হয়। তারপর ধারাবাহিকভাবে এই সংখ্যাটির মানকে সংরক্ষণ করতে হয়।

আমগো তখন আমাদের প্ৰয়োজনমতো এই সংখ্যাগুলো ইলেকট্ৰনিকস ব্যবহাৰ কৰে প্ৰক্ৰিয়া কৰতে পাৰিব। যখন আবাৰ সেটিকে তাৰ মূল আ্যানালগ সিগন্যালে পৱিবৰ্তন কৰতে হয় তখন ধাৰাৰাবাহিকভাৱে সহৰক্ষিত যানেৰ সমান বৈদ্যুতিক সিগন্যাল তৈৰি কৰে নিজে হয়।

আমগো দৈনন্দিন জীবনে দশজিভিক দশমিক (Decimal) সংখ্যা ব্যবহাৰ কৰি। কিন্তু ইলেকট্ৰনিকসে সংখ্যা প্ৰকাশ কৰা হয় বাইনাৰি সংখ্যা দিয়ে, কাৰণ তাৰে ঘূৰ সহজেই কোনো একটি ভোল্টেজকে 1 এবং শূন্য ভোল্টেজকে 0 ধৰে প্ৰক্ৰিয়া কৰা যায়। সিগন্যালেৰ মানকে সংখ্যা বা ডিজিটে প্ৰকাশ কৰে ইলেকট্ৰনিকস কৰা হয় বলে এই ধৰনেৰ ইলেকট্ৰনিকসকে বলা হয় ডিজিটাল ইলেকট্ৰনিকস (চিত্ৰ 13.04)।

ইলেকট্ৰনিকসেৰ সবচেয়ে বড় অবদান কল্পিউটাৰ। কল্পিউটাৰে সকল তথ্যৰ আদান-প্ৰদান বা তথ্য প্ৰক্ৰিয়া হয় ডিজিটাল ইলেকট্ৰনিকস দিয়ে। ইন্টাৱেনেট বা কল্পিউটাৰ নেটওৱাৰ্কেও ডিজিটাল ইলেকট্ৰনিকস ব্যবহাৰ কৰে তথ্য আদান-প্ৰদান কৰা হয়। শব্দ ছবি বা ভিডিও ইত্যাদি সিগন্যাল শুৰু হয় আ্যানালগ সিগন্যাল হিসেবে এবং ব্যবহাৰও হয় আ্যানালগ সিগন্যাল হিসেবে কিন্তু সেগুলো ডিজিটাল সিগন্যাল হিসেবে সহৰক্ষণ প্ৰক্ৰিয়াকৰণ বা প্ৰেৰণ কৰা হয়। আ্যানালগ সিগন্যালে ঘূৰ সহজেই নয়েজ (Noise) প্ৰবেশ কৰে সিগন্যালেৰ পুনৰ্গত মান নষ্ট কৰতে পাৰে। একবাৰ সেটি ডিজিটাল সিগন্যালে পৱিবৰ্তন কৰে নিলে সেখানে Noise এত সহজে অনুপ্ৰবেশ কৰতে পাৰে না। কাজেই সিগন্যালেৰ পুনৰ্গত মান অবিকৃত থাকে।



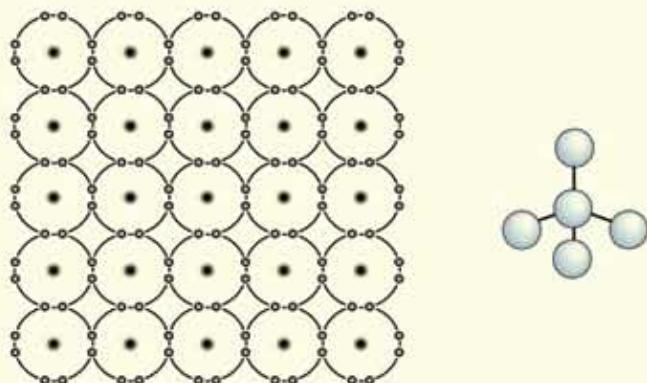
চিত্ৰ 13.04: (a) আ্যানালগ এবং (b) ডিজিটাল সিগন্যাল।

ডিজিটাল সিগন্যাল প্ৰক্ৰিয়া কৰাৰ জন্য বিশেষ ধৰনেৰ আইসি তৈৰি কৰা হয়। এই আইসিগুলো ধীৰে ধীৰে অনেক ক্ষমতাশালী হয়ে উঠছে। অৰ্ধাং অনেক কম সময়ে নিৰ্ভুলভাৱে অনেক বেশি পৱিবৰ্তন ডিজিটাল সিগন্যালে প্ৰক্ৰিয়া কৰতে পাৰে। কাজেই যতই দিন ধান্তে ডিজিটাল প্ৰক্ৰিয়া কৰাৰ বিষয়টি

তত্ত্বই সহজ হয়ে যাচ্ছে এবং এটি বলা বাহ্যিক নয় যে আমাদের চারপাশের জগৎটি একটি ডিজিটাল জগতে মুগান্তরিত হচ্ছে।

### 13.4 সেমিকন্ডাক্টর (Semiconductor)

আধুনিক জগৎ এবং আধুনিক সম্প্রতি পুরোটাই ইলেক্ট্রনিকসের উপরে গড়ে উঠেছে এবং এই ইলেক্ট্রনিকসের জন্য আমরা যদি কোনো এক ধরনের পদার্থের হাতি কৃতজ্ঞতা প্রকাশ করতে চাই তাহলে সেই পদার্থটি হবে অর্ধপরিবাহী বা সেমিকন্ডাক্টর। আমরা এর আগেও পরিবাহী এবং



চিত্র 13.05: সিলিকন ক্রিস্টাল। তান দিকে সিলিকন ক্রিস্টালের অভিযন্ত রূপ।

অপরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহী বা সেমিকন্ডাক্টরের নামটি উচ্চারণ করেছি, এখন ব্যাপারটার একটুধানি পর্তীয়ে ঘেতে পারি।

13.05 চিত্রে সেমিকন্ডাক্টরের অনেকগুলো পরমাণুকে পাশাপাশি দেখানো হয়েছে। পরমাণুর গঠনের কারণে তাদের শেষ কক্ষপথে যদি আটটি ইলেক্ট্রন থাকে তাহলে সেটি কোনো এক অর্ধে পরিপূর্ণ হয় এবং অনেক খিপ্পিশীল হয়। পরমাণুগুলো সব সময়ই চেটা করে তাদের শেষ কক্ষপথে আটটি ইলেক্ট্রন রাখতে। সিলিকন হচ্ছে সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত সেমিকন্ডাক্টর, তার শেষ কক্ষপথে ইলেক্ট্রনের সংখ্যা চার, কিন্তু যখন আমরা সিলিকন ক্রিস্টালের দিকে তাকাই তখন অবাক হয়ে আবিষ্কার করি প্রত্যেকটি পরমাণুই ভাবছে তার শেষ কক্ষপথে আটটি ইলেক্ট্রন! এটা ঘটেছে কারণ প্রত্যেকটা পরমাণুই চারদিকে তিনি চারটা পরমাণুর সাথে যুক্ত এবং সবাই লিঙের ইলেক্ট্রনগুলো

পাশের পরমাণুর সাথে ভাগভাগি করে ব্যবহার করছে। (আমরা চিত্রটি এঁকেছি এক সমতলে, সত্যিকার সিলিকন পরমাণুগুলো ত্রিমাত্রিক, চিত্রের ডানপাশে যে রকম দেখানো হয়েছে। প্রত্যেকটা পরমাণুই আসলে অন্য চারটি পরমাণুকে স্পর্শ করে থাকে।)

এমনিতে সেমিকন্ডাক্টরে ইলেকট্রনগুলো পরমাণুর সাথে আটকে থাকে, তাপমাত্রা বাড়ালে হয়তো একটা দুটো ইলেকট্রন মুক্ত হতে পারে। পরিবাহক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে তাই তখন সেমিকন্ডাক্টরটা খানিকটা পরিবাহকের মতো কাজ করতে পারে। পদার্থবিজ্ঞানের দৃষ্টিভঙ্গিতে এটা চমৎকার একটা ব্যাপার, কিন্তু ব্যবহারের জন্য এটা ততটা উপযোগী না। এটাকে সত্যিকার অর্থে ব্যবহার করার জন্য খুবই মজার একটা কাজ করা হয়। সিলিকন ক্রিস্টালের সাথে এমন একটা পরমাণু (যেমন ফসফরাস) মিশিয়ে দেওয়া হয় যার শেষ কক্ষপথে থাকে পাঁচটি ইলেকট্রন। তখন আমরা হঠাৎ করেই আবিষ্কার করি যেহেতু প্রত্যেকটা পরমাণু অন্য পরমাণুর সাথে নিজের ইলেকট্রন ভাগভাগি করে একটা শৃঙ্খলার মাঝে আছে এবং ফসফরাসের এই পঞ্চম ইলেকট্রনটি বাড়তি একটা ইলেকট্রন, কোনো পরমাণুরই তার প্রয়োজন নেই, তাই সেসব পরমাণুর মাঝেই প্রায় মুক্তভাবে ঘোরাঘুরি করতে পারে। এটাকে ফসফরাসের পরমাণুর মাঝে থাকতে হবে এমন কোনো কথা নেই। ফসফরাসকে পজিটিভ আয়ন বানিয়ে এই ইলেকট্রনটি মুক্ত ইলেকট্রনের মতো ব্যবহার করে। বলা যেতে পারে ফসফরাস মেশানো এ রকম সেমিকন্ডাক্টর অনেকটাই পরিবাহী, কারণ চার্জ পরিবহনের জন্য এখানে কিছু মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। ফসফরাসের মতো শেষ কক্ষপথে পঞ্চম ইলেকট্রনসহ পরমাণুর যোগ করে সেমিকন্ডাক্টরকে মোটামুটি পরিবাহক তৈরি করে ফেলা এই সেমিকন্ডাক্টরকে বলে n ধরনের সেমিকন্ডাক্টর।

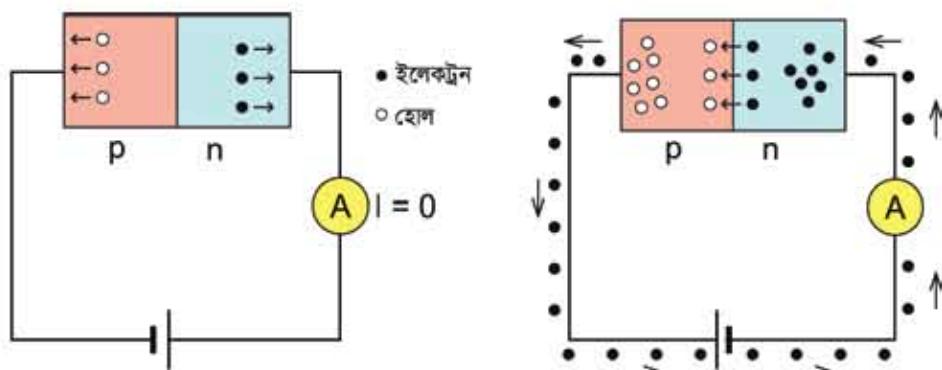
এবারে তোমরা আরো চমকপ্রদ একটা বিষয় শোনার জন্য প্রস্তুত হও। শেষ কক্ষপথে বাড়তি পঞ্চম ইলেকট্রন এমন পরমাণু না দিয়ে যদি আমরা উল্লেখ কাজটি করি, শেষ কক্ষপথে একটি কম অর্থাৎ তিনটি ইলেকট্রন (বোরন) দেওয়া কিছু পরমাণু মিশিয়ে দেওয়া হয় তাহলে কী হবে? অবশ্যই বোঝা যাচ্ছে বোরনের পরমাণুর কক্ষপথে একটা জায়গায় ইলেকট্রনের জন্য একটা ফাঁকা জায়গা থাকবে এবং পরমাণুটি সেই ফাঁকা জায়গাটা পাশের একটা ইলেকট্রন এসে ভরাট করে ফেলতে পারে। তখন পাশের পরমাণুতে একটা ফাঁকা জায়গা হয়ে যাবে, সেই ফাঁকা জায়গাটি আবার তার পাশের পরমাণুর একটা ইলেকট্রন এসে ভরাট করে ফেলতে পারে, তখন সেখানে একটা ফাঁকা জায়গা হবে। অন্যভাবে বলা যায় আমাদের কাছে মনে হবে একটা ইলেকট্রনের অভাবযুক্ত একটা ফাঁকা জায়গা বুঝি পরমাণু থেকে পরমাণুতে ঘুরে বেড়াচ্ছে। মনে হতে পারে এটা বুঝি আসলে এক ধরনের কণা এবং তার চার্জ বুঝি পজিটিভ। এটাকে বলা হয় হোল (Hole)। অর্থাৎ আমরা বলতেই পারি বোরন পরমাণুকে নেগেটিভ আয়ন হিসেবে রেখে তার হোলটি সিলিকন ক্রিস্টালের ভেতর ঘুরে বেড়াতে পারে। অর্থাৎ এই সেমিকন্ডাক্টরটি প্রায় পরিবাহক হিসেবে কাজ করে এবং তার ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ পরিবহন করে

পজিটিভ চার্জযুক্ত হোল। শেষ কক্ষপথে তিনটি ইলেক্ট্রন সৃষ্টি পরমাণু মিশিয়ে একটা সেমিকন্ডাক্টরকে যখন পরিবাহক করে ফেলা হয় তখন তাকে বলে p ধরনের সেমিকন্ডাক্টর।

এমনিতে আলাদাভাবে n ধরনের এবং p ধরনের সেমিকন্ডাক্টরের তেমন ব্যবহার হিল না কিন্তু যখন গুণ এবং p ধরনের সেমিকন্ডাক্টর একটার সাথে আরেকটা সৃষ্টি করা হলো তখন বিজ্ঞান এবং প্রযুক্তির জগতের সবচেয়ে বড় অঙ্গশক্তির সূচনা হয়েছিল।

### 13.4.1 ভারোড (Diode)

13.06 চিত্রে দেখানো হয়েছে একটা p ধরনের সেমিকন্ডাক্টর গুণ ধরনের সেমিকন্ডাক্টরের সাথে যুক্ত করে তার সাথে একটা ব্যাটারি এমনভাবে সৃষ্টি করা হয়েছে, যেন ব্যাটারির পজিটিভ অংশটি সৃষ্টি



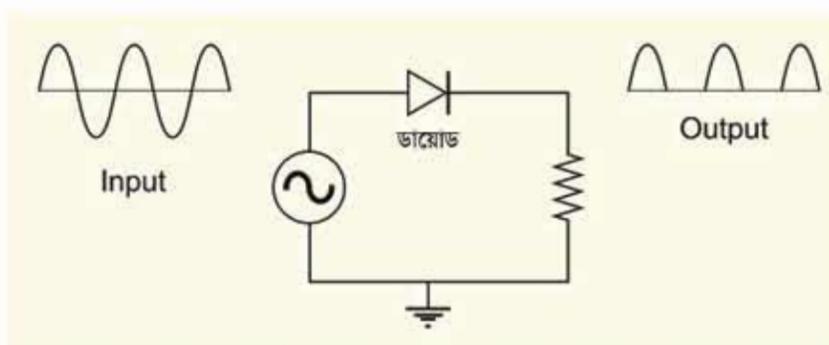
চিত্র 13.06: n এবং p সৃষ্টি করে তৈরি করা ভারোড। ব্যাটারি সেলের এক সহযোগে কোনো বিদ্যুৎ প্রবাহ হয় না, অন্য সহযোগে বিদ্যুৎ প্রবাহ হয়।

হয়েছে n এর সাথে এবং নেগেটিভ অংশটি সৃষ্টি হয়েছে p এর সাথে। আমরা জেনেছি গুণ ধরনের সেমিকন্ডাক্টরে বিদ্যুৎ পরিবহনের জন্য ইলেক্ট্রন থাকে, কাজেই ব্যাটারি সেলের পজিটিভ খূব সৃষ্টি এই ইলেক্ট্রনগুলোকে নিজের কাছে টেনে নেবে। কাজেই n টাইপ সেমিকন্ডাক্টরে বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য কোনো ইলেক্ট্রন থাকবে না। এটা হয়ে যাবে বিদ্যুৎ অপরিবাহী। তিক একইভাবে ব্যাটারির নেগেটিভ প্রান্ত থেকে ইলেক্ট্রন হাজির হবে p টাইপ সেমিকন্ডাক্টরে এবং সবগুলো হোল একটা একটা ইলেক্ট্রন নিয়ে তরাট হয়ে যাবে, কাজেই খুব সৃষ্টি দেখা যাবে বিদ্যুৎ প্রবাহ করার জন্য একটি হোলও অবশিষ্ট নেই, অর্থাৎ এই p সেমিকন্ডাক্টরটিও বিদ্যুৎ অপরিবাহী হয়ে যাবে। কাজেই ব্যাটারির সাথে এই np সেমিকন্ডাক্টরটি সৃষ্টি করা হলে এর ক্ষেত্র দিয়ে কোনো বিদ্যুৎই পরিবাহিত হবে না।

এবাবে যদি np সেমিকন্ডাক্টরটিতে ব্যাটারি সেলের উল্টো সহযোগ দেওয়া হয় ভাবলে কী হবে? অর্থাৎ ব্যাটারির পজিটিভ অংশ সাগানো হলো p ধরনের সেমিকন্ডাক্টরে এবং নেগেটিভ প্রান্ত সাগানো হলো n ধরনের সেমিকন্ডাক্টরে। এবাবে ব্যাটারির নেগেটিভ প্রান্ত থেকে ইলেক্ট্রন চুকে যাবে গুণ টাইপ ফর্ম-৪৭, পদার্থবিজ্ঞান, ১২-১০ম ব্রে

সেমিৰক্ষণাটোৱে এবং ইলেকট্ৰনগুলোকে  $n$ p জাহশনেৱ দিকে ঠেলে দেবে। ঠিক তেজনিভাৱে ব্যাটাৰিৰ পজিটিভ প্রান্ত p টাইপ সেমিৰক্ষণাটোৱে থেকে ইলেকট্ৰন ঠেলে নতুন হোল তৈৰি কৰতে থাকবে এবং সেই হোলগুলো ছুটে যাবে  $p$ n জাহশনেৱ দিকে। সেখানে ইলেকট্ৰনগুলো হোলগুলোকে ভৱাট কৰতে থাকবে। ব্যাপোৱাটা চলতেই থাকবে এবং কেট যদি ব্যাটাৰিৰ ভাৱণগুলোৱ দিকে ভাৱায় ভাৱণে দেখবে ব্যাটাৰিৰ নেগেটিভ প্রান্ত থেকে ইলেকট্ৰন আসছে এবং দিকে এবং p থেকে ইলেকট্ৰন বেৱ হয়ে কিৰে আসছে ব্যাটাৰিৰ পজিটিভ প্রান্তে। সেটা চলতেই থাকবে এবং আমৰা দেখব এই জাহশনেৱ ভেতৱ দিয়ে চমৎকাৰভাৱে বিদ্যুৎ প্ৰাৰ্থ হচ্ছে। p এবং n ধৰনেৱ সেমিৰক্ষণাটোৱ তৈৰি এই জাহশনকে বলে ভায়োড। ভায়োড এমন একটি ইলেকট্ৰনিকস ডিভাইস, যেখানে ব্যাটাৰিৰ এক ধৰনেৱ সংযোগে বিদ্যুৎ প্ৰাৰ্থ হয় উল্লেখ সংযোগে হয় না।

ভায়োডেৱ ব্যৱহাৰেৱ কোনো শেষ নেই। সাধাৰণ ভায়োড তো আহেই, সত্যি বলতে কি তোমৰা সব সময় যে লাল মীল সৰুজ হলুদ ছোট ছোট আলো দেখো সেগুলো সব LED বা Light Emitting Diode। ভায়োডেৱ আগো একটা মজাৰ ব্যৱহাৰ হচ্ছে AC থেকে DC তৈৰি কৰা। ভায়োড ব্যৱহাৰ



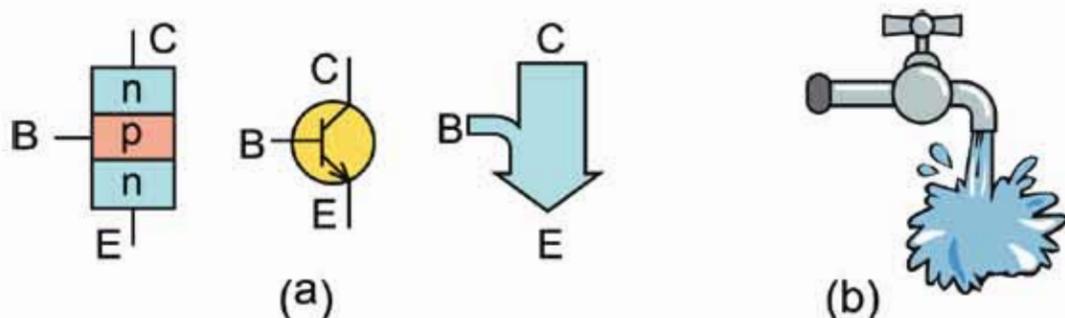
চিত্ৰ 13.07: ভায়োড ব্যৱহাৰ কৰে আসি সিগন্যালেৱ নেগেটিভ অংশ অপসাৰণ কৰে ফেলা ঘাৰ।

কৰে আসি সিগন্যালেৱ নেগেটিভ অংশ অপসাৰণ কৰে ফেলা ঘাৰ। 13.07 চিত্ৰে দেখানো উপায়ে আমৰা যদি ভায়োডেৱ AC ভোল্টেজ দিই অন্য পাশে নেগেটিভ অংশটুকু কেটে শুধু পজিটিভ অংশটুকু বেৱ হয়ে আসবো।

### 13.4.2 ট্ৰানজিস্টৱ (Transistor)

যামা বিজ্ঞানেৱ ইতিহাস জানে তাদেৱকে যদি জিজেস কৰা হয় প্ৰযুক্তিৰ সবচেয়ে বড় আবিক্ষাৱ বীৰী, সম্ভবত তাৰা ট্ৰানজিস্টৱেৱ কথা বলবে। ট্ৰানজিস্টৱ p এবং n ধৰনেৱ সেমিৰক্ষণাটোৱ দিয়ে তৈৰি এক ধৰনেৱ ডিভাইস, যেটি তাৰ ভেতৱ দিয়ে বিদ্যুতেৱ প্ৰাৰ্থ নিয়ন্ত্ৰণ কৰতে পাৱে। npn এবং pnp দুই ধৰনেৱ ট্ৰানজিস্টৱ আছে। ছবিতে তোমাদেৱ npn ধৰনেৱ ট্ৰানজিস্টৱ দেখানো হৱেছে। এটাকে

অনেকটা পানির ট্যাপের সাথে তুলনা করা যাব, পানির ট্যাপ খুললে পানির প্রবাহ শুরু হয় আবার ট্যাপটি বন্ধ করলে পানির প্রবাহ বন্ধ হয়ে যায়। npn ট্রানজিস্টরের যে দিয়ে কারেন্ট চোকে তার নাম কালেক্টর এবং যেদিয়ে দিয়ে কারেন্ট বের হয় তার নাম অ্যামিটার (Emitter)। মাঝখানে রয়েছে বেস, এই বেসটি পানির ট্যাপের মতো। এই বেসে অল্প একটু কারেন্ট দিলেই যেন ট্যাপটি খুলে যাব অর্থাৎ অনেক বিন্দুতের প্রবাহ হতে থাকে। আবার এই অল্প কারেন্ট বন্ধ করে দিলেই বিন্দুতের প্রবাহ বন্ধ হয়ে যাব (চিত্র 13.08)।



চিত্র 13.08: (a) একটি npn ট্রানজিস্টরের গঠন, প্রাচীক এক বিন্দুৎ প্রবাহ (b) ট্রানজিস্টরকে পানির ট্যাপের সাথে তুলনা করা যাব, একটুখানি ট্যাপ খুলে অনেকখানি পানি পাওয়া যাব, সেরকম একটুখানি বেস কারেন্ট দিয়ে অনেক খানি কালেক্টর-অ্যামিটার কারেন্ট পাওয়া যাব।

এই ট্রানজিস্টর দিয়ে অসংখ্য ইলেক্ট্রনিকস যন্ত্রপাতি তৈরি করা হয়। ছোট সিগন্যালকে বড় করার জন্য ট্রানজিস্টর ব্যবহার করা হয়, যেটাকে আমরা বলি অ্যাম্পিফিয়ার। নানা ধরনের সিগন্যালকে প্রক্রিয়া করার জন্যও ট্রানজিস্টর ব্যবহার করা হয়।

ট্রানজিস্টর রেজিস্টর, ক্যাপাসিটর, ডায়োড ইত্যাদি ব্যবহার করে অনেক প্রয়োজনীয় সার্কিট তৈরি করা হয়। ধীরে ধীরে প্রযুক্তির উন্নতি হতে থাকে এবং এই ধরনের নানা কিছু ব্যবহার করে তৈরি করা আসত একটি সার্কিট ছোট একটা জারপার মাঝে চুকিয়ে দেওয়া শুরু হলো এবং তার নাম দেওয়া হলো ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট। একটা ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট হয়তো একটা নথের সমান। তার ভেতরে প্রথমে হাজার হাজার ট্রানজিস্টর দিয়ে তৈরি সার্কিট ঢোকানো শুরু হয় এবং সেখতে সেখতে একটা আইসির ভেতর বিলিয়ন ট্রানজিস্টর পর্যন্ত বসানো সম্ভব হয়ে উঠতে থাকে। তোমরা এর মাঝে জেনে গেছো যে একটি ছোট চিপের ভেতর বিলিয়ন ট্রানজিস্টর ঢোকানোর এই প্রক্রিয়াকে বলা হয় VLSI বা Very Large Scale Integration। এই প্রক্রিয়াটি এখনো থেমে নেই এবং চিপের ভেতর আরো ট্রানজিস্টর চুকিয়ে আরো জাতিল সার্কিট তৈরি করার প্রক্রিয়া এখনো চলছে।

একটি ছোট চিপের ভেতর বিলিয়ন ট্রানজিস্টর দুকিয়ে অত্যন্ত জটিল সাকর্ত তৈরি করার কারণে আমরা কম্পিউটার, ল্যাপটপ, ক্যালকুলেটর, চমকপ্রদ মোবাইল টেলিফোন ইত্যাদি অসংখ্য নতুন নতুন ইলেক্ট্রনিকস যন্ত্রপাতি ব্যবহার করতে পারছি। একসময় ইলেক্ট্রনিকসের যে কাজটি করতে কয়েকটি ঘর কিংবা একটা আস্ত বিল্ডিংয়ের প্রয়োজন হতো এখন সেটা একটা ছোট চিপের ভেতর দুকিয়ে দেওয়া সম্ভব হচ্ছে এবং সেগুলো দিয়ে তৈরি নানা ধরনের যন্ত্র আমরা এখন পকেটে নিয়ে ঘুরে বেড়াতে পারি।

### 13.5 তথ্য ও যোগাযোগ প্রযুক্তি

#### (ICT: Information and Communication Technology)

তথ্য ও যোগাযোগ প্রযুক্তি এখন খুবই পরিচিত একটি বিষয়। আমাদের দৈনন্দিন জীবনের সাধারণ কাজ থেকে শুরু করে পেশাগত জীবনের অনেক গুরুত্বপূর্ণ কাজ এখন আমরা তথ্য ও যোগাযোগ প্রযুক্তি ব্যবহার করে সহজেই করে ফেলতে পারি। উনবিংশ শতকে টেলিফোন ও টেলিফোনের বিকাশ মানুষের যোগাযোগের ক্ষমতাকে অনেক দূর এগিয়ে নিয়ে গিয়েছিল। বিংশ শতাব্দীতে যোগাযোগের বিপ্লব এনেছে রেডিও, টেলিভিশন, সেলফোন বা ফ্যাক্স। সাম্প্রতিক কালে যোগাযোগের ক্ষেত্রে সবচেয়ে বেশি অবদান রেখেছে কম্পিউটার এবং ইন্টারনেট।

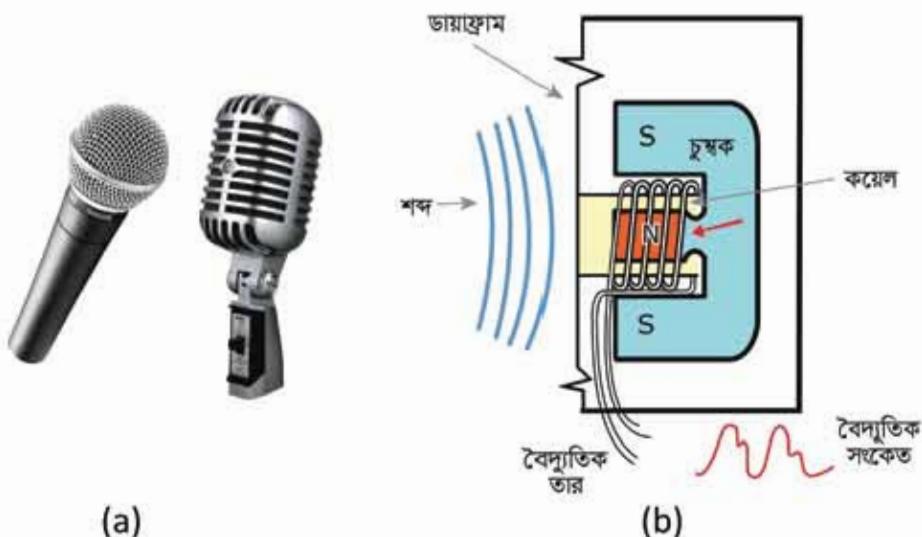
##### 13.5.1 মাইক্রোফোন

কোনো সভা বা অনুষ্ঠানে বক্তারা যে ইলেক্ট্রনিকস ডিভাইসের সামনে দাঁড়িয়ে কথা বলেন তাকে মাইক্রোফোন বলে। মাইক্রোফোন বক্তার কণ্ঠস্বরকে বিদ্যুৎ সংকেত বা তড়িৎ সংকেতে রূপান্তর করে। সেই বিদ্যুৎ সংকেতকে অ্যাম্পলিফায়ার দিয়ে বাড়িয়ে দেওয়া হয় এবং স্পিকারে পাঠানো হয়। স্পিকার সেটাকে শব্দে রূপান্তর করে এবং শ্রোতারা লাউড স্পিকারে জোরে শুনতে পান। তোমরা যখন মোবাইল ফোন ব্যবহার করো তখন বাইরে থেকে দেখা না গেলেও তোমরা আসলে মোবাইল ফোনের মাইক্রোফোনে কথা বলো এবং সেটির স্পিকারে শুনতে পাও।

##### মাইক্রোফোনের কার্যক্রম

দৈনন্দিন কিংবা বিশেষ কাজে ব্যবহারের জন্য নানা ধরনের মাইক্রোফোন রয়েছে, ছবিতে সেরকম সাধারণ একটি মাইক্রোফোনের গঠন দেখানো হলো। এই মাইক্রোফোনের সামনে ধাতুর একটি পাতলা পাত বা ডায়াফ্রাম থাকে। ডায়াফ্রামের সাথে একটা চলকুণ্ডলী (Coil) লাগানো থাকে যেটি 13.09 চিত্রে দেখানো উপায়ে একটা চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের ভেতর নড়াচড়া করতে পারে। যখন কেউ এই মাইক্রোফোনের সামনে কথা বলে তখন ডায়াফ্রামটি শব্দ তরঙ্গের কম্পনের সাথে কাঁপতে থাকে।

ডায়াফ্রামের সাথে লাগানো চলকুণ্ডলীটির চৌম্বক ক্ষেত্রে সামনে-পেছনে নড়তে থাকে। চৌম্বক ক্ষেত্রে একটি চলকুণ্ডলী নাড়াচাঢ়া করলে সেখানে একটি বিদ্যুৎ শক্তির আবেশ হয়, কাজেই মাইক্রোফোনটি শব্দশক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর করে একটি বৈদ্যুতিক সিগনাল পাঠায়।

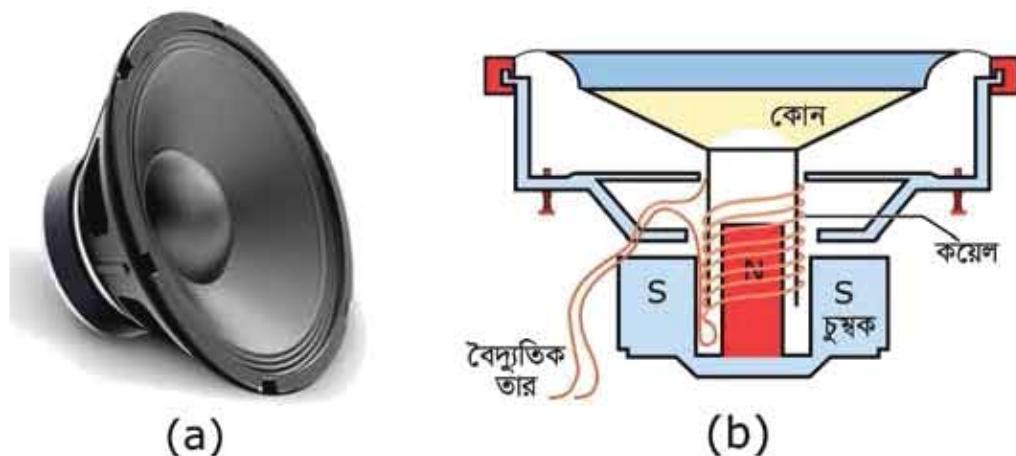


চিত্র 13.09: (a) মাইক্রোফোন এবং (b) গঠন।

শব্দের এই বৈদ্যুতিক সিগনাল শব্দের নিয়ুক্ত উপর্যুক্ত হলেও এর মান খুবই কম থাকে, তাই তাকে ব্যবহার করার জন্য অ্যাম্প্লিফিকেশনের বাড়িয়ে নিতে হয়। তারপর সেটি শুধু স্পিকারে নয়, টেলিফোন লাইনে, রেডিও সম্প্রচারে বা রেকর্ডিংয়ে ব্যবহার করা যায়।

### 13.5.2 স্পিকার

স্পিকার মাইক্রোফোনের ঠিক বিপরীত কাজটি করে অর্থাৎ বিদ্যুৎ শক্তিটিকে শব্দে রূপান্তর করে। 13.10 চিত্রে একটি স্পিকারের গঠন দেখানো হলো, মাইক্রোফোনের ডায়াফ্রামের বদলে স্পিকারে চলকুণ্ডলী বা Coilটি কাগজ বা হালকা ধাতুর তৈরি একটি কোন (Cone) বা শঙ্কুর সাথে লাগানো থাকে। যখন শব্দ থেকে তৈরি বৈদ্যুতিক সিগনালকে অ্যাম্প্লিফিকেশন দিয়ে বিবর্ধিত করে স্পিকারে পাঠানো হয় তখন কাগজ বা হালকা ধাতুর তৈরি শঙ্কু বা কোনটি সামনে-পেছনে কঢ়িত হয়ে যথোদ্দৰ্শ শব্দ তৈরি করে।



চিত্ৰ 13.10: (a) স্পিকাৰ এবং (b) গঠন।

### 13.5.3 ৱেডিও

ৱেডিও বিনোদন ও বোগাযোগের একটি পুনৰুৎপূর্ণ মাধ্যম (চিত্ৰ 13.11)। ৱেডিওতে আমৰা অন্যৱের পাশাপাশি বিনোদনের জন্য গান-বাজনা অথবা পর্যন্তের বিজ্ঞাপনও শুনতে পাৰি। সেনাবাহিনী ও পুলিশ বাহিনী তথ্য আদান- আদানের জন্য নিষ্পত্তি রেডিও ব্যবহার কৰে। মোবাইল বা সেলুলার টেলিফোন বোগাযোগেও ৱেডিও প্রযুক্তি ব্যবহার হয়।

কোনো ৱেডিও সম্প্রচার সেশনের সূচিতে বখন কেউ মাইক্রোফোনে কথা বলে তখন

সেই শব্দ বিদ্যুৎ তরঙ্গে বৃপ্তাত্তিৰিত হয়। আমৰা 20 Hz থেকে 20,000 Hz কম্পাক্ষে পৰ্যন্ত শুনতে পাৰি। কাজেই শব্দ থেকে বিদ্যুৎ তরঙ্গে বৃপ্তাত্তিৰিত সিগনালটিও এই কম্পাক্ষেৰ হয়। এটিকে পাঠানোৱ জন্য উচ্চ কম্পাক্ষেৰ তরঙ্গেৰ সাথে সূত্ৰ কৱা হয়। এই উচ্চ কম্পাক্ষেৰ তরঙ্গকে বাহক তরঙ্গ বলে।



চিত্ৰ 13.11: ৱেডিও সেট।

বাহক তরঙ্গোৱে সিগন্যালকে সূচ কৰাব এই প্ৰক্ৰিয়াটিকে মডুলেশন বলা হয়। এই মডুলেটেড তরঙ্গ আম্পলিফিকেশন দিয়ে বিবৰণ কৰা হয় এবং আন্টেনাৰ সাহায্যে চাৰিদিকে ছড়িয়ে দেওয়া হয়। এই বিদ্যুৎ চৌমুকীয় তরঙ্গ বা রেডিও তরঙ্গ ভূমি তরঙ্গ হিসেবে কিম্বা বায়ুমণ্ডলোৱে



চিত্ৰ 13.12: রেডিও সম্প্রচাৰ প্ৰক্ৰিয়া।

আৱোনোক্ষিয়াৱে প্ৰতিকলিত হৰে বহুমূলক পৰ্যন্ত ছড়িয়ে পড়তে পাৱে। রেডিও বা গ্ৰাহক বজ্জ্বলে কেতুৰ যে আন্টেনা থাকে সেটি এই রেডিও তরঙ্গকে বিদ্যুৎ তরঙ্গে রূপান্বয় কৰে নেয়। এৱগুৰ আৱোজনীয় ইলেক্ট্রনিকস ব্যবহাৰ কৰে বাহক তরঙ্গ ধৰে আলাদা কৰে নেওয়া হয়। এই প্ৰক্ৰিয়াটিকে ডিমডুলেশন বলা হয়। ডিমডুলেটেড বৈদ্যুতিক সিগন্যালটিকে আম্পলিফিকেশন দিয়ে বিবৰণ কৰে শ্ৰোতুৰ জন্য শিপকাৰে পাঠানো হয় (চিত্ৰ 13.12)।

রেডিও তরঙ্গ হিসেবে পাঠানোৰ জন্য রেডিও সম্প্রচাৰ স্টেশনগুলো আলাদা আলাদা কল্পাঙ্ক ব্যবহাৰ কৰে। গ্ৰাহক বজ্জ্বল নিৰ্দিষ্ট কোনো স্টেশন শুনতে হলে সেই কল্পাঙ্কেৰ সিগন্যালে টিউন কৰে নেয়— তাই আলাদা আলাদা রেডিও স্টেশন সবাই নিজেৰ অনুষ্ঠান প্ৰচাৰ কৰতে পাৱে এবং প্ৰোতোৱা নিজেৰ পছন্দেৰ রেডিও স্টেশনেৰ অনুষ্ঠান শুনতে পাৱে।

এখানে উল্লেখ কৰা যোৱে পাৱে বৈ গ্ৰাহক তরঙ্গোৱে বিজৰ বা Amplitude বাঢ়িৰ বা কমিয়ে সিগন্যালটি সংযুক্ত কৰা হয় বলে এই পদ্ধতিটো নাম AM (Amplitude Modulation) রেডিও। যদি Amplitude সমান রেখে কল্পাঙ্ক পৰিবৰ্তন কৰে মডুলেট কৰা হতো তাহলে এই পদ্ধতিকে বলা হতো FM (Frequency Modulation) রেডিও।

### 13.5.4 টেলিভিশন

তোমোৱা সৰাই টেলিভিশন দেখেছ এবং আমো যে টেলিভিশন এমন একটি যজ্ঞ বেখালে দূৰবৰ্তী কোলো টেলিভিশন সম্প্রচার সেটিশন থেকে শব্দেৱ সাথে সাথে ভিডিও বা চলমান ছবিগত দেখতে পাই (চিত্ৰ 13.13)। 1926 সালে জন লগি বেস্রোড প্ৰথম টেলিভিশনেৱ মাধ্যমে ভিডিও বা চলমান ছবি পাঠিয়েছিলেন। তাৰ পদ্ধতিটি হিল একটি বাণিক পদ্ধতি, পৰে ইলেক্ট্ৰনিকস ব্যবহাৰ কৰে ছবি পাঠানোৱ পদ্ধতিটি আৱো আধুনিক পদ্ধতি হিসেবে ব্যৱহৃত হচ্ছে শুৰু কৰে।



চিত্ৰ 13.13: আগেৰ এবং বৰ্তমান টেলিভিশন সেট।

ৱেডিও ট্ৰান্সমিটাৰ এবং ৱিসিভাৱে কীভাৱে কাজ কৰে সেটি যদি তোমোৱা বুৰো থাকো তাহলে টেলিভিশন কীভাৱে কাজ কৰে সেটিও খুব সহজেই বুৰতে পাৱব। টেলিভিশনে শব্দ এবং ছবি আলাদা সিগন্যাল হিসেবে পাঠানো হয়। শব্দ পাঠানোৱ এবং প্ৰাঙ্ক যজ্ঞে সেটি প্ৰণথ কৰে শোনাৰ বিষয়টি ইতিমধ্যে বৰ্ণনা কৰা হয়েছে। এখালে আমোৱা ছবি পাঠানোৱ বিষয়টি ব্যাখ্যা কৰি।

চলমান ছবি বা ভিডিও পাঠাতে হজো হাতি সেকেতে 25টি স্থিৱ চিত্ৰ পাঠাতে হয় এবং আবাদেৱ চোখে তখন সেগুলোকে আলাদা আলাদা স্থিৱ চিত্ৰ মনে না হয়ে একটি চলমান ছবি বলে মনে হয়।

টেলিভিশনে রাইলিন ছবি পাঠানোৱ জন্য টেলিভিশন ক্যামেৰা প্ৰতিটি ছবিকে লাল, সবুজ ও মীল (RGB: Red, Green and Blue) এই তিনটি মৌলিক রঙে ভাগ কৰে তিনটি আলাদা ছবি তুলে নেৱ। টেলিভিশন ক্যামেৰাৰ ভেতৱে আলোকে সিলিডি (CCD: Charge Coupled Device) ব্যবহাৰ কৰে বৈদ্যুতিক সিগন্যালে বৃশান্তৰিত কৰা হয়। এই বৈদ্যুতিক সিগন্যালকে উচ্চ কক্ষাঙ্কেৰ বাহক তরঙ্গোৱ সাথে মুক্ত কৰে অ্যান্টেনাৰ ভেতৱে দিয়ে চারিদিকে ছড়িয়ে দেয়া হয় (চিত্ৰ 13.14)।

ৰাহক যজ্ঞ বা টেলিভিশন সেট তাৰ অ্যান্টেনা দিয়ে উচ্চ কক্ষাঙ্কেৰ বাহক তরঙ্গকে গ্ৰহণ কৰে এবং ৱেকটিকাৰাৰ দিয়ে বাহক তরঙ্গকে সৱিয়ে মূল ছবিৰ সিগন্যালকে বেৱ কৰে নেৱ। আগে এই সিগন্যাল থেকে তিন রঙেৰ তিনটি ছবিকে ক্যামোৰ্জ ৱে টিউব নামেৱ পিকচাৰ টিউবে তাৰ ক্ষিণ

ইলেকট্রন গান দিয়ে প্রক্রিয়া করা হতো। এখন পিকচার টিউব প্রায় উচ্চে সিঙ্গেল এবং এলইডি (Light Emitting Diode) টেলিভিশন তার জায়গা দখল করেছে। এখানে ইলেকট্রন গান দিয়ে ক্ষিণ ছবি তৈরি না করে লাল, সবুজ ও নীল রঞ্জের কুম কুম এলইডিতে বিন্দুৎ ধৰাই করে ছবি তৈরি করা হয়। এলইডি টেলিভিশনে ছবির উজ্জ্বল্য অনেক বেশি এবং গুণগত মানও অনেক ভালো।



চিত্র 13.14: টেলিভিশন সম্পর্কের প্রক্রিয়া

এখানে উজ্জ্বল্য যে অ্যান্টেনার সাহায্যে টেলিভিশনের সিগন্যাল পাঠানো হাজ্বাও কো এক্সিমাল ক্যাবল দিয়েও সিগন্যাল পাঠানো হয়। এই ধরনের ডিভির সম্পর্কের ক্যাবল ডিভি নামে পরিচিত। এছাড়া স্যাটেলাইট ডিভি নামে এক ধরনের ডিভি অনুষ্ঠানের সম্পর্ক করা হয়। এটি মহাকাশে পাঠানো উপগ্রহ বা স্যাটেলাইট থেকে সরাসরি পৃথিবীতে পাঠানো হয়।

### 13.5.5 টেলিফোন ও ফ্যাক্স

টেলিফোন হচ্ছে পৃথিবীর সবচেয়ে বড় এবং সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত একটি যোগাযোগ মাধ্যম। আমরা এখন এই টেলিফোন (চিত্র 13.15) ব্যবহার করে পৃথিবীর যেকোনো প্রান্তে একজন মানুষের সাথে যোগাযোগ করতে পারি।

## ল্যান্ডফোন

1875 সালে আলেকজান্ডার গ্রাহাম বেল টেলিফোন আবিষ্কার কৰেছিলেন, তারা ধৰনের বিবৰণের মধ্য দিয়ে সেটি আধুনিক টেলিফোনে রূপ নিয়েছে, কিন্তু তার মূল কাজ কৰার প্রক্ৰিয়াটি এখনো আগের মতোই আছে।



চিত্ৰ 13.15: ল্যান্ডফোন এবং মোবাইল বা সেলুলার ফোন।

আমোৱা সবাই টেলিফোন দেখেছ এবং ব্যবহাৰ কৰেছ। টেলিফোনে পাঁচটি উপাখন থাকে। (a) **সুইচ:** যেটি মূল

টেলিফোন নেটওয়াৰ্কেৰ সাথে সংযুক্ত অৰ্থাৎ বিচ্ছিন্ন কৰে (b) **রিঙ্গাৰ:** যেটি শব্দ কৰে জানিয়ে দেয় যে কেউ একজন ঘোষাবোল কৰেছে (c) **কি প্যাক্ট:** যেটি ব্যবহাৰ কৰে একজন অন্য একজনকে জ্ঞানাল কৰতে পাৰে (d) **মাইক্রোফোন:** যেটি আমাদেৱ কণ্ঠস্বরকে বৈদ্যুতিক সিগন্যালে পরিবৰ্তন কৰে (e) **শিকার:** যেটি বৈদ্যুতিক সিগন্যালকে শব্দে রূপান্বয় কৰে শোনাৰ ব্যবস্থা কৰে দেয়।

প্ৰযোক্তি টেলিফোনই ভামাৰ তাৰ দিয়ে আৰম্ভিক অফিসেৰ সাথে যুক্ত থাকে। আমোৱা যখন কথা বলাৰ জন্য কোনো নথৰে জ্ঞানাল কৰি তখন আৰম্ভিক অফিসে সেই তথ্যটি পোঁছে যায়। সেখানে একটি সুইচ বোর্ড থাকে, যেটি নিৰ্দিষ্ট গ্ৰাহকেৰ টেলিফোনেৰ সাথে সুযোগ কৰে দেয়। যদি আমোৱা অনেক দূৰে কিংবা তিনি কোনো দেশে একজনেৰ সাথে কথা বলতে চাই তাহলে সুইচবোর্ড সেভাৰে আমাদেৱ নিৰ্দিষ্ট নেটওয়াৰ্কেৰ সাথে সুযোগ কৰে দেয়।

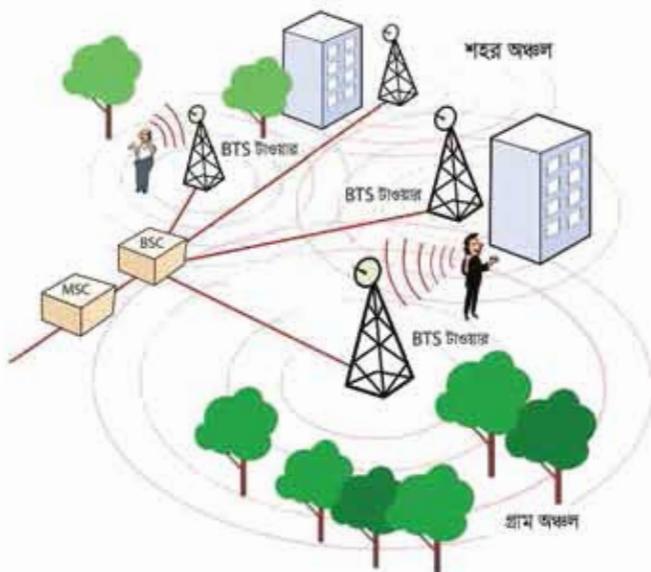
গ্ৰামীণ উৱতি হওয়াৰ আগে যখন গ্ৰামীণ দুই গ্ৰামে দুজন মানুষ টেলিফোনে কথা বলত তখন কথাবাৰ্তা পাঠানোৰ জন্য ভাদেৱ টেলিফোনকে ভামাৰ তাৰ দিয়ে সহযুক্ত কৰে দিতে হতো, সে কাৰণে পুৱো প্ৰক্ৰিয়াটা ছিল অনেক খৱচসাপেক্ষ। আধুনিক ঘোষাবোলযোৗৰ পুৱোটা অনেক সহজ হয়ে গৈছে, এখন একটি অপটিক্যাল ফাইবাৰে একই সাথে আকৰিক অৰ্থে লক লক মানুষেৰ কথাবাৰ্তা পাঠানো সম্ভব। তাই টেলিফোনে কথাবাৰ্তা বলাৰ বিষয়টি অনেক সহজ হয়ে পিয়েছে।

## মোবাইল টেলিফোন

ল্যান্ডফোন যেহেতু ভামাৰ তাৰ দিয়ে যুক্ত, তাই এটাকে একটা নিৰ্দিষ্ট জায়গায় রাখতে হয় এবং টেলিফোন কৰাৰ জন্য কিংবা টেলিফোন ধৰাৰ জন্য সেই জায়গাটিতে আসতে হয়। মোবাইল টেলিফোন আমাদেৱ সেই বাধ্যবাধকতা থেকে মুক্তি দিয়েছে এবং এই টেলিফোনটি আমোৱা আমাদেৱ সাথে রেখে যেকোনো জায়গায় যেতে পাৰি এবং যতক্ষণ আমোৱা নেটওয়াৰ্কেৰ ভেতৰে আছি, যেকোনো

নথৰে ফোন কৰতে পাৰি, কৰ্ত্তা বলতে কিংবা এসএমএস বিনিময় কৰতে পাৰি। সে কাৰণে মোবাইল ফোন এখন সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত এবং সবচেয়ে জনপ্ৰিয় যোগাযোগ মাধ্যম।

তোমৰা সবাই দেখেছ মোবাইল টেলিফোন কোনো তাৰ দি঱ে মুক্ত নো, আৰ অৰ্থ এটি ওয়াৰল্যাস বা  
ৱেডিও চৰকাৰ দি঱ে যোগাযোগ কৰে থাকে। কাজেই ধৰ্য্যেকটি মোবাইল টেলিফোন আসলে একই  
সাথে একটি ৱেডিও ট্ৰালিভিটাৰ এবং একটি ৱেডিও ৱিসিভাৰ।



চিত্ৰ 13.16: মোবাইল টেলিফোনেৰ লেটওয়াৰ্ক।

ল্যান্ড টেলিফোনে যে যে শাখিক উপায় থাকা প্ৰয়োজন মোবাইল টেলিফোনেও সেগুলো কোনো না  
কোনো রূপে থাকতে হয়, তাৰ সাথে আৱো কয়েকটি বাড়তি বিষয় যুক্ত হয়। সেগুলো হচ্ছে (a)  
ব্যাটারি: এই ব্যাটারি দি঱ে মোবাইল ফোনেৰ জন্য বৈদ্যুতিক শক্তি সৱবৰাহ কৰা হয় (b) সিম: এই  
ছিনটিতে মোবাইল ফোনেৰ যোগাযোগেৰ তথ্য দেখাবো হয় (c) সিৰ কাৰ্ড: (SIM: Subscriber  
Identity Module) বৈধানে ব্যবহাৰকাৰীৰ তথ্যগুলো সহজকৰ্ণ কৰা হয় (d) ৱেডিও ট্ৰালিভিটাৰ ও  
ৱিসিভাৰ: এগুলো দি঱ে মোবাইল ফোন তাৰ লেটওয়াৰ্কেৰ সাথে যোগাযোগ কৰে (e) ইলেক্ট্ৰনিক  
সকলি: এটি মোবাইল টেলিফোনেৰ জটিল কাৰ্যকৰ্মকে ঠিকভাৱে সমাদৰ কৰতে সহায় কৰে।

মোবাইল টেলিফোনে যোগাযোগ কৰাৰ কাজটি সকলৰ কৰাৰ জন্য পুৱো এলাকাকে অনেকগুলো সেলে  
(Cell) ভাগ কৰে নেয় (চিত্ৰ 13.16)। এজন্য মোবাইল টেলিফোনকে অনেক সময় সেলফোনও বলা  
হয়। প্ৰয়োজনেৰ উপর নিৰ্ভৰ কৰে এই সেলগুলোৰ ব্যাসাৰ্থ 1 থকে 20 কিলোমিটাৰ পৰ্যন্ত হতে  
পাৰে। ধৰ্য্যেকটা সেলে একটি কৰে বেস স্টেশন (BTS: Base Transceiver Station) থাকে।

একটি এলাকার অনেকগুলো বেস স্টেশন একটা বেস স্টেশন কন্ট্রোলারের (BSC: Base Station Controller) মাধ্যমের মোবাইল সুইচিং কেন্দ্রের (MSC: Mobile Service Switching) সাথে যোগাযোগ করে। মোবাইল সুইচিং কেন্দ্রটি মোবাইল নেটওয়ার্কের একটি সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ অংশ, এখানে প্রেরক আর গ্রাহকের মধ্যে যোগাযোগ করিয়ে দেওয়া হয়।

কেউ (প্রেরক) যখন তার মোবাইল ফোনে অন্য কোনো নামারে (গ্রাহকের) ডায়াল করে তখন প্রেরকের মোবাইল ফোনটি সে যে সেলে আছে তার বেস স্টেশনের (BTS) সাথে যুক্ত হয়। সেই বেস স্টেশন থেকে তার কলটি বেস স্টেশন কন্ট্রোলারের (BSC) ভেতর দিয়ে মোবাইল সুইচিং কেন্দ্রে (MSC) পৌঁছায়। মোবাইল সুইচিং কেন্দ্র তার কাছে রাখা তথ্যভাণ্ডার থেকে গ্রাহক সেই মুহূর্তে কোন সেলের ভেতর আছে সেটি খুঁজে বের করে। তারপর প্রেরকের কলটি গ্রাহকের সেই সেলের বেস স্টেশনের সাথে যুক্ত করে দেয় এবং সেই বেস স্টেশন থেকে গ্রাহকের মোবাইল ফোনে রিং দেওয়া হয়।

মোবাইল ফোনের নেটওয়ার্ককে সচল রাখার জন্য অনেক ধরনের প্রযুক্তিগত উন্নয়ন করা হয়েছে। আমাদের মোবাইল টেলিফোন থেকে খুবই কম শক্তির সিগন্যাল ব্যবহার করে কাছাকাছি বেস স্টেশনের সাথে যুক্ত করা হয় এবং আমরা যদি একটি সেল থেকে অন্য সেলে চলে যাই এই একটি স্থানান্তর করে দেয়। একটি ঘনবসতিপূর্ণ শহরে যদি অনেক মোবাইল ফোন ব্যবহারকারী থাকে তাহলে ছোট ছোট অনেক সেল দিয়ে তাদের ফোন করার সুযোগ দেওয়া হয়। আবার গ্রামের কম জনবসতি এলাকায় একটি অনেক বড় সেল দিয়ে পুরো এলাকা নেটওয়ার্কের সাথে যুক্ত রাখা হয়।

এখানে উল্লেখ্য যে, শুরুতে শুধু কথা বলার জন্য টেলিফোন উন্নয়ন করা হয়েছিল। পরে মোবাইল টেলিফোনে কথার সাথে সাথে এসএমএস পাঠানোর ব্যবস্থা করা হয়েছে। এখন স্মার্টফোন নামে নতুন যে ফোনগুলো এসেছে সেগুলো কর্তৃপক্ষের (Voice) সাথে সাথে সব ধরনের তথ্য (Data) আদান প্রদান করতে পারে। কাজেই সেগুলো সরাসরি ইন্টারনেটের সাথে যুক্ত হতে পারে এবং আগে যে কাজগুলো কম্পিউটার বা ল্যাপটপ ছাড়া করা সম্ভব ছিল না সেগুলো এই স্মার্টফোন দিয়ে করা সম্ভব হয়েছে। শুধু তাই নয়, এই স্মার্টফোনগুলোর জন্য নানা ধরনের অ্যাপ (Application) তৈরি হচ্ছে সেগুলো দিয়ে স্মার্টফোন আমাদের আরো নানা ধরনের কাজ করতে সাহায্য করে।

স্মার্টফোন একদিকে আমাদের জীবনযাত্রার একটি বৈপ্লাবিক পরিবর্তন এনেছে। একই সাথে খুব সহজে স্মার্টফোনে ইন্টারনেটে যুক্ত হওয়ার সুযোগের কারণে নতুন প্রজন্ম সামাজিক নেটওয়ার্ক জাতীয় বিষয়গুলোতে অনেক অপ্রয়োজনীয় সময় ব্যয় করছে, সেটি এই মুহূর্তে শুধু আমাদের দেশের নয়, সারা পৃথিবীর একটি বড় সমস্যা।

## ফ্যাক্স

ফ্যাক্স শব্দটি হচ্ছে ফ্যাক্সিমিল (Facsimile) এর সংক্ষিপ্ত রূপ। ফ্যাক্স করা বলতে আমরা বোঝাই কোনো ডকুমেন্টকে কপি করে টেলিফোন লাইন ব্যবহার করে তাঁকণিকভাবে সরাসরি পাঠানো দেওয়া। বর্তমান যুগে কম্পিউটার, কম্পিউটার নেটওয়ার্ক, ইন্টারনেট এই ফ্যাক্স প্রযুক্তিকে অনেক পেছনে ফেলে এসেছে, তারপরও আর সব প্রতিষ্ঠানই এখনো এই প্রাচীন কিন্তু নির্ভরযোগ্য প্রযুক্তিকে



চিত্র 13.17: ফ্যাক্স মেশিন এবং তার কর্মসূচি।

ব্যবহার করে যাচ্ছে। শুনে অবাক লাগতে পারে, ফ্যাক্স পাঠানো হয় টেলিফোন লাইন দিয়ে কিন্তু প্রথম ফ্যাক্সের ধারণাটি পেটেন্ট করা হয়ে টেলিফোন আবিষ্কারেরও খিল বাহর আগে।

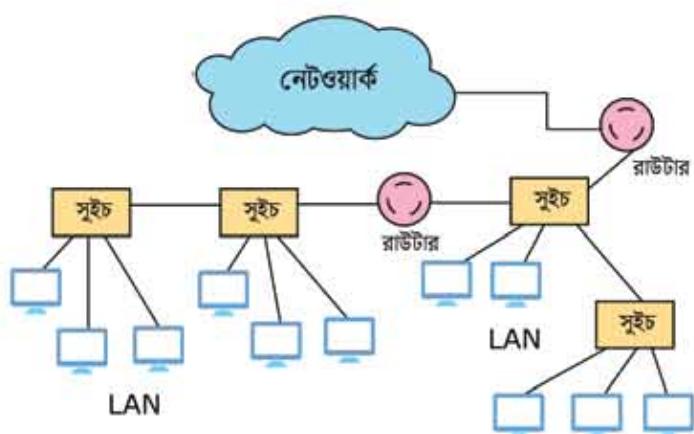
ফ্যাক্স মেশিন একই সাথে একটা ডকুমেন্টের কপি পাঠাতে পারে এবং এই মেশিনে পাঠানো একটি কপিকে প্রিন্ট করে দিতে পারে (চিত্র 13.17)। ফ্যাক্স মেশিনে বর্খন একটি ডকুমেন্ট দেওয়া হয় তখন সেখানে উজ্জ্বল আলো ফেলা হয়, ডকুমেন্টের কালো অংশ থেকে কম এবং সাদা অংশ থেকে বেশি আলো প্রতিফলিত হয়, সেই উত্থাপনে সংরক্ষণ করে ডকুমেন্টের কপিকে বৈদ্যুতিক সিগন্যালে রূপান্তর করে টেলিফোন লাইন দিয়ে পাঠানো হয়।

টেলিফোন লাইনের অন্য ধার্মে ফ্যাক্স মেশিনটি তার কাছে পাঠানো ডকুমেন্টের কপিটিকে একটি প্রিন্টারে প্রিন্ট করে দেয়। ফ্যাক্স মেশিন এখনো একটি নির্ভরযোগ্য প্রযুক্তি, এটি একটি ডকুমেন্টের কপিকে শুধু সাদা এবং কালো হিসেবে পাঠানো হয় বলে লিখিত ডকুমেন্টের জন্য ঠিক থাকলেও গাঢ়িন কিংবা ফটোগ্রাফের জন্য উপযুক্ত নয়। এছাড়া বেশির ভাগ ফ্যাক্স মেশিনে ধার্মাত্মক পেপার ব্যবহার করা হয় বলে ডকুমেন্টটি খুব তাড়াতাড়ি অপ্টেন্ট হয়ে যেতে পারে।

## 13.6 ইন্টাৱনেট ও ই-মেইল (Internet and e-mail)

### 13.6.1 ইন্টাৱনেট:

তোমোৱা এৰ মাবে অনেকবাৰ কম্পিউটাৰ কী এবং সেটা কীভাৱে কাজ কৰে সেটা পড়ে আসেছ। একটা প্রতিষ্ঠানেৰ কম্পিউটাৰগুলোকে সাধাৰণত একটা নেটওয়াৰ্ক দিয়ে পৰম্পৰেৰ সাথে যুক্ত কৰে দেওৱা হয়, যেন একটা কম্পিউটাৰ অন্য একটা কম্পিউটাৰেৰ সাথে যোগাযোগ কৰতে পাৰে, আবাৰ ধৰ্মোজন হৈলে একটা কম্পিউটাৰ অন্য কম্পিউটাৰেৰ Resource ব্যৱহাৰ কৰতে পাৰে। এই ধৰনেৰ নেটওয়াৰ্ককে LAN (Local Area Network) বলা হয়ে থাকে। আজকাল LAN তৈরি কৰাৰ জন্য একটা সুইচেৰ সাথে অনেকগুলো কম্পিউটাৰ যুক্ত কৰে সুইচগুলোকে পৰম্পৰেৰ সাথে যুক্ত কৰে দিতে হয়। যখন একটা কম্পিউটাৱকে অন্য কম্পিউটাৱেৰ সাথে যোগাযোগ কৰতে হয় সেটি বনি তাৰ



চিত্ৰ 13.18: নেটওয়াৰ্কৰ সমূহ যুক্ত একধিৰি LAN

নিজেৰ সুইচেৰ সাথে যুক্ত কম্পিউটাৱেৰ মাবে পেৱে যাব ভাবলে তাৰ সাথে সমাসৰি যোগাযোগ কৰে। সেখানে আ শেষে অন্য সুইচে খোজ কৰতে থাকে।

একটি প্রতিষ্ঠানেৰ একটি LAN কে অন্য একটি প্রতিষ্ঠানেৰ অন্য একটি LAN এৰ সাথে যুক্ত কৰাৰ জন্য রাউটাৰ (Router) ব্যৱহাৰ কৰা হয়। (চিত্ৰ 13.18) বিভিন্ন নেটওয়াৰ্ক (Network) এৰ নিজেদেৱ মাবে Inter Connection কৰে Networking কে Internet বলা হয়। এই যুক্তিৰ পৰি নৱ বিলিয়ন কম্পিউটাৰ বা অন্য কোনো ডিভাইস ইন্টাৱনেটেৰ সাথে যুক্ত আছে এবং এই সংখ্যাটি ধৰ্মিনীহীন বাঢ়ছে। কাজেই ইন্টাৱনেট হচ্ছে নেটওয়াৰ্কৰ নেটওয়াৰ্ক যেখানে প্রাইভেট, গোৰালিক, শিক্ষা প্রতিষ্ঠান, ব্যবসা-বাণিজ্য, সরকাৰি-বেসৱকাৰি স্থানীয় বা বৈশ্বিক সব ধৰনেৰ

নেটওয়ার্ক জড়িত হয়েছে। এই বিশাল নেটওয়ার্ক তৈরি করার জন্য নানা ধরনের ইলেকট্রনিকস, ওয়্যারলেস এবং ফাইবার অপটিক নেটওয়ার্ক প্রযুক্তি ব্যবহার করা হয়েছে।

ইন্টারনেট ব্যবহার করে এখন নানা ধরনের তথ্য আদান-প্রদান করা যায় এবং নানা ধরনের সেবা নেওয়া যায়। উদাহরণ দেওয়ার জন্য বলা যেতে পারে, ইন্টারনেটে রয়েছে নানা ধরনের ওয়েবসাইট, ইলেকট্রনিক মেইল, টেলিফোন এবং ভিডিও যোগাযোগ, তথ্য আদান-প্রদান, সামাজিক নেটওয়ার্ক, বিনোদন, শিক্ষা এবং গবেষণা টুল এবং নানা ধরনের ইন্টারনেটভিত্তিক সেবা। সারা পৃথিবীর মানুষ এখন ইন্টারনেটের ওপর নির্ভরশীল হয়ে উঠেছে এবং আমাদের জীবনধারার একটি বৈপ্লাবিক পরিবর্তন এসেছে। এখানে উল্লেখ করা যায় যে ইন্টারনেটে পৃথিবীর সকল মানুষেরই যোগাযোগ করার সমান সুযোগ আছে বলে নানা ধরনের প্রচারের সাথে সাথে অপ্রচার এবং অপ্রযোবহারের সুযোগও তৈরি হয়েছে। নানা ধরনের ক্ষতিকর সফটওয়্যার তৈরি করে নেটওয়ার্কের ক্ষতি করা, বিদ্রোহ এবং হিংসা ছড়ানো, আপত্তিকর তথ্য উপস্থাপনের সাথে সাথে অপরাধীরাও তাদের কার্যক্রমে গোপনে ইন্টারনেট ব্যবহার করে থাকে।

কিছু নেতৃত্বাচক বিষয় থাকার পরও ইন্টারনেট এই সভ্যতার সবচেয়ে বড় অবদান এবং এই প্রথমবার পৃথিবীর সকল মানুষ সমানভাবে একটি প্রযুক্তিতে অংশ নেওয়ার সুযোগ পেয়েছে। ভবিষ্যতের পৃথিবীতে এই নেটওয়ার্কের কী প্রভাব পড়বে দেখার জন্য সারা পৃথিবীর মানুষ আগ্রহ নিয়ে অপেক্ষা করছে।

### 13.6.2 ই-মেইল

ইলেকট্রনিক মেইলের সংক্ষিপ্ত রূপ হচ্ছে ই-মেইল এবং ই-মেইল বলতে আমরা বোঝাই কম্পিউটার, ট্যাবলেট, স্মার্টফোন ইত্যাদি ডিজিটাল ডিভাইস দিয়ে নেটওয়ার্ক ব্যবহার করে একজন বা অনেকজনের সাথে ডিজিটাল তথ্য বিনিময় করা। 1971 সালে প্রথম ই-মেইল পাঠানো হয় এবং মাত্র 25 বছরের ভেতরে পোস্ট অফিস ব্যবহার করে পাঠানো চিঠি থেকে ই-মেইলের সংখ্যা বেশি হয়ে গিয়েছিল। বর্তমানে ই-মেইলের ব্যবহার ছাড়া আমরা একটি দিনও কম্পনা করতে পারি না।

কম্পিউটার, ল্যাপটপ, ট্যাবলেট বা অন্য কোনো ডিজিটাল ডিভাইস দিয়ে ই-মেইল পাঠাতে হলে সব সময়ই একটি ই-মেইল সার্ভারের দরকার হয়। এই ই-মেইল সার্ভার ব্যবহারকারীদের ই-মেইল সংরক্ষণ করে এবং নেটওয়ার্কের মাধ্যমে অন্য ব্যবহারকারীদের সাথে ই-মেইল বিনিময় করে। ই-মেইল বিনিময় করার আরেকটি এবং বর্তমানে অনেক জনপ্রিয় উপায় হচ্ছে ইন্টারনেটের দেওয়া ই-মেইল সার্ভিস। তাদের মাঝে Gmail, Yahoo, Hotmail ইত্যাদি ই-মেইলের সেবা শুধু যে বিনামূল্যে দেওয়া হয় তা নয়, তারা ব্যবহারকারীদের ই-মেইল সংরক্ষণ করার দায়িত্বও গ্রহণ করে থাকে।

ই-মেইল পাঠানোর জন্য প্রথমেই যিনি পাঠাবেন এবং যিনি পাবেন দুজনেরই ই-মেইলের ঠিকানার দরকার হয়। তোমরা সবাই ই-মেইল ঠিকানার সাথে পরিচিত এবং সবাই লক্ষ করেছ ই-মেইল ঠিকানাটি @ বর্ণটি দিয়ে ভাগ করা হয়েছে। যদি abc@def.com একটি ই-মেইল ঠিকানা হয়ে থাকে তাহলে @ এর পরের অংশটুকু হচ্ছে ডোমেইন নেইম, যেটা দিয়ে বোঝানো হয় ব্যবহারকারী কোন প্রতিষ্ঠানের সাথে জড়িত। প্রথম অংশটুকু হচ্ছে ব্যবহারকারীর কোনো ধরনের পরিচয়।

একটি ই-মেইল একাধিক গ্রাহকের কাছে পাঠানো যায়। প্রয়োজনে ই-মেইলকে অন্য একজনকে “কার্বন কপি” হিসেবে (CC) পাঠানো যায়। ই-মেইলের শুরুতে বিষয় হিসেবে ই-মেইলের বস্ত্রব্যটির একটি শিরোনাম লেখা যায়। শুধু তাই নয় ই-মেইলের বিষয়বস্তু লেখার পাশাপাশি তার সাথে অন্য কোনো ডকুমেন্ট বা ছবি সংযুক্ত করে পাঠিয়ে দেওয়া যায়।

এটি বলা বাহুল্য মাত্র আমরা ই-মেইল ছাড়া এখন একটি মুহূর্তও কল্পনা করতে পারি না।

ই-মেইল, ইন্টারনেট কিংবা ইন্টারনেটভিত্তিক নানা ধরনের সামাজিক নেটওয়ার্ক আমাদের জন্য একটি নতুন সম্ভাবনার দরজা খুলে দিয়েছে। একই সাথে এই প্রযুক্তিগুলোর অপব্যবহার আমাদের জীবনে খুব সহজেই বড় ধরনের বিপর্যয় নিয়ে আসতে পারে। কাজেই এটা বলা বাহুল্য মাত্র এই অত্যন্ত শক্তিশালী প্রযুক্তিগুলো আমাদের দায়িত্বশীলের মতো ব্যবহার করতে হবে, এটি শুধু তথ্যপ্রযুক্তি নয়, সকল প্রযুক্তির ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য।

## 13.7 তথ্য ও যোগাযোগ প্রযুক্তির কার্যকর ব্যবহার (Effective Uses of ICT)

---

### 13.7.1 স্বাস্থ্য সমস্যা

তথ্য ও প্রযুক্তির অনিয়ন্ত্রিত ব্যাপক ব্যবহারের ফলে বিভিন্ন স্বাস্থ্য সমস্যার সৃষ্টি হতে পারে। যারা অধিকক্ষণ ধরে কম্পিউটার নিয়ে কাজ করে, কম্পিউটারের কি-বোর্ড ও মাউসের দীর্ঘক্ষণ ও দীর্ঘদিন ব্যবহারের ফলে তাদের হাতের রগ, ম্যায়, কবজি, বাতু, কাঁধ ও ঘাড়ে অতিরিক্ত টান (stress) বা চাপ পড়ে। কাজেই কাজের ফাঁকে যথেষ্ট বিশ্রাম না নিলে এসব অঙ্গ ব্যথাসহ নানা রকম সমস্যার সৃষ্টি হতে পারে।

কাজের ফাঁকে ফাঁকে বিশ্রাম না নিয়ে দীর্ঘদিন ও দীর্ঘক্ষণ কম্পিউটারের কাজ করলে চোখে নানা রকম সমস্যার সৃষ্টি হয়, একে বলা হয় কম্পিউটার ভিশন সিনড্রোম। এই সিনড্রোমের মধ্যে রয়েছে চোখ

জ্বালা পোড়া করা, চোখ শূক হয়ে যাওয়া, চোখ চুলকানো, চোখ লাল হয়ে যাওয়া এবং চোখের পানি শূকিয়ে যাওয়া।

কম্পিউটার ব্যবহার থেকে সৃষ্টি স্বাস্থ্য সমস্যার চেয়ে এই সমস্যা সৃষ্টি হতে না দেওয়াটাই বৃদ্ধিমানের কাজ। আমাদের সতর্ক হতে হবে যেন এসব স্বাস্থ্য সমস্যার সৃষ্টি না হয়। কিছু সহজ নিরাম যেনে চলেই আমরা এই ধরনের সমস্যা থেকে রক্ষা পেতে পারি। যেমন:

- (a) কম্পিউটারে কাজ করার সময় সঠিকভাবে বসতে হবে এবং সোজা সামনে তাকাতে হবে।
- (b) কাজের ফাঁকে ফাঁকে অস্তত আধা ঘণ্টা পর পর ৫ মিনিটের জন্য হলেও বিশ্রাম নিতে হবে এবং কাঁধ ও ঘাড়কে রিল্যাক্স করতে দিতে হবে।
- (c) কম্পিউটারের স্ক্রিনটি যেন চোখ থেকে 50-60 সেন্টিমিটার দূরে থাকে।
- (d) এতি 10 মিনিট পর পর কিছুক্ষণের জন্য হলেও দূরের কোনো কিছুর দিকে তাকাতে হবে, এতে চোখে আরামবোধ হবে।

### 13.7.2 মানসিক সমস্যা:

কম্পিউটার ব্যবহারে যেসব শারীরিক সমস্যা হতে পারে তার চেয়ে অনেক গুরুতর সমস্যা হচ্ছে মানসিক সমস্যা। ইন্টারনেট সহজলভ্য হওয়ার কারণে আজকাল পার সবাই এটি ব্যবহার করতে পারে। ইন্টারনেটে একদিকে যেমন তথ্য ও জ্ঞানের ভাণ্ডার উপুত্ত করে রাখা আছে ঠিক সেরকম সামাজিক নেটওয়ার্ক জাতীয় সার্ভিসের মাধ্যমে অসচেতন ব্যবহারকারীদের মোহগ্ন্য করে রাখার ব্যবস্থাও করে রাখা আছে। যলোবিজ্ঞানীরা পরেবণা করে দেখাতে শুরু করেছেন যে, মানুষ যেভাবে মাদকে আস্তু হয়ে যাব সেভাবে অতিরিক্ত কম্পিউটার ব্যবহার, ইন্টারনেট বা সামাজিক নেটওয়ার্কে আস্তু হয়ে যেতে পারে। অতিরিক্ত কম্পিউটার গেম খেলে মৃত্যুবরণ করেছে এরকম উদাহরণও আছে। কাজেই সব সময়ই যন্তে রাখতে হবে আধুনিক প্রযুক্তি যাতাই জালো নয়, পৃথিবীতে যেমন অনেক অপ্রয়োজনীয় এবং ক্ষতিকর প্রযুক্তি আছে ঠিক সেরকম জালো প্রযুক্তির অপ্যবহারের কারণে সেটি আমাদের জীবনে অঙ্গিশাপ হয়ে দেখা দিতে পারে।



নিজে করো

দায়িত্বশীল হিসেবে ই-মেইল, ইন্টারনেট কিংবা সামাজিক নেটওয়ার্ক কীভাবে ব্যবহার করা যাব তার উপর একটি প্রতিযোগিতা লিখ।

## অনুশীলনী



### সাধারণ প্রশ্ন

- নিউটন যদি বিটা কণা বের করে প্রোটনে পরিবর্তিত হতে পারে তাহলে নিউক্লিয়াসের ভেতর সব নিউটন ধীরে ধীরে প্রোটনে পরিবর্তিত হয়ে যায় না কেন?
- তাগমাতা বাড়ালে রেজিস্ট্ৰেৱ রোখ বেড়ে যায় কিন্তু সেমিকন্ডক্টোৱে কমে কেন?
- তেজস্ক্রিপ্টা কী ব্যাখ্যা কৰো।
- আলফা ও বিটা কণাৰ পাৰ্থক্য ব্যাখ্যা কৰো।
- সমৰ্পিত বতনী কী?
- ইন্টাৰনেট কাকে বলে? এৱে স্বারা কী কী কাজ কৰা যায়?
- ফ্যাক্টৰ কীভাৱে কাজ কৰে বৰ্ণনা কৰো।



### গণিতিক প্রশ্ন

- একটি জীৰ্বাশতে যে পরিমাণ  $C_{14}$  থাকাৰ কথা তাৰ থেকে 16 গুণ কম আছে। জীৰ্বাশটি কত পুৱাতন?



### বহুনিৰ্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তৰটিৰ পাশে ঠিক (✓) টিক দাও

- তেজস্ক্রিপ্ট মৌল থেকে নিৰ্গত আলকা কণা কী?

- (ক) একটি হাইড্ৰোজেন নিউক্লিয়াস  
(গ) একটি অণোক্তক কণা

- (ব) একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াস  
(ঘ) একটি অণোক্তক কণা

২. তেজস্বিয় অর্থের ফলে যে বিটা রশি নির্গত হয় তা আসলে কী?
- (ক) ধনাচ্ছবক ইলেক্ট্রনের স্রোত      (খ) একটি তড়িৎ নিরপেক্ষ কণা  
 (গ) একটি ধনাচ্ছবক নিউক্লিয়াস      (ঘ) ধনাচ্ছবক প্রোটনের স্রোত
৩. কোনো সিলিকন টিপে শক্ত শক্ত বস্তু সহযোজিত হলে তাকে কী বলে?
- (ক) সমান্তরাল বস্তু      (খ) অর্ধগ্রিবাহী ট্রানজিস্টর  
 (গ) সমবিত্ত বস্তু      (ঘ) অর্ধগ্রিবাহী ডারোড
৪. টেলিভিশন সম্প্রচারে ক্যামেরার কাজ কী?
- (ক) ছবিকে তড়িৎ সংকেতে রূপান্তর করা      (খ) ছবিকে শক্ত তরঙ্গে রূপান্তর করা  
 (গ) তড়িৎ সংকেতকে ছবিতে রূপান্তর করা      (ঘ) শক্ত তরঙ্গকে ছবিতে রূপান্তর করা



### সৃজনশীল প্রশ্ন

১. ছেট হয়ে আসছে পৃথিবী, আমরা বাস করার প্লাবাল ভিলেজে। তথ্য ও যোগাযোগ প্রযুক্তি পৃথিবীর সকল মানুষকে কার্যকর ও দক্ষতার সাথে সংযুক্ত করেছে। যোগাযোগের অধান বাহ্যপুরো হচ্ছে টেলিভিশন, রেডিও এবং টেলিফোন।
- (ক) যোগাযোগ যত্ন কাকে বলে?  
 (খ) কীভাবে টেলিফোন কাজ করে ব্যাখ্যা করো।  
 (গ) কীভাবে রেডিও স্টেশন নির্মিত করারকেন্দ্র সংকেত সংকালন করে এবং তা প্রাঙ্গকের নিকট সেইসহ ব্যাখ্যা করো।  
 (ঘ) যোগাযোগ যত্ন হিসেবে টেলিভিশন ও রেডিওর কার্যকারিতা বিশ্লেষণ ও ভূলনা করো।
২. শ্রীলঙ্কার প্রেমাদাসা স্টেডিয়ামে বাংলাদেশ ও ভারতের মধ্যে অনুষ্ঠিত খেলাটি স্ল-উপগ্রাহের মাধ্যমে বিটিভি সম্প্রচার করছে। ফলে ঘরে বসেই টেলিভিশনে খেলাটি উপভোগ করা যাচ্ছে।
- (ক) অ্যানালগ সংকেত কাকে বলে?  
 (খ) চিত্রের সাহায্যে একটি ডিজিটাল সংকেত ব্যাখ্যা করো।  
 (গ) টেলিভিশনে খেলাটির সম্প্রচারকৌশল ব্যাখ্যা করো।  
 (ঘ) এ ধরনের যোগাযোগ প্রযুক্তি জীবনমানকে কীভাবে উন্নত করছে— আলোচনা করো।

৩. শোভন তার বাসার পুরোনো জিনিসপত্রের মধ্যে একটি ভাঙ্গা রেডিও পেল। কৌতুহলবশত সে রেডিওটির বিভিন্ন অংশ খুলে দেখতে পেল তার মধ্যে একটা যন্ত্রে রয়েছে কিছু তার পেঁচানো অংশ আর একটা ছোট চুম্বক যেটি একটি পর্দার সাথে লাগানো। বাবাকে জিজেস করে সে জানতে পারল যে এই অংশটি শব্দ তৈরি করে। সে ভাবতে শুরু করল কীভাবে এই জিনিসগুলো শব্দ তৈরি করে।

(ক) আইসি কী?

(খ) একটি অ্যানালগ ও ডিজিটাল সংকেত কেন ভিন্ন?

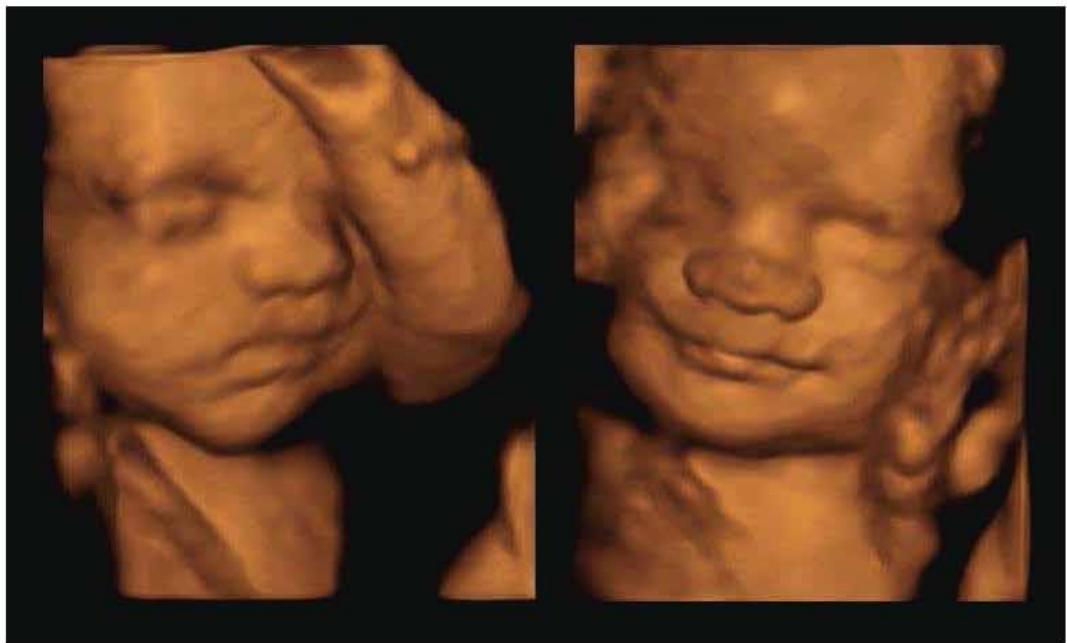
(গ) শোভনের পাওয়া যন্ত্রটি যে প্রক্রিয়ায় শব্দ তৈরি হয় তার একটি ধারাচিত্র (ফ্রেম-চার্ট) আঁকো।

(ঘ) বর্তমান সময়ে শোভনের পাওয়া যন্ত্রটি যদি ব্যবহার করা না হয় তাহলে যে প্রধান সমস্যা হতে পারে তা বিশ্লেষণ করো।

# চতুর্দশ অধ্যায়

## জীবন বাঁচাতে পদার্থবিজ্ঞান

### (Physics to Save Lives)



পদার্থবিজ্ঞান অন্যান্য বিষয়ের সাথে মুক্ত হয়ে যে নতুন নতুন বিজ্ঞানের জন্ম দিয়েছে তার একটি হচ্ছে জীব পদার্থবিজ্ঞান। এই নতুন বিষয়টির সূফল আমরা সরাসরি ভোগ করতে শুরু করেছি চিকিৎসাবিজ্ঞানে। আমরা কি কখনো কল্পনা করতে পেরেছিলাম শরীরকে না কেটেই বাইরে থেকে শরীরের ভেতরের অঙ্গপ্রত্যঙ্গ দেখতে পারব? পদার্থবিজ্ঞানের নিয়ন্ত্রণ আবিক্ষারকে কাজে লাগিয়ে সত্ত্যই এটা ঘটছে। এই অধ্যায়ে চিকিৎসাবিজ্ঞানে ব্যবহার করা হয় সেরকম বেশ কিছু যত্নপাতি নিয়ে আলোচনা করা হয়েছে। রোগ নির্ণয় এখন অনুমাননির্ভর নয়, বেশির ভাগ সময়েই সেটি সুনির্দিষ্ট। শুধু যে রোগ নির্ণয় তা নয়, রোগ নিরাময়ে বা চিকিৎসাতেও যে পদার্থবিজ্ঞান ব্যবহার করে করা সম্ভব এই অধ্যায়ে সেরকম উদাহরণও দেখয়া হয়েছে।



## এ অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা

- জীবগদার্থবিজ্ঞানের ভিত্তি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- জীবগদার্থবিজ্ঞানে জপদীশচক্ষ বসুর অবদান ব্যাখ্যা করতে পারব।
- মানবদেহ পদার্থবিজ্ঞানের নির্যামে পরিচালিত হওয়া তা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- চিকিৎসাবিজ্ঞানে রোগ নির্ণয়ে ব্যবহৃত যত্নপাতিতে পদার্থবিজ্ঞানের ধারণা ও তত্ত্বের ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব।
- আধুনিক প্রযুক্তি এবং যত্নপাতি ব্যবহারের ফলে সৃষ্টি স্বাস্থ্য সমস্যা এবং প্রতিরোধের কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারব।
- সঠিক চিকিৎসার জন্য রোগ নির্ণয়ের প্রয়োজনীয়তা সঙ্কার্ত নিজে সচেতন হব এবং অন্যদের সচেতন করতে পারব।
- রোগ নির্ণয়ে বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির অশুল্ক করতে পারব।

## 14.1 জীবপদার্থবিজ্ঞানের ভিত্তি (Background of Biophysics)

জীববিজ্ঞান জীবজগতের বৈচিত্র্য এবং তাদের জীবনধারণের প্রক্রিয়া বোঝার চেষ্টা করে। জৈবিক প্রাণী কীভাবে খাদ্য সংগ্রহ করে, একে অন্যের সাথে সম্পর্ক গড়ে তোলে, পরিবেশকে অনুভব করে এবং বংশবৃদ্ধি করে এগুলো হচ্ছে জীববিজ্ঞানের বিষয়।

অন্যদিকে প্রকৃতির ভৌত জগৎ কোন নিয়ম মেনে চলে, সেই নিয়মগুলো কোন সহজ গাণিতিক নিয়মে ব্যাখ্যা করে করা যায় সেগুলো হচ্ছে পদার্থবিজ্ঞানের বিষয়। আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় পদার্থবিজ্ঞানের সরলতা এবং জীববিজ্ঞানের জটিলতার ভেতরে বুঝি কোনো সম্পর্ক নেই।

কিন্তু বিজ্ঞানের অগ্রগতির সাথে সাথে তার বিভিন্ন শাখার ওপর নির্ভর করে পদার্থবিজ্ঞান এবং জীববিজ্ঞানের মাঝে একটি যোগসূত্র গড়ে তোলা হয়েছে এবং এই বিষয়টির নাম দেওয়া হয়েছে জীবপদার্থবিজ্ঞান (Biophysics)। জীবপদার্থবিজ্ঞান জৈবিক জগতের জটিল প্রক্রিয়ার ভেতরে পদার্থবিজ্ঞানের সহজ এবং গাণিতিক সূত্রগুলো প্রয়োগ করে জীবনের নানা ধরনের রহস্য অনুসন্ধান করে থাকে। এক কথায় বলা যায় জীবপদার্থবিজ্ঞান হচ্ছে জীববিজ্ঞান এবং পদার্থবিজ্ঞানের ভেতরকার সেতুবন্ধন।

জীবপদার্থবিজ্ঞান একদিকে যেরকম ডিএনএ কিংবা প্রোটিনে অণু-পরমাণুর বিন্যাস খুঁজে বের করতে পারে ঠিক সেরকম অন্যদিকে প্রযুক্তিকে ব্যবহার করে ক্যান্সারের চিকিৎসা কিংবা কৃত্রিম কিডনি তৈরি করতে পারে। শুধু তাই নয়, ভবিষ্যতের পৃথিবীতে বৈশ্বিক পরিবেশ দূষণকে নিয়ন্ত্রণ থেকে জীববৈচিত্র্য সংরক্ষণ সব ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখতে পারবে সে বিষয়ে কোনো দ্বিধা নেই।

## 14.2 জগদীশচন্দ্র বসুর অবদান (Contributions of Jagadish Chandra Bose)

আচার্য স্যার জগদীশচন্দ্র বসু (চিত্র 14.01) একদিকে ছিলেন একজন প্রখ্যাত পদার্থবিজ্ঞানী, অন্যদিকে একজন সফল জীববিজ্ঞানী। আমাদের এই উপমহাদেশে তিনি ছিলেন প্রথম আন্তর্জাতিক স্বীকৃতি পাওয়া একজন বিজ্ঞানী। জগদীশচন্দ্র বসুর পূর্বপুরুষেরা থাকতেন ঢাকা জেলার বিক্রমপুরের রাঢ়িখাল গ্রামে। তার জন্ম হয় 1858 সালের 30 নভেম্বর, ময়মনসিংহে। তার বাবা ভগবানচন্দ্র বসু ফরিদপুর জেলার একজন ডেপুটি ম্যাজিস্ট্রেট ছিলেন। তার লেখাপড়া শুরু হয় ফরিদপুরের গ্রামীণ বিদ্যালয়ে, ১৫ পরে কলকাতায় হৈয়ার স্কুল এবং সেন্ট জেভিয়ার স্কুল ও কলেজে পড়াশোনা শেষ করেন। 1880

সালে বিএ পাস করার পর তিনি ইংল্যান্ড যান এবং 1880-1884 সালের ভেতরে কেমব্ৰিজ বিশ্ববিদ্যালয়ে পদার্থবিজ্ঞানে অনৱাসসহ বিএ এবং স্নান বিশ্ববিদ্যালয় থেকে বিএসসি ডিপ্লোমা অর্জন করেন। 1885 সালে মাঝস্থিতে ফিরে এসে প্রেসিডেন্সি কলেজে পদার্থবিজ্ঞান বিষয়ে অধ্যাপনা শুরু করেন। সেই যুগে তার কলেজে গবেষণার তেমন কোনো সুযোগ ছিল না, তাইপরও তিনি পরেবশার কাছে চালিয়ে যান। দিনের বেলায় তাঁর নানাক্রম ব্যক্ততা ছিল। তাই গবেষণার কাছে কর্তৃতেন রাতের বেলায়।

বৈদ্যুতিক তার ছাড়া কীভাবে দূরে রেডিও সংকেত পাঠানো যায় এ বিষয়ে তিনি অনেক গবেষণা করেন। 1895 সালে তিনি ধৰ্মবারের ঘৰে বেতারে দূরবৰ্তী স্থানে রেডিও সংকেত পাঠিয়ে দেখান। মাইক্রোওয়েল পরেবশার ক্ষেত্ৰেও তার বড় অবদান আছে, তিনিই ধৰ্ম বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ দৈর্ঘ্যকে মিলিটার পৰ্যায়ে (প্রায় 5 মিলিমিটাৰ) নামিয়ে আনতে সক্ষম হন। আচাৰ্য জগদীশচন্দ্ৰ বসু রেডিও সংকেতকে শনাক্ত কৰার জন্য অৰ্থপৰিবাহী জংশেন ব্যবহার করেন। এই আবিষ্কাৰ পেটেন্ট কৰে বাণিজ্যিক সুবিধা নেওৱার পৰিবৰ্তে তিনি সেটি সবার জন্ম উন্মুক্ত কৰে দেন। পৃথিবীৰ সবচেয়ে বড় কাৰিগৰি, প্ৰযুক্তিবিদ এবং পোশাজীবীদেৱ প্রতিষ্ঠান ইনসিটিউট অফ ইলেক্ট্ৰিক্যাল এণ্ড ইলেক্ট্ৰনিক্স ইঞ্জিনিয়ারিং (IEE) তাঁকে রেডিও বিজ্ঞানেৰ একজন জনক হিসেবে অভিহিত কৰেছে।

পৰবৰ্তী সময়ে জগদীশচন্দ্ৰ বসু উত্তিদ শ্ৰীৱত্সৱ উপৰ অনেক গুৰুত্বপূৰ্ণ আবিষ্কাৰ কৰেন। এৰ মাৰে উত্তিদেৱ বৃলি রেকৰ্ড কৰার জন্য ক্রেকোচাক আবিষ্কাৰ, খুব সূচ নাঢ়াচাঢ়া শনাক্ত এবং বিভিন্ন উলীপকে সাড়া দেওয়াৰ বিষয়গুলো উল্লেখযোগ্য। আগে ধাৰণা কৰা হতো উলীপনেৱ সাড়া দেওয়াৰ প্ৰকৃতি হচ্ছে রাসায়নিক, তিনি সেখিয়েছিলেন এটি আসলে বৈদ্যুতিক।

1917 সালে উত্তিদ শ্ৰীৱত্স নিয়ে গবেষণা কৰার জন্য তিনি কলকাতায় বসু বিজ্ঞান মন্দিৰ প্রতিষ্ঠা কৰেন। জগদীশচন্দ্ৰ বসু বালোৱ লেখা রচনাৰ শি “অবস্থা” নামক শ্ৰেষ্ঠ সংকলিত কৰেছেন। তাৰ উল্লেখযোগ্য একটি শব্দ হচ্ছে “Response in the living and nonliving”.

1937 সালেৰ 23 নভেম্বৰ জ্ঞানতাপন আচাৰ্য জগদীশচন্দ্ৰ বসু মৃত্যুবৰণ কৰেন।



চিত্ৰ 14.01: আচাৰ্য স্বামী জগদীশচন্দ্ৰ বসু।

### 14.3 মানবদেহ এবং যন্ত্র (Human Bodies and Machines)

আমরা দৈনন্দিন জীবনে নানা ধরনের যন্ত্র ব্যবহার করি। কোথাও যাবার জন্য গাড়িতে উঠি, খাবার সংরক্ষণ করার জন্য রেফ্রিজারেটরে রাখি, গরমের দিনে বাতাসের জন্য ফ্ল্যান চালাই, খবর শোনার জন্য টেলিভিশন দেখি ইত্যাদি। এই তালিকা অনেক দীর্ঘ এবং সে কারণে স্বাভাবিকভাবেই যন্ত্র বলতে কী বোঝাই সেটা সম্পর্কে আমাদের একটা ধারণা আছে। আমরা জানি, মানবদেহকে একটা যন্ত্র বলা যায় না—একটা কোষ থেকে শুরু করে একজন পূর্ণাঙ্গ মানুষ সৃষ্টি হয়, পৃথিবীতে এমন কোনো যন্ত্র নেই যেটি একটি ছোট ইউনিট দিয়ে শুরু করে নিজে নিজে পূর্ণাঙ্গ যন্ত্রে পরিণত হয়। মানবদেহের ভেতরে কোনো কিছু বিকল হলে সেটি নিজে নিজে সারিয়ে তোলার চেষ্টা করে, কোনো যন্ত্রই সেটি পারে না। তারপরও পরিচিত জগতের সাথে তুলনা করার জন্য কিংবা মানবদেহের অঙ্গপ্রতঙ্গের কাজকর্ম বোঝানোর জন্য আমরা অনেক সময়েই মানবদেহকে যন্ত্রের সাথে তুলনা করি।

উদাহরণ দেওয়ার জন্য বলা যায় আমাদের হৃৎপিণ্ড একটি স্বয়ংক্রিয় পার্ম, যেটি বাইরের কোনো উদ্বৃত্তি (Stimulation) ছাড়াই স্বয়ংক্রিয়ভাবে শরীরে রস্ত সঞ্চালন করে। আমাদের কিউনি (বৃক্ষ) একটি ছাঁকনি, যেটা রস্ত থেকে নাইট্রোজেন বর্জ্য সরিয়ে সেটাকে পরিশোধন করে। শরীরের হাড় এবং মাংসপেশি মিলে যান্ত্রিক লিভারের মতো কাজ করে কিংবা চোখ অনেকাংশেই ক্যামেরার মতো। শুধু তাই নয়, মানবদেহ জটিল একটা যন্ত্রের মতো ছোট ছোট অংশ বা অঙ্গ দিয়ে তৈরি, প্রত্যেকে বিশেষ কাজ সম্পন্ন করে এবং এর যেকোনো একটি অচল বা বিকল হলে পুরো শরীরে কাজকর্ম ব্যাহত হয়। অর্থাৎ বলা যায় যে মানবদেহ একটি জৈবযন্ত্রের মতো।

যন্ত্র দিয়ে কাজ করার জন্য আমাদের শক্তির প্রয়োজন হয়। বিভিন্ন ইঞ্জিনে পেট্রল, ডিজেল, গ্যাস ইত্যাদি জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করে রাসায়নিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে। অনেকটা সেভাবেই খাদ্য প্রস্তুত করে এবং শুসন্ধিরিয়ায় আমরা খাবারের পুষ্টি থেকে শরীরের জন্য শক্তি সংগ্রহ করি।

এভাবে আমরা মানবদেহের সাথে যন্ত্রের অনেক মিল খুঁজে বের করতে পারলেও আমাদের মনে রাখতে হবে আমাদের এই মানবদেহ পৃথিবীর জটিলতম যন্ত্র থেকেও বেশি বিস্ময়কর, বেশি চমকপ্রদ এবং রহস্যময়। আমরা সেই রহস্যের ক্ষুদ্র ভগ্নাংশও এখনো পুরোপুরি সমাধান করতে পারিনি।

### 14.4 রোগ নির্ণয়ে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি (Diagnostic Instruments)

1950 সালে পৃথিবীর মানুষের গড় আয়ু ছিল 50 বছরের কাছাকাছি, 60 বছরে সেই আয়ু 20 বছর বেশি বৃদ্ধি পেয়েছে। পৃথিবীর মানুষের জীবনধারণের মান উন্নত হওয়া, রোগ প্রতিষেধক ব্যবহার,

ন্যান্থ্যসচেতন হওরা এবং চিকিৎসার মান উন্নয়নের জন্য সক্রান্ত মানুষের গড় আয়ু বৃদ্ধি পেতে পেছে।

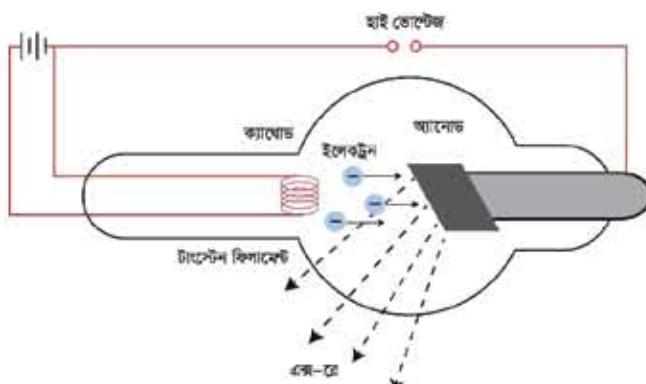
তোমরা নিচরই অনুমান করতে পারছ মানুষের গড় আয়ু বেড়ে যাওয়ার পেছনে চিকিৎসাবিজ্ঞানের উন্নতির একটা সকলক আছে। আর চিকিৎসাবিজ্ঞানের উন্নতির পেছনে রয়েছে আধুনিক কিছু যত্নপাতি, যেগুলো দিয়ে অনেক সঠিকভাবে রোগ নির্ণয় করা সম্ভব হয়েছে। একটা সময় ছিল যখন চিকিৎসকেরা রোগীর বাহ্যিক বিভিন্ন লক্ষণ দেখেই রোগ নির্ণয় করতেন। শরীরের তথ্য অনেক কিছু অনুমান করতে হতো, সঠিকভাবে রোগ নিরূপণ করা যেত না। আধুনিক যত্নপাতির কারণে শুধু যে অনেক নিখুঁতভাবে রোগ নিরূপণ করা যাচ্ছে তা নয়, অনেক কার্যকরভাবে চিকিৎসা করা সম্ভব হয়েছে।

এই অধ্যায়ে রোগ নির্ণয় এবং চিকিৎসার জন্য যেসব যত্নপাতি ব্যবহার করা হয় তার কয়েকটি নিয়ে আলোচনা করা হলো। তোমরা দেখবে এই যত্নপাতিগুলোর সবগুলোতেই সরাসরি পদার্থবিজ্ঞানের কোনো একটি আবিষ্কারকে ব্যবহার করা হয়েছে।

#### 14.4.1 এক্স-রে (X-Ray)

1885 সালে উইলহেল্ম রন্টেজেন উচ্চশক্তিসম্পন্ন একধরনের রশ্মি আবিষ্কার করেন, যেটি শরীরের মাংসপেশি ভেস করে গিরে ফটোগ্রাফিক প্লেটে ছবি তৈরি করতে পারত। এই রশ্মির প্রকৃতি তখন জানা ছিল না বলে তার নাম দেওয়া হয়েছিল এক্স-রে। এখন আমরা জানি এক্স-রে হচ্ছে আলোর অতোই বিন্দুৎ চৌম্বকীয় ভরণা, তবে তার ভরণা দৈর্ঘ্য আমাদের পরিচিত দৃশ্যমান আলো থেকে কয়েক হাজার গুণ ছোট, তাই তার স্পন্দন সাধারণ আলো থেকে কয়েক হাজার গুণ বেশি। যেহেতু ভরণা দৈর্ঘ্য অনেক ছোট তাই আমরা খালি চোখে এক্স-রে দেখতে পাই না।

14.02 টিপ্পে কীভাবে এক্স-রে তৈরি হয় সেটি দেখানো হয়েছে। একটি কাচের পোলকের দুই পাশে দুটি ইলেক্ট্রোড থাকে—একটি ক্যাথোড অন্যটি আনোড। টাইটেনের তৈরি ক্যাথোডের ভেতর দিয়ে বিন্দুৎ প্রবাহ করে সেটি উৎপন্ন করা হয়। তাপের কারণে ফিলামেন্ট থেকে ইলেক্ট্রন মুক্ত হয় এবং আনোডের



চিত্র 14.02: এক্স-রে টিপ্পের কার্যপদ্ধতি।

ধনাঞ্চক ভোল্টেজের কারণে সেটি তার দিকে ছুটে যায়। ক্যাথোড এবং আনোডের ভেতর ভোল্টেজ যত বেশি হবে ইলেক্ট্রন তত বেশি গতিশীলতে আনোডের দিকে ছুটে যাবে। এজ-ৱে টিউবে এই ভোল্টেজ 100 হাজার ভোল্টের কাছাকাছি হতে পারে। ক্যাথোড থেকে প্রচন্ড শক্তিতে ছুটে আসা ইলেক্ট্রনগুলো আনোডকে আঘাত করে। এই শক্তিশালী ইলেক্ট্রনের আঘাতে আনোডের পরমাণুর ভেতর দিকের কক্ষপথে ধাক্কা ইলেক্ট্রন কক্ষপথচ্ছত হয়। তখন বাইরের দিকে কক্ষপথের কোনো একটি ইলেক্ট্রন সেই জারপাটা পূরণ করে। এর কারণে যে শক্তিটুকু উৎপন্ন হয়ে যায় সেটি শক্তিশালী এজ-ৱে হিসেবে বের হয়ে আসে। ঠিক কত তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের এজ-ৱে বের হবে সেটি নির্ভর করে আনোড হিসেবে কোন ধাতু ব্যবহার করা হচ্ছে তার উপর। সাধারণত তামাকে আনোড হিসেবে ব্যবহার করা হয়। 14.03 চিত্রে একটি হাত এবং পায়ের এজ-ৱে করা ছবি দেখানো হয়েছে। এজ-ৱে অনেকভাবে ব্যবহার করা যায়, নিচে তার কয়েকটি ব্যবহারের তালিকা দেওয়া হলো।



চিত্র 14.03: হাত এবং পায়ের এজ-ৱে।

- স্থানচ্ছত হাত, হাড়ে ফাটল, ভেঞ্চে যাওয়া হাত ইত্যাদি খুব সহজে শনাক্ত করা যায়।
- দাঁতের ক্যাভিটি এবং অন্যান্য ক্ষয় বের করার জন্য এজ-ৱে ব্যবহার করা হয়।
- পেটের এজ-ৱে করে অঙ্গের প্রতিবন্ধকতা (Intestinal Obstruction) শনাক্ত করা যায়।
- এজ-ৱে দিয়ে পিণ্ডথলি ও কিডনিতে পাথরের অভিযন্ত্র বের করা যায়।
- বুকের এজ-ৱে করে ফুসফুসের রোগ যেমন ঘৰ্ষা, নিউমোনিয়া, ফুসফুসের ক্যাঙ্গার নির্ণয় করা যায়।
- এজ-ৱে ক্যাঙ্গার কোষকে মেরে কেসতে পারে, তাই এটি রেডিওথেরাপিতে চিকিৎসার জন্য ব্যবহার করা হয়।

এজ-ৱের অপ্রয়োজনীয় বিকিরণ যেন শরীরে কোনো ক্ষতি করতে না পারে সেজন্য প্রয়োজনীয় সতর্কতা অবশ্যই করতে হয়। এজন্যে কোনো মৌলীর এজ-ৱে নেওয়ার সময় এজ-ৱে করা অংশটুকু ছাঢ়া বাকি শরীর সিসার তৈরি আণ্ডোন দিয়ে দেকে নিতে হয়। অত্যন্ত প্রয়োজন না হলে গর্ভবতী মেয়েদের পেট বা তলপেটের অংশটুকু এজ-ৱে করা হয় না।

#### 14.4.2 আলট্রাসনোগ্রাফি (Ultrasonography)

আলট্রাসনোগ্রাফি দিয়ে শরীরের ভেতরের অঙ্গস্তুতি, মাসপেশি ইত্যাদির ছবি তোলা হয়। এটি করার জন্য খুব উচ্চ কম্পাক্ষের শব্দ ব্যবহার করে তার প্রতিখনিকে শনাক্ত করা হয়। শব্দের কম্পাক্ষ 1-10 মেগাহার্টজ হয়ে থাকে বলে একে আলট্রাসনোগ্রাফি বলা হয়ে থাকে। 14.04 চিত্রে সাধারণ 2D এবং সার্বাত্তিক আবিস্কৃত 3D আলট্রাসনোগ্রাফি ছবি দেখানো হলো।

আলট্রাসনোগ্রাফি যশে ট্রাইডিউসার নামে একটি স্ফটিককে বৈদ্যুতিক শক্তি দিয়ে উচ্চীভূত করে উচ্চ কম্পাক্ষের আলট্রাসনিক তরঙ্গ উৎপন্ন করা হয়। আলট্রাসনিক যশে এই তরঙ্গকে একটা সরু বিমে পরিণত করা হয়। শরীরের ভেতরে যে অঙ্গের প্রতিবিম্ব দেখার প্রয়োজন হয়ে ট্রাইডিউসারটি শরীরের উপরে সেখানে স্পর্শ করে বিমটিকে শরীরের ভেতরে প্রবেশ করানো হয়, কোগী সে জন্য কোনো ব্যাধি বা অব্যাক্তি অনুভূত করে না। যে অঙ্গের দিকে বিমটি নির্মেশ করা হয় সেই অঙ্গের প্রকৃতি অনুযায়ী আলট্রাসনিক তরঙ্গ প্রতিফলিত, শোষিত বা সংবাহিত হয়। যখন বিমটি মাসপেশি বা রক্তের বিভিন্ন ঘনত্বের বিভিন্নতাসে আগতিত হয়ে তখন তরঙ্গের একটি অংশ প্রতিখনিত হয়ে পুনরায় ট্রাইডিউসারে ফিরে আসে। এই প্রতিখনিসূলোকে বৈদ্যুতিক সংকেতে রূপান্তর করে সমষ্টিত করে একটি পূর্ণস্তুত প্রতিবিম্ব তৈরি করে।



চিত্র 14.04: সাধারণ 2D এবং 3D আলট্রাসনোগ্রাফি ছবি।

আলট্রাসনোগ্রাফি নিচের কাজগুলো করার জন্য ব্যবহার করা হয়:

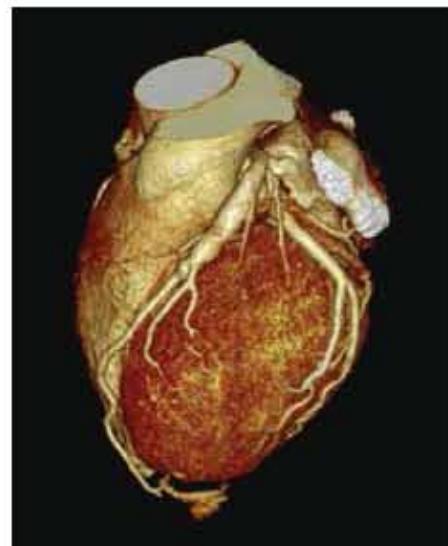
- (a) আলট্রাসনোগ্রাফির সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার জীবোগ এবং প্রসূতিবিজ্ঞানে। এর সাহায্যে ঝুঁপের আকার, গঠন, স্বাতিক বা অস্বাতিক অবস্থান ইত্যাদি জানা যায়, প্রসূতিবিজ্ঞানে এটি একটি জুত, নিরাপদ এবং নির্জনযোগ্য পদ্ধতি।

- (b) আল্ট্রাসনেওফি দিয়ে অরামুর টিউমার এবং অন্ত্যান্ত পেলভিক মাসের (Pelvic Mass) উপস্থিতিশীল খনান করা হয়।
- (c) গিন্ধগাধর, ক্ষদয়য়ের ঘৃতি এবং টিউমার বের করার জন্য আল্ট্রাসনেওফি ব্যবহার করা হয়। ইত্যপৰ্যন্ত পরীক্ষা করার জন্য যখন আল্ট্রাসাউণ্ড ব্যবহার করা হয় তখন এই পরীক্ষাকে ইকোকার্ডিওগ্রাফি বলে।

এক্স-রের তুলনায় আল্ট্রাসনেওফি অনেক বেশি নিরাপদ, তবুও এটাকে ঢালাওভাবে ব্যবহার না করে সীমিত সময়ের জন্য ব্যবহার করা হয়। ট্রান্সডিউসারটি যেন কোনো নির্দিষ্ট স্থানে বেশি সময়ের জন্য একটানা বিম না পাঠার সেজন্য আল্ট্রাসাউণ্ড করার সময় ট্রান্সডিউসারটিকে ঝুঁমাগত নড়াচড়া করাতে হয়।

#### 14.4.3 সিটি স্ক্যান (CT Scan)

সিটি স্ক্যান পদ্ধতি ইঁকেজি Computed Tomography Scan এর সংক্ষিপ্ত রূপ। টোমোগ্রাফি বলতে বোঝানো হবে ত্রিমাত্রিক বস্তুর একটি ফালির বা ত্রিমাত্রিক অংশের প্রতিবিম্ব তৈরি করা। চিকিৎসাবিজ্ঞানে এই যন্ত্রে এক্স-রে ব্যবহার করা হয়। সাধারণ এক্স-রে করার সময় শরীরের ভেতরের একবার ত্রিমাত্রিক অংশের ত্রিমাত্রিক একটা প্রতিচ্ছবি নেওয়া হয়। সিটি স্ক্যান যন্ত্রে একটি এক্স-রে টিউব রোগীর শরীরকে বৃত্তাকারে ঘূরে এক্স-রে নির্গত করতে থাকে এবং অন্য পাশে ডিস্টেক্টর প্রতিবিম্ব ধ্রুণ করতে থাকে। প্রতিবিম্বটি শৃঙ্খল করার জন্য অনেক সময় রোগীর শরীরে বিশেষ Contrast হ্রস্ব ইনজেকশন করা হয়।



চিত্র 14.05: ক্ষমতিশীল সিটি স্ক্যান।

বৃত্তাকারে চারপাশের এক্স-রে প্রতিবিম্ব পর কলিউটর দিয়ে সেগুলো বিশ্লেষণ করে সময় করা হয় এবং একটি পরিপূর্ণ ফালির (Slice) অভ্যন্তরীণ গঠন পাওয়া যায়। একটি ফালির ছবি নেওয়ার পর সিটি স্ক্যান করার যত্ন রোগীকে একটুখালি সামনে সরিয়ে আবার বৃত্তাকারে চারপাশে থেকে এক্স-রে প্রতিচ্ছবি ধ্রুণ করে, যেগুলো বিশ্লেষণ করে বিভিন্ন আরেকটি ফালির অভ্যন্তরীণ গঠনের একটি পূর্ণাঙ্গ ছবি তৈরি করে (চিত্র 14.05)। এভাবে রোগীকে একটু একটু একটু করে সামনে এগিয়ে নিয়ে তার শরীরের কোনো একটি অংশের অনেকগুলো ফালির প্রতিচ্ছবি নেওয়া হয়। একটা

রুটির অনেকগুলো স্লাইস পরপর সাজিয়ে নিয়ে আমরা যেরুকম পুরো রুটিটি পেয়ে থাই, ঠিক সেরকম শরীরের কোনো অঙ্গের অনেকগুলো স্লাইসের ছবি একত্ব করে আমরা গোপীর শরীরের ভেতরের একটা ত্রিমাত্রিক প্রতিচ্ছবি তৈরি করে নিতে পারি। সিটি স্ক্যানের কাজের পদ্ধতিটি দেখে তোমরা নিশ্চয়ই অনুমান করতে পারছ এটি অত্যন্ত ব্যবহৃত জাতিল এবং একটি বিশাল যত্ন। তবে শরীরের ভেতরে না পিয়ে থাইরে থেকেই শরীরের ভেতরের অঙ্গপ্রত্যঙ্গের নির্ণুত ত্রিমাত্রিক ছবি তৈরি করতে পারে বলে এটি আধুনিক চিকিৎসাবিজ্ঞানের খুব অগোজনীয় একটি যত্ন হয়ে (চিত্র 14.06) দাঁড়িয়েছে।

**সিটি স্ক্যান করে নিচের কাজগুলো করা  
সহজ:**



চিত্র 14.06: সিটি স্ক্যান করার যত্ন।

- সিটি স্ক্যানের সাহায্যে শরীরের নরম টিস্যু, রক্তবাহী শিরা বা ধমনি, মূসফুস, এন ইন্ডাসির পূর্ণাঙ্গ ছবি পাওয়া যায়।
- ষড়ক, মূসফুস এবং অগ্ন্যাশয়ের ক্যালার শনাক্ত করার কাজে সিটি স্ক্যান ব্যবহার করা হয়।
- সিটি স্ক্যানের প্রতিবিহ টিউমারকে শনাক্ত করতে পারে। টিউমারের আকার ও অবস্থান সকলকে বলতে পারে এবং সেটি টিউমারের আশপাশের টিস্যুকে কী পরিমাণ আক্রমণ করেছে সেটিও জানিয়ে দিতে পারে।
- মাথার সিটি স্ক্যানের সাহায্যে মস্তিষ্কের ভেতর কোনো ধরনের রক্তপাত হয়েছে কি না, ধমনি মূলে গেছে কি না কিংবা কোনো টিউমার আছে কি না সেটি বলে দেওয়া যায়।
- শরীরে রক্ত সংরক্ষণে সমস্যা আছে কি না সেটিও সিটি স্ক্যান করে জানা যায়।

**সতর্কতা:** সিটি স্ক্যান করার জন্য যেহেতু এক্স-রে ব্যবহার করা হয় তাই গর্ভবতী মহিলাদের সিটি স্ক্যান করা হয় না। ছবির কন্ট্রাস্ট বাঢ়ানোর জন্য যে “ভাই” ব্যবহার করা হয় সেটি কাজে কাজে শরীরে আঘাতজর্জির জন্য দিতে পারে বলে সেটি ব্যবহার করার আগে সতর্ক থাকতে হয়।

#### 14.4.4 এমআরআই (MRI: Magnetic Resonance Imaging)

মানুষের শরীরের প্রায় সমস্ত ভাগ পানি, যার অর্থ মানুষের শরীরের প্রায় সব অঙ্গপ্রত্যঙ্গে পানি থাকে (পানির প্রতিটি অণুতে থাকে হাইড্রোজেন এবং হাইড্রোজেনের নিউক্লিয়াস হচ্ছে প্রোটন।) শক্তিশালী

চৌম্বকফ্লেক্স কৱলে প্রোটনগুলো চৌম্বকফ্লেক্সের দিকে সামৃদ্ধ হয়ে যাব, তখন নির্দিষ্ট একটি কলানের বিন্দুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ পাঠানো হলে এই প্রোটনগুলো সেই তরঙ্গ থেকে শক্তি প্রহপ করে তাদের দিক পরিবর্তন করে এবং এই প্রক্রিয়াটিকে বলে নিউক্লিয়ার ম্যাগনেটিক রেজোনেস (অনুনাদ)। পদাৰ্থবিজ্ঞানের এই চমকপ্রদ ষটনাটির ওপৰ ভিত্তি কৱে ম্যাগনেটিক রেজোনেস ইমেজিং বা এমআরআই তৈরি কৱা হয়েছে (চিত্র 14.07)।

এমআরআই বজ্ঞাটি সেখতে সিটি স্ক্যান বজ্ঞের মতো কিছু এৱ কাৰ্ডিওগালি সমূৰ্ধ ভিত্তি। সিটি স্ক্যান বজ্ঞে এজ্য-ৱে পাঠিয়ে প্রতিজ্ঞবি দেওয়া হয়, এমআরআই বজ্ঞে একজন শ্ৰীৱে অনেক শক্তিশালী চৌম্বকফ্লেক্সে রেখে তাৰ শ্ৰীৱে রেডিও ফ্ৰিকোৱেলিৰ বিন্দুৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ দেওয়া হয়। শ্ৰীৱেৰ পানিৰ অণুৰ ভেতৱকাৰ হাইড্ৰোজেনেৰ প্রোটন থেকে ফিৰে আসা সংকেতকে কম্পিউটাৰ দিয়ে বিশ্লেষণ কৱে শ্ৰীৱেৰ ভেতৱকাৰ অজ্ঞাত্যভোগৰ প্রতিবিষ্ট তৈরি কৱা হয়।

সিটি স্ক্যান দিয়ে যা কিছু কৱা সত্য,  
এমআরআই দিয়েও সেগুলো কৱা যাব। তবে  
এমআরআই দিয়ে শ্ৰীৱেৰ ভেতৱকাৰ কোমল  
টিসুৰ ভেতৱকাৰ পাৰ্শ্বক্যাগুলো ভালো কৱে  
বোৰা সত্য। সিটি স্ক্যান কৱতে পাঁচ থেকে দশ  
মিনিটেৰ বেশি সময়েৰ দৱকাৰ হয় না, সেই  
ভূলায় এমআরআই কৱতে একটু বেশি সময়  
নেৱ। সিটি স্ক্যানে এজ্য-ৱে ব্যবহাৰ কৱা হয়  
বলে বত কমই হোক তেজক্ষিপ্ততাৰ একটু ঝুকি  
থাকে, এমআরআইয়ে সেই ঝুকি নেই।

শ্ৰীৱেৰ ভেতৱে কোনো ধৰণ কিছু ধৰকলো  
(বেমন: পেস মেকাৰ) এমআরআই কৱা যাব না,  
কাৰণ আৱ এক তরঙ্গ ধাতুকে উভ্যত কৱে  
বিপজ্জনক পৱিষ্ঠিতি তৈরি কৱতে পাৱে।



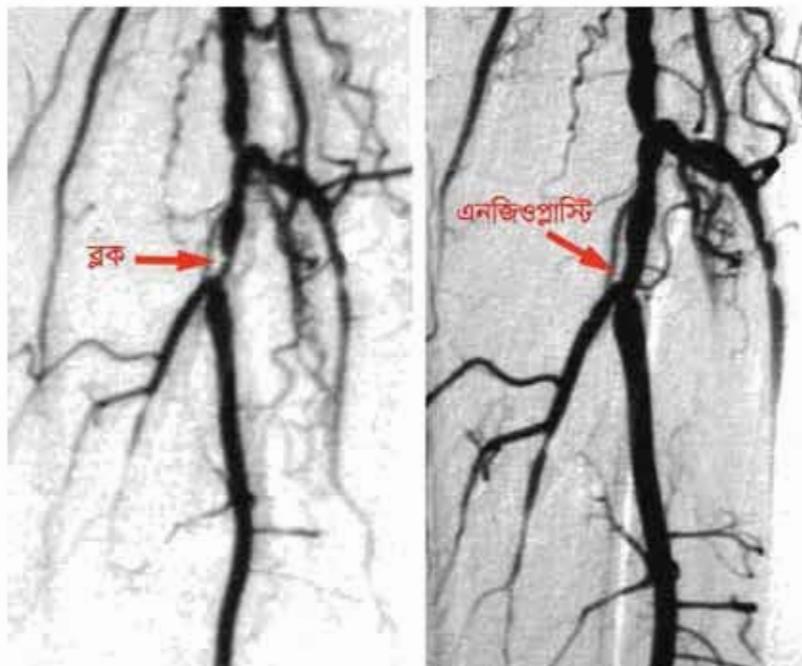
চিত্র 14.07: এমআরআই কৱাৰ বজ্ঞ।

#### 14.4.5 অনজিওগ্রাফি (Angiography)

এজ্য-ৱেৰ মাধ্যমে শ্ৰীৱেৰ রক্তনালিগুলো সেখাৰ জন্য অনজিওগ্রাফি ব্যবহাৰ কৱা হয়। সাধাৰণে এজ্য-  
ৱে কৱে রক্তনালি ভালোভাৱে সেখা যাব না বলে অনজিওগ্রাফি কৱাৰ সময় রক্তনালিতে বিশেষ  
Contrast Material বা বৈসাদৃশ্য তরঙ্গ (ডাই) তুকিয়ে দেওয়া হয়। রক্তনালিৰ যে অংশটুকু পৰীক্ষা  
কৱতে হবে তিক সেখানে জাই দেওয়াৰ জন্য একটি সমূ এবং নমনীয় নল কোনো একটি আর্টোৱি দিয়ে  
শ্ৰীৱে তুকিয়ে দেওয়া হয়। এই সমূ এবং নমনীয় নলটিকে বলে ক্যাথিটাৰ। ক্যাথিটাৰ দিয়ে রক্তনালিৰ  
নির্দিষ্ট জায়গায় জাই দেওয়াৰ পৰ সেই এলাকায় এজ্য-ৱে দেওয়া হয়। জাই ধৰকাৰ কাৰণে এজ্য-ৱেতে

অঙ্গনালিশুলোকে স্পষ্ট দেখা যায়। ডাই পরে কিডনির সাহায্যে হেঁকে আলাদা করা হয় এবং প্রস্তাবের সাথে শরীর থেকে বের হয়ে যায়।

সাধারণত যেসব সমস্যা পরীক্ষা করার জন্য ডাঙ্গারস্ব এনজিওগ্রাম করার পরামর্শ দেন, সেগুলো হচ্ছে:



চিত্র 14.08: বামের ছবিতে অঙ্গনালিশুলোর এনজিওগ্রাফিতে ধমনিতে ব্লকেজ দেখা যাচ্ছে এবং তামের ছবিতে এনজিওপ্লাস্টি করার পর স্বাভাবিক অঙ্গহৃত।

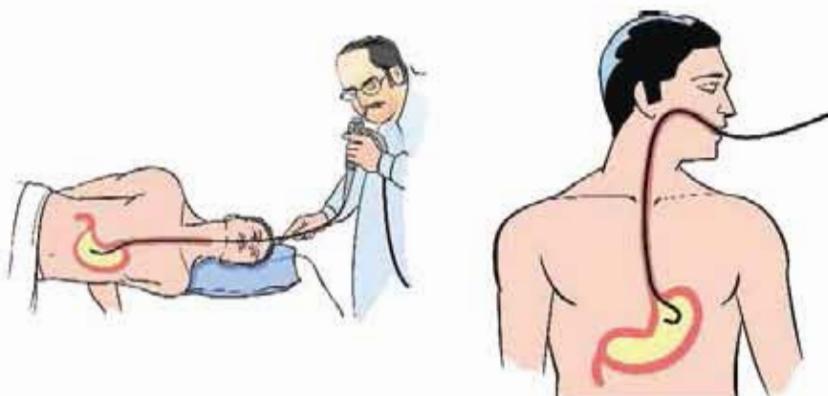
- হৎপিণ্ডের বাইরের ধমনিতে ব্লকেজ হলে (চিত্র 14.08)। অঙ্গনালি ত্বক হলে অঙ্গের স্বাভাবিক প্রবাহ হতে পারে না, হৎপিণ্ডে বাধেট রক্ত সরবরাহ করা না হলে সেটি ঠিকভাবে কাজ করতে পারে না এবং হার্ট আর্টোকের আশঙ্কা বেড়ে যায়।
- ধমনি প্রসারিত হলে
- কিডনির ধমনির অবস্থাখুলো বোরার জন্য
- শিরার কোনো সমস্যা হলে।

সিটি স্ক্যান কিংবা এমআরআই করার সময় সকল পরীক্ষা শরীরের বাইরে থেকে করা হয়। এনজিওগ্রাম করার সময় একটি ক্যানিস্টার শরীরের তেজরের অঙ্গনালিতে ঢোকানো হয় যালে কোনো অক্ষম সার্জারি না করেই তাত্ত্বিকভাবে অঙ্গনালি ব্লকের চিকিৎসা করা সম্ভব। যে প্রক্রিয়া

এনজিওগ্রাম করার সময় ধমনির ভ্রক মুক্ত করা হয় তাকে এনজিওগ্লাস্ট বলা হয়। এনজিওগ্লাস্ট করার সময় ক্যাথিটার দিয়ে ছোট একটি বেলুন পাঠিয়ে সেটি ফুলিয়ে রক্তনালিকে প্রসারিত করে দেখা হয়। অনেক ফেরে সেখানে একটি রিং (ring) প্রবেশ করিয়ে দেওয়া হয় যেন সংকুচিত ধমনিটি প্রসারিত থাকে এবং প্রয়োজনীয় রক্তের প্রবাহ হতে পারে।

#### ১৪.৪.৫ এণ্ডোসকপি (Endoscopy)

চিকিৎসাজনিত কারণে শরীরের ভেতরের কোনো অঙ্গ বা গহ্বরকে বাইরে থেকে সরাসরি দেখার প্রক্রিয়াটির নাম এণ্ডোসকপি। এণ্ডোসকোপি যদি দিয়ে শরীরের কাঁপা অঙ্গসূচোর ভেতরে পরীক্ষা করা যাব (চিত্র 14.09)।



চিত্র 14.09: এণ্ডোসকপির মাধ্যমে পাকস্থলীর ভেতরে দেখার প্রক্রিয়া।

এণ্ডোসকপি যেরে দুটি স্বচ্ছ নল থাকে। একটি নল দিয়ে বাইরে থেকে রোগীর শরীরের নির্দিষ্ট অঙ্গের ভেতরে আলো ফেলা হয়। এটি করা হয় অপটিক্যাল ফাইবার দিয়ে, আলো এই ফাইবারে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে প্রবেশ করে। রোগীর শরীরের ক্ষতিগ্রস্ত বা রোগাক্রান্ত জায়গাটি আলোকিত করার পর সেই এলাকার ছবিটি বিভিন্ন স্বচ্ছ নলের ভেতর দিয়ে দেখা যাব। কোনো বস্তু দেখতে হলে সেটি সরলরেখায় ধারণ করতে হয় কিন্তু শরীরের ভেতরের কোনো অঙ্গের ভেতরে সরলরেখায় তাকানো সম্ভব নয়, তাই ছবিটি দেখার জন্য অপটিক্যাল ফাইবার ব্যবহার করা হয়, যেখানে আলো পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিক্রিয়া করে আকারাঙ্ক পথে বেতে পারে। শরীরের অভ্যন্তরের একটি নির্দিষ্ট জায়গা সূক্ষ্মভাবে দেখার জন্য অভ্যন্ত সরু 5 থেকে 10 হাজার অপটিক্যাল ফাইবারের একটি বাণিজ ব্যবহার করা হয়। প্রয়েকটি ফাইবার একটি বিন্দুর প্রতিচ্ছবি নিয়ে আসে বলে সব মিলিয়ে অভ্যন্ত নির্ণৃত একটি ছবি দেখা সম্ভব হয়। অপটিক্যাল ফাইবার অভ্যন্ত সরু হয় বলে 5 থেকে 10 হাজার ফাইবারের বাণিজিক প্রস্থচ্ছেদও কয়েক মিলিমিটার থেকে বেশি হয় না।

বৰ্তমানে অত্যন্ত সুস্থ লিলিটি ক্যামেৰাৰ প্ৰযুক্তিৰ কাৱলে এজেসকপি ঘৰেৱ আগাম একটি সুস্থ ক্যামেৰা বিশেষ সেতি সৱাসৱি শৰীৱেৰ ভেতনে চুক্ষিয়ে ভিত্তিও সিগন্যাল দেখা সম্ভবপৰ হচ্ছে। এজেসকপি ব্যবহাৰ কৰে ডাক্তাৱৰা যেকোনো ধৰনেৰ অস্থান্তিবোধ, কষ্ট, থৰাহ এবং অস্থান্তাবিক কোৰ বৃদ্ধি পৰীক্ষা কৰে আকেন। যে অভিগুলো পৰীক্ষা কৰাৰ জন্য এজেসকপি ব্যবহাৰ কৰা হয় সেগুলো হচ্ছে:

- (a) বৃস্কুল এবং বুকেৰ কেজীয় বিভাজন অংশ।
- (b) পাকস্থলী, কুম্হাঙ্গ, বৃহদত্ত বা কোলন।
- (c) ঝী প্ৰজনন অঞ্চ।
- (d) উদৱ এবং পেলেডিস।
- (e) মৃতনালিৰ অজ্যুক্তিৰ ভাগ।
- (f) নাসাগহুৰ, নাকেৰ চাৰপাশেৰ সাইনাস এবং কান।

এজেসকপি কৰাৰ সময় যেহেতু একটি নল সৱাসৱি কৃত স্বালে প্ৰবেশ কৰালো হয় সেতি দিয়ে সেই কৃত স্বালেৰ Sample নিৰে আগা সম্ভব এবং প্ৰয়োজনে এটা ব্যবহাৰ কৰে কিছু কিছু সার্জাৰিও কৰা সম্ভব।

#### 14.4.6 ইসিজি (ECG)

ইসিজি হলো ইলেক্ট্ৰোকাৰ্ডিওগ্ৰাম (Electro Cardiogram) শব্দৰ সংক্ষিপ্ত রূপ। ইসিজি কৰে মানুষৰ হৃৎপিণ্ডেৰ বৈদ্যুতিক এবং পেশিজনিত কাজকৰ্মগুলো পৰ্যবেক্ষণ কৰা যায়। আমৰা জানি বাইরেৰ কোনো উজ্জীগনা ছাঢ়াই হৃৎপিণ্ড সুস্থ বৈদ্যুতিক সংকেত ভৈত্ৰি কৰে এবং এই সংকেত পেশিৰ ভেতৱ ছফ্টিয়ে পড়ে, যাৰ কাৱলে হৃৎস্বল হয়। ইসিজি বজা (চিম 14.10) ব্যবহাৰ কৰে আমৰা হৃৎপিণ্ডে

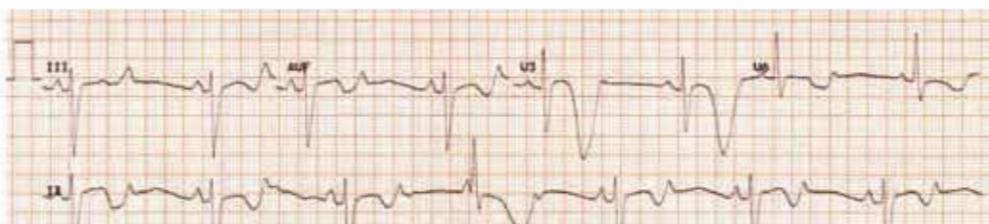


চিম 14.10: ইসিজি মেশিন।

এই বৈদ্যুতিক সংকেতগুলো শনাক্ত কৰতে পাৰি। এৰ সাহায্যে হৃৎপিণ্ডেৰ স্থস্থন হাৰ এবং হৃদমৰণতা পৱিত্ৰাপ কৰা যায়। ইসিজি সিগন্যাল হৃৎপিণ্ডেৰ মধ্যে রক্তাবহৰে একটি গ্ৰোহ প্ৰমাণ দেয়।

ইসিজি করতে হলে বৈদ্যুতিক সংকেতগুলো শুণ করার জন্য শরীরে ইলেক্ট্রোড লাগাতে হয়। দুই হাতে দুটি, দুই পায়ে দুটি এবং ছয়টি হৃৎপিণ্ডের অবস্থানসম্মত বুকের ওপর লাগানো হয়। প্রত্যেকটি ইলেক্ট্রোড থেকে বৈদ্যুতিক সংকেতকে সংশোধ করা হয়। এই সংকেতগুলোকে যখন ছাপানো হয় (চিত্র 14.11) তখন সেটিকে বলে ইলেক্ট্রোকার্ডিওগ্রাম।

একজন সুস্থ মানুষের প্রত্যেকটি ইলেক্ট্রোড থেকে পাওয়া বিদ্যুৎ সংকেতের একটা স্থানীয় লকশ থাকে। যদি কোনো মানুষের হৃৎপিণ্ডে অন্যাভাবিক অবস্থা তৈরি হয় তখন তার ইলেক্ট্রোড থেকে পাওয়া সংকেতগুলো স্থানীয় লকশ থেকে ভিন্ন হবে।



চিত্র 14.11: ইসিজি মেশিন থেকে পাওয়া বিদ্যুৎ সংকেত।

সাধারণ কোনো রোগের কারণ হিসেবে বুকের ধড়কড়ানি, অনিয়ন্ত্রিত কিংবা দ্রুত হৃৎস্পন্দন বা বুকের ব্যথা হলে ইসিজি করা হয়। এছাড়া নিয়ন্ত্রিত চেকআপ করার জন্য কিংবা বড় অপারেশনের আগে ইসিজির সাহায্য নেওয়া হয়। হৃৎপিণ্ডের বেসব ইসিজি করা বাস্তব সেগুলো হচ্ছে:

- হৃৎপিণ্ডের বেসব অন্যাভাবিক স্পন্দন অর্থাৎ স্পন্দনের হার বেশি বা কম হলে
- হার্ট অ্যাটাক হয়ে থাকলে
- হৃৎপিণ্ডের আকার বড় হয়ে থাকলে

ইসিজি মেশিনটি অভ্যন্তর সহজ-সরল মেশিন কিন্তু এটি ব্যবহার করে শরীরের ভেতরকার হৃৎপিণ্ডের অবস্থার অনেক গুরুত্বপূর্ণ তথ্য পাওয়া যায় বলে একজন রোগীর চিকিৎসার জন্য এটি ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়।

#### 14.4.7 ইটিটি (ETT)

ইংরেজি Exercise Tolerance Test এর সংক্ষিপ্ত রূপ হলো ইটিটি। ব্যায়াম বা অনুশীলন করার সময় ইসিজি করাকেই ইটিটি বলা হয়ে থাকে।

স্থানীয় অবস্থার হৃৎপিণ্ড থেকে যে বৈদ্যুতিক সংকেত আসে সেখানে অনেক সময় হৃৎপিণ্ডের প্রকৃত অবস্থাটি বোঝা যায় না। রোগীকে বাফ্টি শারীরিক পরিশ্রম বা ব্যায়াম করানো হলে হৃৎপিণ্ডের

গুপ্ত বাড়তি চাপ পড়ে, তখন হৃৎপিণ্ডের বৈদ্যুতিক সক্রিয়তা এবং স্পন্দনের হার এবং হৃদয়ময়তা দেখে হৃৎপিণ্ডের কর্মান্বালি ধর্মনিতে আধিক্য অবস্থা থাকলে সেটি অনেক সময় ইটিটি করে শনাক্ত করা যায়।

ইটিটি করার সময় গোলীকে বাড়তি শারীরিক পরিশ্রম করানোর জন্য স্থির সাইকেল চালাতে হয় কিংবা ট্রেইনিংসে ছাঁচতে হয়। পরীক্ষার সময় সাইকেলের চাকার পাতি ধীরে ধীরে বাড়ানো হয় কিংবা ট্রেইনিংসের ঢাল বাড়ানো হয় এবং এই বাড়তি পরিশ্রমের কারণে গোলীর হৃৎপিণ্ড কী রকম প্রতিক্রিয়া করে সেটা দেখার জন্য ইসিজি রেকর্ড করা হয়। সাধারণত একজন ডাক্তার সার্বক্ষণিকভাবে গোলীর অবস্থা পর্যবেক্ষণ করতে থাকেন।

ইটিটি পরীক্ষার সময় অনুশীলনের সময় গোলীর হৃৎপিণ্ডে যে পরিবর্তনগুলো হয় ইসিজিতে একজন ডাক্তার সেগুলো শনাক্ত করে গোলীর চিকিৎসার ব্যাপারে সিদ্ধান্ত নিতে পারেন।

## 14.5 রোগ নিরাময়ে পদার্থবিজ্ঞান (Physics in Treatment)

### 14.5.1 রেডিওথেরাপি (Radio Therapy)

রেডিওথেরাপি শব্দটি ইংরেজি Radiation Therapy শব্দটির সংক্ষিপ্ত রূপ। রেডিওথেরাপি হচ্ছে কোনো রোগের চিকিৎসায় ডেজন্সিয় বিকিরণের ব্যবহার। এটি ঘূর্ণ ক্যালোর রোগের চিকিৎসায় ব্যবহার করা হয়। রেডিওথেরাপিতে সাধারণত উচ্চ ক্ষমতার এক্স-রে ব্যবহার করে ক্যালোর কোষকে ধ্বংস করা হয়। এই এক্স-রে ক্যালোর কোষের ডেজেনের ডিএনএ (DNA) ধ্বংস করে কোষের সংস্থ্যা বৃদ্ধি করার ক্ষমতা নষ্ট করে দেয়। একটি টিউমারকে সার্জারি করার আগে ছেট করে নেওয়ার জন্য কিংবা সার্জারির পর টিউমারের অবশিষ্ট অংশ ধ্বংস করার জন্মও রেডিওথেরাপি করা হয়।

বাইরে থেকে রেডিওথেরাপি দিয়ে চিকিৎসা করার জন্য সাধারণত একটি লিনিয়ার এক্সেলেটর ব্যবহার করে উচ্চক্ষমতার এক্স-রে তৈরি করা হয়। শরীরে যেখানে টিউমারটি থাকে সেদিকে তাক করে



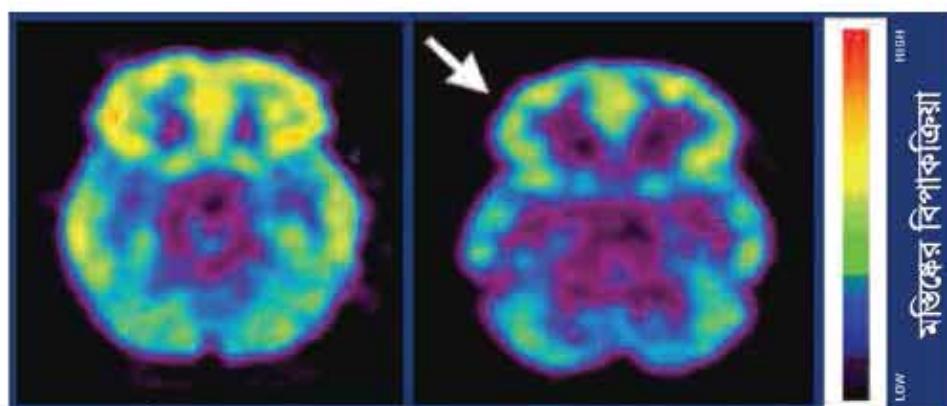
চিত্র 14.12: রেডিওথেরাপি যন্ত্র।

তেজস্ক্রিয় বিষটি পাঠানো হয় (চিত্র 14.12)। বিষটি তখন শুধু ক্যালার কোষকে খাস করে দেয় না, তার বিজ্ঞলক্ষণগতাও নট করে দেয়। বিষটি শুধু ক্যালার আক্রান্ত জ্বারগার পাঠানো সম্ভব হয় না বলে আশপাশের কিছু সূৰ্য কোষও খাস হয় কিন্তু এই রেডিওথেরাপি বল্ক হওয়ার পর সূৰ্য কোষগুলো আবার সক্রিয় হয়ে উঠতে শুরু করে।

#### ১৪.৫.২ আইসোটোপ এবং এর ব্যবহার (Isotopes and Their Uses)

জোগো জানো একটি মৌলিক পদার্থের নিউক্লিয়াস নিউক্লিনের সংখ্যা ভিত্তি হলে তাকে সেই মৌলিক পদার্থের আইসোটোপ বলে। প্রকৃতিতে অনেক মৌলের বিভিন্ন আইসোটোপকে স্থানাবিকভাবে তেজস্ক্রিয় হিসেবে পাওয়া যায় আবার নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া করে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ বানানো সম্ভব। চিকিৎসার ক্ষেত্রে অনেক সময়ই এই তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ব্যবহার করা হয়। এই আইসোটোপগুলো রোগ নির্ণয় করার জন্য ঘেরকম ব্যবহার করা যায় ঠিক সেরকম রোগ নিরাময়ের জন্যও ব্যবহার করা যায়।

শরীরের কোনো কোনো অংশে মাঝে মাঝে আলাদাভাবে বিশেষ কোনো যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি হয়। সেই যৌগিক পদার্থের পরিমাণ দেখে অঙ্গটি সংগৃহে শুরুত্বপূর্ণ তথ্য পাওয়া সম্ভব। যৌগিক পরিমাণ বোঝার জন্য যৌগিক কোনো একটি পরিমাণকে তার একটি তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ দিয়ে পাল্টে দেওয়া হয় এবং সেই তেজস্ক্রিয় আইসোটোপটির বিকিরণ থেকে নির্দিষ্ট অঙ্গে বৌলের পরিমাণ বোঝা যায়। সাধারণত আইসোটোপটি গামা রে বিকিরণ করে এবং বাইরে থেকেই এই গামা রে শনাক্ত করা যায়।



চিত্র 14.13: PET scan দিয়ে দেখা স্থানাবিক এবং কোকেল মানবাঙ্গল মানুষের মস্তিষ্কের ক্রিয়াশীল অংশের ছবি।

তেজস্কির আইসোটোপ ব্যবহারের একটি চমকপথ উদাহরণ PET বা Positron Emission Tomography বেখানে তেজস্কির আইসোটোপটি পজিট্রন বিকিরণ করে। তোমরা জানো পজিট্রন ইলেক্ট্রনের প্রতি কলা (anti particle) এবং এটি ইলেক্ট্রনের সাথে যুক্ত হয়ে শক্তিতে বৃগ্রামকর হয়। এই শক্তি দুটো গামা রে হিসেবে বিপরীত দিকে বের হয়ে আসে। কাজেই বিপরীত দিকে দুটি নির্দিষ্ট শক্তির গামা রে শনাক্ত করে পজিট্রনটি কোথা থেকে বের হয়েছে সেটি বের করে নেওয়া যায়। সেই তথ্য থেকে আমরা শুধু যে পজিট্রন তৈরির অস্তিত্ব জানতে পারি তা নয়, সেটি ঠিক কোথায় কতটুকু আছে সেটাও বলে দিতে পারি। শুকোজের ভেতর পজিট্রন বিকিরণ করে সেরকম একটি আইসোটোপ যুক্ত করে দিলে PET ব্যবহার করে আমরা মণ্ডিকের কোথায় কতটুকু শুকোজ জমা হয়েছে সেটি বের করতে পারব। এই তথ্য থেকে কোন সময় মণ্ডিকের কোন অংশ বেশি ক্রিয়াশীল এবং বেশি শুকোজ ব্যবহার করেছে (চিত্র 14.13) সেই তথ্যও বের করা সম্ভব। PET ধূমকে মানবের মণ্ডিকের কর্মপর্যাপ্তি বের করার ব্যাপারে যুগান্তকারী ভূমিকা রেখেছে।

তেজস্কির আইসোটোপ ব্যবহার করে শুধু যে রোগ নির্ণয় বা অঙ্গপ্রত্যক্ষের কর্মপর্যাপ্তি বের করা হয় তা নয়, এটি দিয়ে রোগ নিরাময়ও করা হয়। কোবাল্ট-60 ( $^{60}\text{Co}$ ) একটি গামা রে বিকিরণকারী আইসোটোপ, এই আইসোটোপ ব্যবহার করে ক্যাল্সের আক্রান্ত কোষকে গামা রে দিয়ে ধ্বংস করা হয়। আমোভিন-131 ( $^{131}\text{I}$ ) ধাইরয়েডের চিকিৎসার ব্যবহার করা হয়, ধাইরয়েডের চিকিৎসায় এটি এতই কার্যকর, যা আজকাল ধাইরয়েডের সার্জেরিয়ে সেরকম প্রয়োজন হয় না।

এছাড়া লিউকেমিয়া নামে রক্তের ক্যাল্সের চিকিৎসার তেজস্কির আইসোটোপ ফসফরাস-32 ( $^{32}\text{P}$ ) যুক্ত ফসকেট ব্যবহার করা হয়।

## অনুশীলনী



### সাধারণ প্রশ্ন

১. ভৌতজগৎ ও জীবজগৎ কি সমূর্বে জিম নিয়মে চলে?
২. জীবপদার্থবিজ্ঞানের সূচনা কীভাবে হলো?
৩. পদার্থবিজ্ঞানের নিয়মগুলো কেন জীবজগতের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা যায়?
৪. পদার্থবিজ্ঞানে অগনীশচন্দ্ৰ বসুর অবদান বর্ণনা করো।

৫. জীবপদার্থবিজ্ঞানে তাঁর অবদান কী?
৬. মানবদেহ কখনো কখনো যত্নের মতো আচরণ করে—ব্যাখ্যা করো।
৭. মানবদেহ ধৰ্কটি জৈব যত্ন—এর স্পষ্টক শৃঙ্খলা দাও।
৮. পদার্থবিজ্ঞানের উজ্জ্বল যত্নপাতি কীভাবে চিকিৎসা ক্ষেত্রে কাজে লাগে।
৯. রোগ নির্ণয়ের জন্য ব্যবহৃত কতগুলো যত্নপাতির নাম শেখ।
১০. এক্স-রে কী? রোগ নির্ণয় ও চিকিৎসা ক্ষেত্রে এর ব্যবহার শেখ।
১১. আল্ট্রাসনেওফি কীভাবে চিকিৎসাক্ষেত্রে রোগ নির্ণয় করে।
১২. এমআরআই-এর মাধ্যমে থোক্ত প্রতিবিহীন বর্ণনা দাও।
১৩. ইসিজির সাহায্যে কোন কোন রোগ নির্ণয় করা যায়?
১৪. এডোসকপি যত্ন কী কাজে ব্যবহৃত হয়?
১৫. চিকিৎসাক্ষেত্রে রেডিওওলোগি কেন ব্যবহার করা হয়?
১৬. ইটিটি এক ধরনের ইসিজি পরীক্ষা—বর্ণনা করো।
১৭. কোন কোন ক্ষেত্রে এনজিওগ্রাম করা হয়?
১৮. আইসোটোপ কী? চিকিৎসাক্ষেত্রে এটি কী কাজে লাগে?



### বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তরটির পাশে ঠিক (✓) চিহ্ন দাও

১. বিজনী জগনীশচন্দ্ৰ বসুর সাথে কোন বিষয়টি সংঘটিত?

- i. বসু মনির প্রতিষ্ঠা
- ii. ভেজক্সিয়া মৌলের ব্যবহার
- iii. ক্রেস্কোপিক আবিক্ষা

নিচের কোনটি সঠিক?

- |             |                 |
|-------------|-----------------|
| (ক) i       | (খ) i ও ii      |
| (গ) i ও iii | (ঘ) i, ii ও iii |

২. X-Ray ফিল্মে হাতের ছবি স্পষ্ট দেখা যাওয়ার কারণ:

- |                             |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|
| (ক) হাত X-Ray দ্বারা অভেদ   | (খ) মাস্কেলি X-Ray দ্বারা অভেদ |
| (গ) তরঙ্গ দৈর্ঘ্য অনেক বেশি | (ঘ) উচু ভেদনক্ষমতাসম্ভাব       |

৩. সূর্য উজ্জ্বলালিকার ঝুকেছে পরীক্ষা করার প্রযুক্তির নাম হলো:

- (ক) এনজিওরাম
- (খ) এনজিওপ্লাস্ট
- (গ) ইটিটি
- (ঘ) ইসিজি

৪. ভ্রহ্মপুরের হার অভ্যন্তরীণ পরিমাপ করা হয় কীভাবে?

- (ক) ভড়িৎ সংকেত খনাত্ত করে
- (খ) X-Ray এর মাধ্যমে
- (গ) নিউক্লীয় চৌম্বক অনুনাদের মাধ্যমে
- (ঘ) শব্দ তরঙ্গ ব্যবহার করে



### সৃজনশীল প্রশ্ন

- বিনুর চাচি মা হতে চলেছেন। চেকআপের জন্য তিনি নিয়মিত ডাক্তারের কাছে থান। কোনো এক মাসে ডাক্তার ভূপের সঠিক অবস্থান ও আকার জ্ঞানের জন্য তাকে একটি পরীক্ষাটি করালেন এবং এর মাধ্যমে ডাক্তার ভূগ সকলকে স্পষ্ট ধারণা লাভ করলেন।  
 (ক) এমআরআই-এর পূর্ণরূপ কী?  
 (খ) আইসোটোপগুলো একটি নির্দিষ্ট মৌলের রূপজ্ঞদ কেন?  
 (গ) ভূগ সকলকে স্পষ্ট ধারণা লাভে আল্ট্রাসনোগ্রাফির ভূমিকা আলোচনা করো।  
 (ঘ) বিনুর চাচির পরীক্ষাটি অন্য কোনো চিকিৎসা প্রযুক্তির মাধ্যমে করা যাবে কি? উভয়ের সমক্ষে মুক্তি দাও।
- দীর্ঘদিন ধরে কাশিতে ঝুঁপতে থাকা রোগীর বুকের এক্স-রে রিপোর্ট দেখে ডাক্তার সিটি স্ক্যান করার পরামর্শ দিলেন। পাশাপাশি ব্যক্তিগত নিয়মিত খাবার জন্য ঔষধ লিখে দিয়ে সাত দিন পর দেখা করার কথা বললেন।  
 (ক) এক্স-রে কী?  
 (খ) এক্স-রের বস্তু আল্ট্রাসনোগ্রাফি ব্যবহার কেন করা হয় না?  
 (গ) উচ্চীগতে উচ্চিষ্ঠ রোগীর ক্ষেত্রে সিটি স্ক্যান কী ধরনের উপকারে আসতে পারে— ব্যাখ্যা করো।  
 (ঘ) উচ্চিষ্ঠ রোগীর জন্য সিটি স্ক্যানের বিকল্প হিসেবে এমআরআই এর ব্যবহার করার সম্ভাবনা মূল্যায়ন করো।

# ২০২০

## শিক্ষাবর্ষ

### ৯ম-১০ম পদার্থবিজ্ঞান

‘কল্পনাশক্তি জ্ঞান থেকেও বেশি গুরুত্বপূর্ণ’ – অ্যালবার্ট আইনস্টাইন

দারিদ্র্যমুক্ত বাংলাদেশ গড়তে হলে শিক্ষা গ্রহণ করতে হবে  
– মাননীয় প্রধানমন্ত্রী শেখ হাসিনা

তথ্য, সেবা ও সামাজিক সমস্যা প্রতিকারের জন্য ‘৩৩৩’ কলসেন্টারে ফোন করুন

নারী ও শিশু নির্যাতনের ঘটনা ঘটলে প্রতিকার ও প্রতিরোধের জন্য ন্যাশনাল হেল্পলাইন সেন্টারে  
১০৯ নম্বর-এ (টোল ফ্রি, ২৪ ঘণ্টা সার্ভিস) ফোন করুন



শিক্ষা মন্ত্রণালয়

২০১০ শিক্ষাবর্ষ থেকে গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার কর্তৃক বিনামূল্যে বিতরণের জন্য