ଷଷ୍ଠ ଅଧ୍ୟାୟ

ବଳ ଓ ଗତି ନିୟମ

(FORCE AND LAWS OF MOTION)

QS1MP4

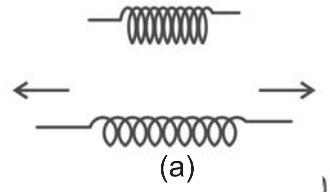
ପୂର୍ବ ଅଧ୍ୟାୟରେ ଆମେ ବସ୍ତୁର ସରଳ ରୈଖିକ ଗତି ସମ୍ପର୍କରେ ଆଲୋଚନା କରିଅଛୁ ଯେଉଁଥିରେ ଆମେ ବସ୍ତୁର ଅବସ୍ଥିତି, ସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ, ବେଗ, ପରିବେଗ, ତ୍ୱରଣ ଆଦି ଭୌତିକ ରାଶିମାନଙ୍କ ବିଷୟରେ ପଢ଼ିଅଛୁ । ଆମେ ଏହା ମଧ୍ୟ ଜାଣିଛୁ ଯେ, ବସ୍ତୁର ଗତି ସମ ଗତି ବା ଅସମ ଗତି ହୋଇପାରେ । ମାତ୍ର ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆମେ ଗତିର କାରଣ କ'ଣ ସେ ସମ୍ପର୍କରେ କିଛି ଆଲୋଚନା କରିନାହୁଁ । ମନରେ ଅନେକ ସମୟରେ ପ୍ରଶ୍ନ ଉଠେ, କ'ଣ ପାଇଁ ବସ୍ତୁର ବେଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆସେ ? ମନରେ ପୁଣି ପ୍ରଶ୍ନ ଉଠେ ସବୁ ପ୍ରକାର ଗତିର କ'ଣ କାରଣ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ଯଦି କାରଣ ଥାଏ ତେବେ ସେହି କାରଣର ପ୍ରକୃତି ବା ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ କ'ଣ ? ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ଆମେ ଏ ପ୍ରକାରର ପ୍ରଶ୍ନମାନଙ୍କର ଉତ୍ତର ଜାଣିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରିବା ।

ଗତି ଓ ତାହାର କାରଣ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ପ୍ରଶ୍ନ ଅନେକ ଶତାବ୍ଦୀ ଧରି ବୈଜ୍ଞାନିକ ଓ ଦାର୍ଶନିକମାନଙ୍କୁ ବିଭ୍ରାନ୍ତ କରିଆସିଛି । ଭୂମି ଉପରେ ଥିବା ଏକ ବଲ୍‌କୁ ଆଘାତ କଲେ ତାହା ଅବିରତ ଗତି କରେନା । କିଛି ବାଟ ଗତି କଲା ପରେ ତାହା ଆପେ ଆପେ ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହିଯାଏ । ଏ ପ୍ରକାର ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଆମକୁ ସୂଚନା ଦେଉଛି ଯେ, ସ୍ଥିରାବସ୍ଥା ବସ୍ତୁର ପ୍ରାକୃତିକ ଅବସ୍ଥା ଅଟେ । ଏ ପ୍ରକାର ଧାରଣା ଅନେକ ଦିନଧରି ରହି ଆସିଥିଲା । ମାତ୍ର ଗାଲିଲିଓ ଗାଲିଲେଇ ଓ ଆଇଜାକ୍ ନିଉଟନ୍ ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନୂଆ ଧାରାରେ ଗତିକୁ ବୁଝାଇବାକୁ ଆଗେଇ ଆସିଲେ ।

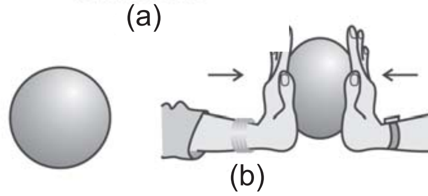
ଆମେ ଆମ ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିଛୁ ଯେ, ଏକ ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁକୁ ଗତିଶୀଳ କରିବାପାଇଁ ବା ଏକ ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁକୁ ସ୍ଥିର କରିବାପାଇଁ କିଛି ପ୍ରୟାସ (effort) ଦରକାର ହୁଏ । ସାଧାରଣତଃ ଏହି ପ୍ରୟାସକୁ ଆମେ ମାଂସପେଶୀୟ ପ୍ରୟାସ ଭାବରେ ଅନୁଭବ କରୁ, ଯେତେବେଳେ ବସ୍ତୁକୁ ଗତିଶୀଳ କରିବାପାଇଁ ତାହାକୁ ଠେଲିବା, ଟାଣିବା ଅବା ଆଘାତ ଦେବା ଦରକାର ପଡ଼େ । ବଳର ଅବଧାରଣା (concept) ଏହି ଠେଲିବା, ଟାଣିବା ବା ଆଘାତ ଦେବା ଉପରେ ପର୍ଯ୍ୟବେସିତ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ବଳ ବିଷୟରେ ଚିନ୍ତା କରିବା ଓ ନିଜକୁ ପଚାରିବା ବଳ କ'ଣ ? ପ୍ରକୃତରେ ବଳକୁ ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କେହି ଦେଖି ନାହାନ୍ତି ଏବଂ ସିଧାସଳଖ ଅନୁଭବ କରି ନାହାନ୍ତି । ଆମେ ସର୍ବଦା କେବଳ ବଳର ପ୍ରଭାବକୁ ଦେଖି ଆସିଛୁ ଓ ଅନୁଭବ କରି ଆସିଛୁ । ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ବସ୍ତୁର କ'ଣ ହୁଏ, ତାହା ବର୍ଣ୍ଣନା କରି ଆମେ ବଳକୁ ବୁଝାଇପାରିବା । ଠେଲିବା, ଟାଣିବା ଓ ଆଘାତ ଦେବା ହେଉଛି ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ କାର୍ଯ୍ୟପ୍ରଣାଳୀ (method) ଯାହାଦ୍ୱାରା ଆମେ ବସ୍ତୁରେ ଗତି ସୃଷ୍ଟି କରିପାରିବା । ବାହ୍ୟ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ବସ୍ତୁ ଗତି କରେ । ଚିତ୍ର 6.1 ।

ଚିତ୍ର **6.1** ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକୁ ଠେଲି, ଟାଣି କିମ୍ବା ଆଘାତ କରି ସେମାନଙ୍କର ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିହୁଏ ।

ତୁମେ ପୂର୍ବ ଶ୍ରେଣୀରେ ପଢ଼ିଛ ଯେ ବଳ ବ୍ୟବହାର କରି ବସ୍ତୁର ପରିବେଗର ପରିମାଣ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିହେବ । ଅର୍ଥାତ୍ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ବସ୍ତୁର ଗତିକୁ କ୍ଷୀପ୍ରତର ବା ଧୀର କରି ହେବ । ବଳ ଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁର ଗତିର ଦିଗରେ ମଧ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇପାରିବ । ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ବସ୍ତୁର ଆକାର ଓ ଆକୃତିରେ ମଧ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇପାରିବ । ଚିତ୍ର 6.2 ।



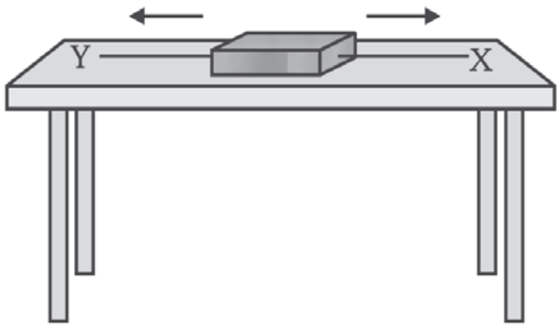
ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ
ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗଟି ବର୍ଦ୍ଧିତ ହେଉଛି ।



ଚିତ୍ର **6.2** ବଳପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ରବର ବଲ୍‌ଟି ଚେପା ହୋଇଛି ।

6.1 ସନ୍ତୁଳିତ ଓ ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳ (Balanced and Unbalanced Force)

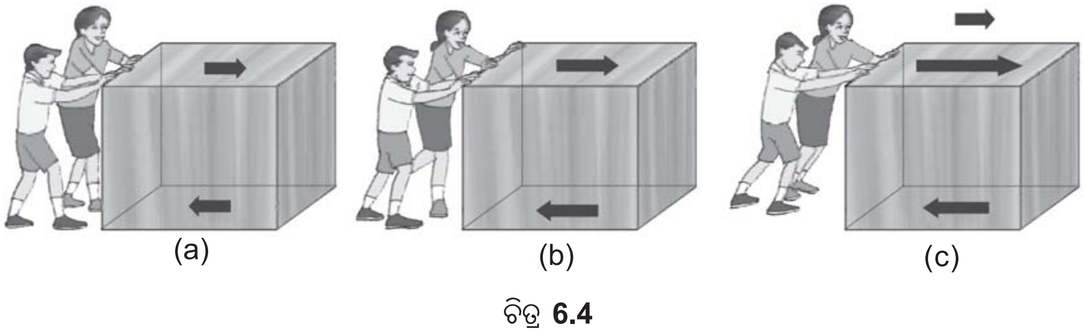
ଚିତ୍ର 6.3 ରେ ଗୋଟିଏ କାଠଖଣ୍ଡ (wooden block) ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ଟେବୁଲ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ରହିଛି । ଏହାର ଦୁଇମୁଣ୍ଡରେ X ଓ Y ନାମକ ଦୁଇଟି ଦୃଢ଼ ସୂତା ଲାଗିଛି ।



ଚିତ୍ର **6.3** କାଠଖଣ୍ଡ ଉପରେ ଦୁଇଟି ବଳର ପ୍ରୟୋଗ

X - ସୂତାକୁ ଟାଣି କାଠଖଣ୍ଡ ଉପରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ତାହା ଡାହାଣ ଦିଗକୁ ଗତିକରି ଘୁଞ୍ଚିଯିବ । ସେହିପରି X - କୁ ଛାଡ଼ି Y - ସୂତାକୁ ଟାଣି କାଠଖଣ୍ଡ ଉପରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ତାହା ବାମ ଦିଗକୁ ଗତିକରିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରିବ । ମାତ୍ର ଯଦି X ଓ Y ସୂତାକୁ ଧରି ଏକା ସମୟରେ ଆମେ ସମାନ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଦୁଇ ବିପରୀତ କଡ଼କୁ ଟାଣିବା ତେବେ କାଠଖଣ୍ଡଟି କୌଣସି କଡ଼କୁ ନ ଯାଇ ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହିବ । ଏହି ପ୍ରକାର ବଳକୁ ସନ୍ତୁଳିତ ବଳ କୁହାଯାଏ ଯାହା ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିତାବସ୍ଥାରେ ବା ଗତିର ଅବସ୍ଥାରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ କରେନା । ଯଦି ସୂତା ଦୁଇଟିକୁ ଧରି ଆମେ ଅସମ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ବିପରୀତ ଦିଗକୁ ଟାଣିବା ତେବେ କାଠଖଣ୍ଡଟି ବୃହତ୍ତର ବଳ ଦିଗରେ ଗତି କରିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରିବ । ଏହି ପରିସ୍ଥିତିରେ ବିପରୀତମୁଖୀ ବଳଦ୍ୱୟର ପରିମାଣ ଅସମାନ ହୋଇଥିବାରୁ ସେମାନେ ସନ୍ତୁଳିତ ହୋଇପାରନ୍ତି ନାହିଁ ଏବଂ ଏକ ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳ ସୃଷ୍ଟି କରନ୍ତି । ତେଣୁ କାଠଖଣ୍ଡଟି ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳର ଦିଗ ଆଡ଼କୁ ଗତି କରେ । ଏଥିରୁ ଆମେ ଜାଣିଲୁ ଯେ ଏକ ଅସନ୍ତୁଳିତ ବାହ୍ୟବଳ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କଲେ ଯାଇ ବସ୍ତୁ ଗତିଶୀଳ ହୁଏ ।

ଚିତ୍ର 6.4ରେ ପିଲାମାନେ ଗୋଟିଏ ବାକ୍ସକୁ ଏକ ବନ୍ଧୁର (rough) ଚଟାଣ ଉପରେ ଠେଲିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରୁଛନ୍ତି । ସେମାନେ ଅଳ୍ପ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ବାକ୍ସକୁ ଠେଲିଲେ ବାକ୍ସଟି ଘୁଞ୍ଚିବ ନାହିଁ, କାରଣ ବାକ୍ସର ନିମ୍ନ ପୃଷ୍ଠ ଓ ଚଟାଣ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଘର୍ଷଣ ବଳ ଠେଲା ବଳର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । [ଚିତ୍ର 6.4 (a)] । ଦୁଇଟି ପୃଷ୍ଠ ଲାଗିକରି ରହିଥିଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ ବଳ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଚିତ୍ର 6.4 (a)ରେ ଠେଲା ବଳର ପରିମାଣ କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ବାକ୍ସର ନିମ୍ନ ପୃଷ୍ଠ ଓ ଚଟାଣ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟକରୁଥିବା ବିପରୀତମୁଖୀ ଘର୍ଷଣ ବଳ ସେହି ଠେଲା ବଳକୁ ସନ୍ତୁଳିତ କରିଦିଏ । ତେଣୁ ବାକ୍ସ ତା ସ୍ଥାନରୁ ଘୁଞ୍ଚି ପାରେନା । ଚିତ୍ର 6.4 (b)ରେ ପିଲାମାନେ କିଛି ଅଧିକ ବଳ



ଚିତ୍ର **6.4**

ପ୍ରୟୋଗ କରି ବାକ୍ସକୁ ଠେଲୁଛନ୍ତି, ତଥାପି ବାକ୍ସ ଘୁଞ୍ଚୁ ନାହିଁ । କାରଣ ଘର୍ଷଣ ବଳ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ଠେଲା ବଳକୁ ସନ୍ତୁଳିତ କରୁଛି । ଚିତ୍ର 6.4(c) ରେ ପିଲାମାନେ ଆହୁରି ଅଧିକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ବାକ୍ସକୁ ଠେଲିଲା ଫଳରେ ବାକ୍ସ ଗତି କରିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କଲା । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଠେଲା ବଳ ବିପରୀତମୁଖୀ ଘର୍ଷଣ ବଳଠାରୁ ଅଧିକ । ଏହା ଯୋଗୁଁ ଏକ ମୋଟ (net) ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳ ବାକ୍ସ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କଲା ତେଣୁ ବାକ୍ସ ଅଧିକ ବଳ ଦିଗରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଠେଲା ବଳ ଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ହେଲା ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ଆଲୋଚନା କରିବା ସାଇକେଲ୍ ଚଳାଇଲା ବେଳେ କ'ଣ ହୁଏ ? ରାସ୍ତାରେ ସାଇକେଲ୍ ଚଳାଇଲା ବେଳେ ଆମେ ଯଦି ପେଡ଼ାଲ୍ ମାରିବା ବନ୍ଦ କରିଦେବା ତେବେ ସାଇକେଲର ଗତି କ୍ରମଶଃ ମନ୍ଥର ହେବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରିବ । ଏହାର କାରଣ ହେଉଛି ରାସ୍ତାର ପୃଷ୍ଠ ଓ ସାଇକେଲ୍‌ର ଚକ ମଧ୍ୟରେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥିବା ଘର୍ଷଣ ବଳ, ଯାହାର ଦିଗ ସାଇକେଲର ଗତି ଦିଗର ବିପରୀତମୁଖୀ ହୋଇଥାଏ ଓ ତା'ର ଗତିକୁ ବିରୋଧ କରେ । ଏଣୁ ସାଇକେଲର ଗତିର ବେଗ କ୍ରମଶଃ ହ୍ରାସ ପାଏ । ସାଇକେଲର ଗତିକୁ ବଜାୟ ରଖିବାକୁ ହେଲେ ଆମକୁ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବରେ ପେଡ଼ାଲ୍ ମାରିବାକୁ ପଡ଼ିବ । ପେଡ଼ାଲ ମାରିଲାବେଳେ ସାଇକେଲ ଉପରେ ବାହ୍ୟ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକରେ । ତେଣୁ ସାଇକେଲ ଆଗକୁ ଚାଲେ ।

ଏଥିରୁ ଜଣାପଡ଼ିଲା ଯେ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଅବିରତ (continuous) ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ସେହି ବସ୍ତୁ ତାହାର ଗତିକୁ ଚାଲୁ ରଖିବ । ଏହା କିନ୍ତୁ ସର୍ବଦା ସତ୍ୟ ନୁହେଁ । ଯେତେବେଳେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳମାନେ (ଏଠାରେ ଠେଲା ବଳ ଓ ଘର୍ଷଣ ବଳ) ସନ୍ତୁଳିତ ହୋଇଯାଆନ୍ତି ସେତେବେଳେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କୌଣସି ଅସନ୍ତୁଳିତ ବାହ୍ୟ ବଳ କାମ କରେନା ଓ ବସ୍ତୁ ସମ ପରିବେଗରେ ଗତିକରେ । ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ **ବସ୍ତୁ ବାହ୍ୟବଳ ବିନା ସମ ପରିବେଗରେ ଗତି କରିପାରେ ।**

ଯେତେବେଳେ ଏକ ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ସେତେବେଳେ ବସ୍ତୁର ବେଗରେ, ଗତିର ଦିଗରେ ବା ଉଭୟରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆସେ ଓ ବସ୍ତୁ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୁଏ । ତେଣୁ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁକୁ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ କରିବା ପାଇଁ ଏକ ଅସନ୍ତୁଳିତ ବାହ୍ୟ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ଯେତେବେଳ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଥିବ ସେତେବେଳ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବସ୍ତୁର ବେଗରେ ବା ତା'ର ଗତିର ଦିଗରେ ବା ଉଭୟରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଥିବ । ମାତ୍ର ଯେତେବେଳେ ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳ ଅପସାରିତ ହୋଇଯିବ ସେତେବେଳେ ବସ୍ତୁ ଯେତିକି ପରିବେଗ ହାସଲ କରିଥିବ, ସେହି ପରିବେଗରେ ଗତି କରି ଚାଲିବ । ତେଣୁ ବାହ୍ୟବଳ ବିନା ମଧ୍ୟ ବସ୍ତୁ ଗତି କରିପାରେ । ଏହି ଗତି ସମଗତି ହୋଇଥାଏ ।

ଗାଲିଲିଓ ଗାଲିଲେଇ ଇଟାଲି ଦେଶର ପିସା ସହରରେ 1564ମସିହା ଫେବୃୟାରୀ ମାସ 15 ତାରିଖ ଦିନ ଜନ୍ମଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ । ପିଲାଦିନୁ ଅଙ୍କ ଓ ପ୍ରାକୃତିକ ଦର୍ଶନଶାସ୍ତ୍ରରେ ଅଧିକ ଜାଣିବାପାଇଁ ତାଙ୍କ ମନରେ ବହୁତ ଆଗ୍ରହ ଥିଲା । ମାତ୍ର ତାଙ୍କ ପିତା ଭିନ୍‌ସେନ୍‌ଜୋ ଗାଲିଲେଇ ତାଙ୍କ ପୁଅ ଡାକ୍ତର ହେବ ବୋଲି ଚାହିଁଥିଲେ । ସେହି କାରଣରୁ ଗାଲିଲିଓ ପିସା ବିଶ୍ୱ-ବିଦ୍ୟାଳୟରେ ଡାକ୍ତରୀ ପାଠ ପଢ଼ିବାପାଇଁ 1581 ମସିହାରେ ନାମ ଲେଖାଇଥିଲେ । ମାତ୍ର ସେ ଡାକ୍ତରୀ ଶିକ୍ଷା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ କରିନଥିଲେ, କାରଣ ଅଙ୍କ ପଢ଼ିବାରେ ତାଙ୍କର ପ୍ରକୃତ ଆଗ୍ରହ ଥିଲା । 1586 ମସିହାରେ ସେ ତାଙ୍କର ପ୍ରଥମ ବିଜ୍ଞାନ ବହି ଲେଖିଥିଲେ ଯାହାର ନାମ ଥିଲା 'କ୍ଷୁଦ୍ର ସନ୍ତୁଳନ' (Little Balance) । ଏହି ବହିରେ ସେ ଆର୍କିମେଡ଼ିସ୍ ପଦ୍ଧତିରେ ଏକ କମାନୀ ନିକିତି ବ୍ୟବହାର କରି ବସ୍ତୁମାନଙ୍କର ବିଶିଷ୍ଟ ଗୁରୁତ୍ୱ (specific gravity) କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରିବ ସେ ବିଷୟରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କରିଥିଲେ । 1589 ମସିହାରେ ସେ ଆନତ ପୃଷ୍ଠରେ ଖସୁଥିବା ବସ୍ତୁମାନଙ୍କର ସମ୍ପର୍କରେ ଅନେକ ଉପାଦେୟ ମୌଳିକ ଲେଖା ଲେଖିଥିଲେ ଯାହାକୁ ପଢ଼ି ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ନିଉଟନ ତାଙ୍କ ଗତି ନିୟମ ତତ୍ତ୍ୱ ଉପସ୍ଥାପନା କରିପାରିଥିଲେ ।

ବିଦ୍ୟା ଅଧ୍ୟୟନରେ ଉତ୍କର୍ଷ ଯୋଗୁ ଗାଲିଲିଓ 1592 ମସିହାରେ ଭେନିସ ସହରର ପୋଡୁଆ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟରେ ଅଙ୍କଶାସ୍ତ୍ରର ପ୍ରଫେସର ଭାବରେ ନିଯୁକ୍ତି ପାଇଥିଲେ । ଏଠାରେ ସେ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କର ବିଶେଷ କରି ପେଣ୍ଡୁଲମର ଗତି ସମ୍ପର୍କରେ ଅଧିକ ପରୀକ୍ଷା ନିରୀକ୍ଷା କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କ ଗବେଷଣାରୁ ସେ ଜାଣିପାରିଥିଲେ ଯେ, ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ବସ୍ତୁମାନେ

ଏକ ସମୟ ଅବଧି ମଧ୍ୟରେ ଯେତିକି ଦୂରତା ଅତିକ୍ରମ କରନ୍ତି ତାହା ସମୟର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ଅଟେ ।

ଗାଲିଲିଓ ମଧ୍ୟ ଜଣେ କୁଶଳୀ କାରିଗର ଥିଲେ । ସେ ଅନେକ ଗୁଡ଼ିଏ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ର ତିଆରି କରିଥିଲେ ଯାହା ସେ ସମୟରେ ବଜାରରେ ମିଳୁଥିବା ଅନ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ରମାନଙ୍କ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଥିଲା । ପାଖାପାଖି 1640 ମସିହା ବେଳକୁ ସେ ପ୍ରଥମ ପେଣ୍ଡୁଲମ ଘଡ଼ିର ରୂପରେଖ (design) ବାହାର କରିଥିଲେ । ମହାକାଶ ବିଜ୍ଞାନରେ ମଧ୍ୟ ତାଙ୍କର ବହୁତ ଆଗ୍ରହ ଥିଲା । ସେ ଚନ୍ଦ୍ରପୃଷ୍ଠରେ ଛୋଟ ଛୋଟ ପାହାଡ଼ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ ଯାହା ସେ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କେହି ଜାଣିନଥିଲେ । ଛାୟାପଥମାନଙ୍କରେ ତାରକାମାନେ ଅଛନ୍ତି ବୋଲି ସେ ପ୍ରଥମେ ପ୍ରକାଶ କରିଥିଲେ । ବୃହସ୍ପତି ଗ୍ରହ ଚାରିପଟେ ଚାରୋଟି ଛୋଟ ଛୋଟ ବସ୍ତୁ ଘୂରୁଛନ୍ତି ବୋଲି ସେ ପ୍ରଥମେ କହିଥିଲେ । ସେ ତାଙ୍କର ମହାକାଶ ସମ୍ପର୍କିତ ଗବେଷଣାର ଏହି ତଥ୍ୟଗୁଡ଼ିକୁ ତାଙ୍କର ଐତିହାସିକ ପୁସ୍ତକ "ଷ୍ଟାରି ମେସେଞ୍ଜର" ରେ ଲିପିବଦ୍ଧ କରିଥିଲେ । ସେ ଆହୁରି ଦୁଇଟି ଗବେଷଣାତ୍ମକ ପୁସ୍ତକ ଲେଖିଥିଲେ ଯାହାର ନାମ ଦେଇଥିଲେ 'ଭାସମାନ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କର କାହାଣୀ' ଓ 'ସୌରକଳଙ୍କ' । ସେ ଏହି ପୁସ୍ତକରେ ସୌରକଳଙ୍କ ସମ୍ପର୍କରେ ଅନେକ ମୌଳିକ ଆଲୋଚନା କରିଥିଲେ ।

ସେତେବେଳେ ଅଧିକାଂଶ ଲୋକଙ୍କ ଧାରଣା ଥିଲା ଗ୍ରହମାନେ ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ ଘୂରୁଛନ୍ତି । ତାଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ମିତ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରରେ ଗ୍ରହମାନଙ୍କ ଗତିକୁ ନିରୀକ୍ଷଣ କରି ଗାଲିଲିଓ କହିଥିଲେ ଗ୍ରହମାନେ ପୃଥିବୀ ଚାରିପଟେ ନୁହେଁ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଚାରିପଟେ ଘୂରି ବୁଲୁଛନ୍ତି ।

ଗାଲିଲିଓ ଜଣେ ଉଚ୍ଚକୋଟିର ବିଦ୍ୱାନ ଥିଲେ । ବିଦ୍ୟା ଅଧ୍ୟୟନ, ଗବେଷଣାରେ ସେ ଯଥେଷ୍ଟ ପାରଦର୍ଶିତା ଓ ସଫଳତା ହାସଲ କରିଥିଲେ । ସେ ତାଙ୍କ ଶତାବ୍ଦୀର ଜଣେ ଅଗ୍ରଣୀ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଥିଲେ ।

6.2 ନିଉଟନଙ୍କ ଗତି ନିୟମ (Newton's Laws of Motion)

ବସ୍ତୁ କେତେବେଳେ ସ୍ଥିର ରହେ, କେତେବେଳେ ଗତିକରେ, ବସ୍ତୁର ଗତିର କାରଣ କଣ, ବସ୍ତୁର ଗତି କେତେବେଳେ କ୍ଷୀପ୍ରତର ହୁଏ ଓ କେତେବେଳେ ମନ୍ଥର ହୁଏ, ଏ ସବୁ ପ୍ରଶ୍ନ ସର୍ବଦା ବୈଜ୍ଞାନିକମାନଙ୍କ ମାନସ ମନ୍ଥନ କରି ଆସିଛି । ଇଟାଲି ଦେଶର ବୈଜ୍ଞାନିକ ଗାଲିଲିଓ ଗାଲିଲେଇ ଗତି ଓ ବଳ ମଧ୍ୟରେ କ'ଣ ସମ୍ପର୍କ ଅଛି ତାହା ଜାଣିବା ପାଇଁ ଅନେକ ଗବେଷଣା କରିଥିଲେ ଓ ସେ ବିଷୟରେ ଅନେକ ମୌଳିକ ତଥ୍ୟ ପ୍ରକାଶ କରିଥିଲେ । ଗାଲିଲିଓଙ୍କ ବଳ ଓ ଗତି ସମ୍ପର୍କୀୟ ସେହି ମୌଳିକ ଧାରଣାଗୁଡ଼ିକୁ ଆଇଜାକ୍ ନିଉଟନ୍ ଅଧିକ ଅଧ୍ୟୟନ କରି ବସ୍ତୁମାନଙ୍କ ଗତି ସମ୍ପର୍କରେ ତିନୋଟି ମୌଳିକ ନିୟମ ଉପସ୍ଥାପନା କରିଥିଲେ, ଯାହାକୁ ନିଉଟନଙ୍କ ଗତିନିୟମ (Newton's Laws of motion) କୁହାଯାଏ । ନିଉଟନ ପ୍ରତ୍ୟେକ ନିୟମର ବାଖ୍ୟା କରିଥିଲେ ଓ ନିୟମଗୁଡ଼ିକୁ ସୁନ୍ଦର ଭାବରେ ବୁଝାଇ ଥିଲେ ।

6.2.1 ନିଉଟନଙ୍କ ପ୍ରଥମ ଗତି ନିୟମ : (Newton's First Law of Motion)

ଆମ ଘରେ ଅନେକ ଜିନିଷ ଯେଉଁଠି ଯେମିତି ଥାଏ ସେମିତି ପଡ଼ି ରହିଥାଏ । ଟେବୁଲ, ସୋଫା, ଆଲମାରି, ଚାଉଳବସ୍ତା, ବାକ୍ସ, ଖଟ ଇତ୍ୟାଦି ଅନେକ ଜିନିଷ ଆମ ଘରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରେ ପଡ଼ି ରହିଥାଏ । ଏମାନେ ଆପେ ଆପେ ନିଜର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିପାରନ୍ତି ନାହିଁ ଅର୍ଥାତ୍ ଆପେ ଆପେ ଗତି କରିପାରନ୍ତି ନାହିଁ । ମାତ୍ର ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଗତି ସୃଷ୍ଟି ହୋଇପାରେ ଓ ଏମାନେ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୋଇପାରନ୍ତି । ଏହି ବଳ ଟାଣିବା ବଳ, ଠେଲିବା ବଳ ବା ଅନ୍ୟ କୌଣସି ବଳ ହୋଇପାରେ । ଘର କଣରେ ପଡ଼ିଥିବା ଏକ ଟେବୁଲକୁ ଟାଣିଲେ ତାହା ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ସ୍ଥାନକୁ ଘୁଞ୍ଚିଯାଏ । ଅଧିକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ଟେବୁଲ ଶୀଘ୍ର ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ । ଉପଯୁକ୍ତ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଟେବୁଲକୁ ଯେକୌଣସି ଦିଗକୁ ମଧ୍ୟ ଘୁଞ୍ଚାଇ ହେବ । ଆମ ଜୀବନର ଏହି ପ୍ରକାରର ଅନେକ ସାଧାରଣ ଅନୁଭୂତିକୁ ଭିତ୍ତିକରି ନିଉଟନ ତାଙ୍କ ପ୍ରଥମ ଗତି ନିୟମର ବାଖ୍ୟା କରିଥିଲେ ।

ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ତାର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ବା ସରଳରୈଖିକ ସମଗତି ଅବସ୍ଥାରେ ଅନବରତ ରହିଥାଏ ଯେ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାର ସେହି ଅବସ୍ଥାକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବାପାଇଁ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇ ନଥାଏ ।

ବସ୍ତୁ ତା'ର ସ୍ଥିତାବସ୍ଥା ବା ଗତିର ଅବସ୍ଥାର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରେ । ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହିଥିଲେ ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହିବାକୁ ଇଚ୍ଛା କରେ କିମ୍ବା ସମଗତିରେ ଯାଉଥିଲେ ନିଜର ସମଗତି ବଜାୟ ରଖିବାକୁ ଇଚ୍ଛା କରେ । **ନିଜର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥା ବା ସରଳରୈଖିକ ସମଗତି ଅବସ୍ଥାକୁ ବଜାୟ ରଖିବା ପାଇଁ ବସ୍ତୁର ଯେଉଁ ପ୍ରାକୃତିକ ପ୍ରବୃତ୍ତି (natural tendency) ଥାଏ ତାହାକୁ ବସ୍ତୁର ଜଡ଼ତ୍ୱ (inertia) କୁହାଯାଏ ।** ବସ୍ତୁର ଏହି ଗୁଣ ଯୋଗୁ ନିଉଟନଙ୍କ ପ୍ରଥମ ଗତି ନିୟମକୁ ଅନେକ ଜଡ଼ତ୍ୱର ନିୟମ କୁହନ୍ତି । **ପ୍ରଥମ ଗତି ନିୟମ ଆମକୁ ଜଡ଼ତ୍ୱ ସମ୍ପର୍କରେ ସୂଚନା ଦିଏ ।**

ମଟର, ବସ ଆଦି ଯାନରେ ଯାଉଥିବା ବେଳେ ଆମର କିଛି ସାଧାରଣ ଅନୁଭୂତି ଅଛି ଯାହାକୁ ଆମେ ଜଡ଼ତ୍ୱର ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ବୁଝାଇ ପାରିବା । ଦ୍ରୁତଗାମୀ ବସ୍‌ରେ ଠିଆ ହୋଇ ଯାଉଥିଲା ବେଳେ ବସଚାଳକ ହଠାତ୍ ବ୍ରେକ୍ ମାରିଲେ ଆମେ ଆଗକୁ ପଡ଼ିଯାଉ କାହିଁକି ? ଦ୍ରୁତଗାମୀ ବସରେ ଠିଆ ହୋଇ ଯାଉଥିଲା ବେଳେ ଆମେ ମଧ୍ୟ ବସ୍ ସାଙ୍ଗରେ ସମାନ ପରିବେଗରେ ଆଗକୁ ଗତିକରୁ । ବସ୍‌ର ଡ୍ରାଇଭର ହଠାତ୍ କରି ବ୍ରେକ୍ ମାରିଲେ, ବସର ଗତି ତତ୍‌କ୍ଷଣାତ୍ କମିଯାଏ ଓ ବସ୍ ସ୍ଥିର ହୋଇଯାଏ । ମାତ୍ର ଆମ ଶରୀର ଉପରେ କୌଣସି ବଳ (ବ୍ରେକ୍‌ର ବଳ) କାର୍ଯ୍ୟ କରେନା । ଜଡ଼ତ୍ୱ ଧର୍ମଯୋଗୁ ଆମେ ଆମର ଗତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥାକୁ ବଜାୟ ରଖିବାକୁ ଚାହୁଁ, ତେଣୁ ଆଗକୁ ଝୁଙ୍କିପଡୁ । ଏହା ଫଳରେ ଆମେ ଅନେକ ସମୟରେ ଆଘାତପ୍ରାପ୍ତ ହେଉ ଯାହା ବେଳେ ବେଳେ ଗମ୍ଭୀର ଓ କ୍ଷତିକାରକ ହୋଇପାରେ । ଏଥିପାଇଁ କାର୍‌ରେ ଗତି କରୁଥିଲା ବେଳେ କାର୍‌ରେ ବସିଥିବା ଯାତ୍ରୀମାନଙ୍କୁ ସୁରକ୍ଷା ବେଲ୍ଟ (safety belt) ପିନ୍ଧିବାକୁ ଉପଦେଶ ଦିଆଯାଏ । ସୁରକ୍ଷା ବେଲ୍ଟ ଆମ ଶରୀରକୁ ଦୃଢ଼ ଭାବରେ ବାନ୍ଧିକରି ରଖେ । ଗାଡ଼ି ଚାଳକ ହଠାତ୍ ବ୍ରେକ୍ ମାରିଲେ ମଧ୍ୟ ସୁରକ୍ଷା ବେଲ୍ଟ ଆମ ଶରୀରକୁ ହଠାତ୍ କରି ଆଗକୁ ଝୁଙ୍କି ପଡ଼ିବାକୁ ଦିଏନା । ଏଣୁ ସୁରକ୍ଷା ବେଲ୍ଟ ଲଗାଇଲେ ଆମେ ଦୃତଗାମୀ ଗାଡ଼ି ଭିତରେ ସୁରକ୍ଷିତ ହୋଇ ରହୁ ।

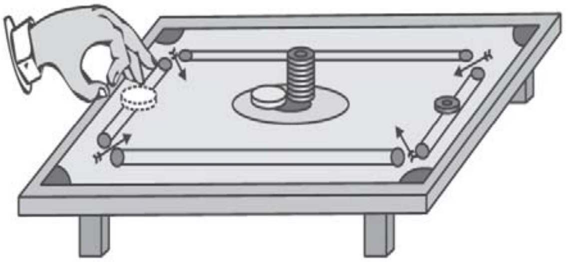
ବହୁତ ଭିଡ଼ ହୋଇଥିଲେ ବସ୍ ଭିତରେ ଜାଗା ନ ପାଇ ଠିଆ ହୋଇ ରହିବା ଏକ ସାଧାରଣ ଘଟଣା । ବସ୍ ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହିଥିଲେ ବସ୍ ଭିତରେ ଥିବା ସବୁ ଯାତ୍ରୀ ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହି ଥାଆନ୍ତି । ବସ୍‌ର ଡ୍ରାଇଭର୍ ହଠାତ୍ ଇଞ୍ଜିନ ସକ୍ରିୟ କରି ବସ୍‌କୁ ଗତିଶୀଳ କଲେ ଠିଆ ହୋଇଥିବା ଅନେକ ଯାତ୍ରୀ ପଛକୁ ପଡ଼ିଯାଆନ୍ତି । ସେହିଭଳି ଯେତେବେଳେ ବସ୍ ହଠାତ୍ ଆଗକୁ ଚାଲିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ସେତେବେଳେ ଠିଆ ହୋଇଥିବା ଯାତ୍ରୀଙ୍କ ଶରୀର ଉପରେ ବସ୍‌ର ଇଞ୍ଜିନ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେନା । ତେଣୁ ସେମାନେ ଜଡ଼ତ୍ୱ ଗୁଣ ଯୋଗୁ ପୂର୍ବପରି ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହିବାକୁ ଚାହାନ୍ତି । ମାତ୍ର ସେମାନଙ୍କ ପାଦ ବସ୍‌ର ଚଟାଣ ସହିତ ଲାଗିଥାଏ । ଏଣୁ ବସ୍ ଯେତେବେଳେ ଆଗକୁ ଚାଲିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ, ସେତେବେଳେ ଯାତ୍ରୀମାନଙ୍କର ପାଦର ନିମ୍ନଅଂଶ ମଧ୍ୟ ଆଗକୁ ଯିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ମାତ୍ର ସେମାନଙ୍କ ଶରୀରର ଉପର ଅଂଶ ଜଡ଼ତ୍ୱ ଗୁଣ ଯୋଗୁ ସ୍ଥିର ହୋଇ ରୁହେ । ତେଣୁ ବସ୍ ହଠାତ୍ କରି ଆଗକୁ ଚାଲିବା ଆରମ୍ଭ କଲେ, ବସରେ ଠିଆ ହୋଇଥିବା ଯାତ୍ରୀମାନେ ପଛକୁ ପଡ଼ିଯାଆନ୍ତି ।

ଗୋଟିଏ ଦୃତଗାମୀ ମଟରଗାଡ଼ି ସିଧା ରାସ୍ତାରେ ଯାଉଥିବା ବେଳେ ହଠାତ୍ ଏକ ତୀକ୍ଷ୍ଣ ଗୋଲେଇ ପାଖରେ ଘୂରିଗଲେ ଆମେ ଗାଡ଼ି ଭିତରେ ଗୋଟିଏ କଡ଼କୁ ଛିଟ୍‌କି ପଡୁ । ଏପରି କାହିଁକି ହୁଏ, ତାହା ଆମେ ଜଡ଼ତ୍ୱର ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ବୁଝାଇ ପାରିବା । ଗାଡ଼ି ସିଧା ରାସ୍ତାରେ ସରଳରେଖାରେ ଯାଉଥିଲା ବେଳେ ଗାଡ଼ି ଭିତରେ ଆମେ ମଧ୍ୟ ସରଳରେଖାରେ ଗତିକରୁ । ଇଞ୍ଜିନ ଦ୍ୱାରା ଗାଡ଼ି ଉପରେ ଏକ ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ହେବା ଦ୍ୱାରା ଗାଡ଼ିର ଗତିର ଦିଗ ହଠାତ୍ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ ଓ ଗାଡ଼ି ଗୋଲେଇ ରାସ୍ତାରେ ଘୂରିଯାଏ । ମାତ୍ର ଆମ ଶରୀର ଉପରେ କୌଣସି ଅସନ୍ତୁଳିତ ବାହ୍ୟ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେନା, ତେଣୁ ଆମ ଶରୀରର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଗୁଣ ଯୋଗୁ ଆମର ଗତିର ଦିଗରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆସେନା । ବସ୍ ଗୋଲେଇ ରାସ୍ତାରେ ବୁଲିଲେ ମଧ୍ୟ ଆମେ ଆମର ସରଳରୈଖିକ ଗତି ବଜାୟ ରଖିବାକୁ ଚାହୁଁ । ଏହା ଫଳରେ ଆମେ ଗାଡ଼ି ଭିତରେ ଗୋଟିଏ କଡ଼କୁ ଛିଟ୍‌କି ପଡୁ ।

ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ ନକଲେ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହେ । ଏହା ଆମେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତରୁ ମଧ୍ୟ ଜାଣିପାରିବା ।

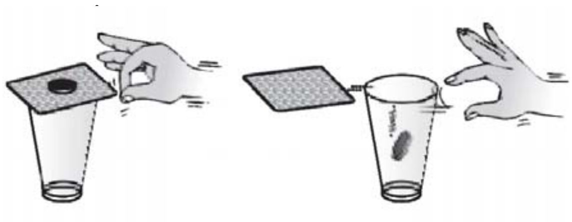
ତୁମପାଇଁ କାମ : 6.1

ତୁମେ କ୍ୟାରମ୍ ଖେଳିଥିବ । ଚିତ୍ର 6.5 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ପରି ଏକ କ୍ୟାରମ୍‌ବୋର୍ଡ଼ର ମଝିରେ ଗୋଟିମାନଙ୍କୁ ଏକସ୍ତମ୍ଭ ପରି ସଜାଇ ରଖ ।



ଚିତ୍ର **6.5** କ୍ୟାରମବୋର୍ଡ଼ ଉପରେ ଷ୍ଟ୍ରାଇକର ଗୋଟିର ସ୍ତମ୍ଭକୁ ଆଘାତ କରୁଛି

କ୍ୟାରମ୍‌ବୋର୍ଡ଼ର ଗୋଟିଏ ପାର୍ଶ୍ୱରୁ ଷ୍ଟ୍ରାଇକରକୁ ଜୋରରେ ସ୍ତମ୍ଭ ଆଡ଼କୁ ମାର । ଷ୍ଟ୍ରାଇକର ସ୍ତମ୍ଭର ତଳ ଗୋଟିକୁ ଆଘାତ କରିବ ଓ ସେହି ଗୋଟି ଉପରେ ବଳ ପ୍ରଦାନ କରିବ । ଏହା ଫଳରେ ତଳ ଗୋଟିଟି ଥାକରୁ ବାହାରି ଅନ୍ୟତ୍ର ଚାଲିଯିବ, ମାତ୍ର ଅନ୍ୟ ଗୋଟିଗୁଡ଼ିକ ତଳକୁ ଖସିଆସି ଅପସାରିତ ଗୋଟି ସ୍ଥାନରେ ପୁଣି ଗୋଟିଏ ସ୍ତମ୍ଭ ସଦୃଶ ରହିଯିବେ । ତଳ ଗୋଟି ଉପରେ ଥିବା ଅନ୍ୟ ଗୋଟିମାନଙ୍କୁ ଷ୍ଟ୍ରାଇକର ଆଘାତ କରେନା । ତେଣୁ ସେମାନଙ୍କ ଉପରେ କୌଣସି ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେନା । ତେଣୁ ସେହି ଗୋଟି ସମୂହ ଜଡ଼ତ୍ୱ ଗୁଣ ଯୋଗୁ ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗରେ କେବଳ ତଳକୁ ଖସି ଆସି ଅପସାରିତ ଗୋଟିର ସ୍ଥାନରେ ରହିଯାଆନ୍ତି ।



ଚିତ୍ର **6.6** ସ୍ଥିରତାର ଜଡ଼ତ୍ୱ ପରୀକ୍ଷା

ଚିତ୍ର 6.6 ରେ ଗୋଟିଏ ଗ୍ଲାସର ଉପରେ ଏକ ମୋଟା କାର୍ଡ଼ବୋର୍ଡ଼ ଅଛି । ତାହା ଉପରେ ତୁମେ ଗୋଟିଏ ପାଞ୍ଚଟଙ୍କିଆ ମୁଦ୍ରା ଯତ୍ନରେ ରଖ । କାର୍ଡ଼ବୋର୍ଡ଼ର ଗୋଟିଏ ପାର୍ଶ୍ୱରୁ ଆଙ୍ଗୁଳି ଦ୍ୱାରା ଟିପା (flic) ମାରି କାର୍ଡ଼ବୋର୍ଡ଼ ଉପରେ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କର । ଏହା ଯୋଗୁ କାର୍ଡ଼ବୋର୍ଡ଼ଟି ଦ୍ରୁତ ଗତିରେ ବାହାରିଯିବ ଓ ମୁଦ୍ରାଟି ଗ୍ଲାସ ଭିତରେ ଗଳି ପଡ଼ିବ । ଆଙ୍ଗୁଳିଦ୍ୱାରା ଟିପା ମାରିଲାବେଳେ କାର୍ଡ଼ବୋର୍ଡ଼ ଉପରେ ବାହ୍ୟବଳ କାର୍ଯ୍ୟକଲା । ତେଣୁ କାର୍ଡ଼ବୋର୍ଡ଼ ଗତିକରି ଗ୍ଲାସ ମୁହଁ ଉପରୁ ବାହାରିଗଲା । ମୁଦ୍ରା ଉପରେ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁନଥିଲା । ତେଣୁ ଜଡ଼ତ୍ୱ ଗୁଣ ଯୋଗୁ ମୁଦ୍ରାଟି ତାର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥା ବଜାୟ ରଖିବାକୁ ଚାହିଁଲା ଏବଂ କାର୍ଡ଼ବୋର୍ଡ଼ ଅପସାରିତ ହୋଇଗଲା ପରେ ମୁଦ୍ରାଟି ଗ୍ଲାସ ଭିତରେ ଗଳି ପଡ଼ିଲା ।

6.3 ଜଡ଼ତ୍ୱ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ (Inertia and Mass)

ଆମେ ଯେତେ ଗୁଡ଼ିଏ ଉଦାହରଣ ଓ ତୁମପାଇଁ କାମ ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କଲେ, ସେଥିରୁ ଜଣାପଡ଼ିଲା ଯେ ବସ୍ତୁ ସର୍ବଦା ତା'ର ଗତିର ଅବସ୍ଥାରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବିରୋଧ କରେ । ବସ୍ତୁ ଯଦି ସ୍ଥିର ରହିଥାଏ ତେବେ ତାହା ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହିବାକୁ ଇଚ୍ଛୁକ ହୁଏ । ବସ୍ତୁ ଯଦି ଗତି କରୁଥାଏ ତେବେ ତାହା ନିଜର ଗତି ଅବସ୍ଥାକୁ ବଜାୟ ରଖିବାର ପ୍ରବୃତ୍ତି ପ୍ରଦର୍ଶନ କରେ । ବସ୍ତୁର ଏହି ଗୁଣକୁ ବସ୍ତୁର ଜଡ଼ତ୍ୱ କୁହାଯାଏ । ସବୁ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କର କ'ଣ ସମାନ ଜଡ଼ତ୍ୱ ଥାଏ ? ଆମର ଅଭିଜ୍ଞତା ଅଛି କୌଣସି ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ଖାଲି ହାଲୁକା ବାକ୍ସକୁ ପେଲିବା ସହଜ ହୁଏ, ମାତ୍ର ବହିଦ୍ୱାରା ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ଏକ ଭାରି ବାକ୍ସକୁ ପେଲିବା କଷ୍ଟକର ହୋଇଥାଏ । ଠିକ୍ ସେହିପରି ଗୋଟିଏ ଫୁଟବଲକୁ ଗୋଡ଼ରେ ମାରିଲେ ତାହା ସହଜରେ ଦୂରକୁ ଗଡ଼ିଯାଏ ମାତ୍ର ସମାନ ଆକାର ଓ ଆକୃତିର ଏକ ଲୁହା ଗୋଲକକୁ ଗୋଡ଼ରେ ମାରିଲେ ଗୋଲକଟି ଆଗକୁ ଯାଇ ପାରେନା ବରଂ ଗୋଡ଼ ଆଘାତପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇ ଭାଙ୍ଗିଯିବାର ସମ୍ଭାବନା ଥାଏ । ଅଳ୍ପ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଗୋଟିଏ ଛୋଟ ଯାନରେ ଅଧିକ ପରିବେଗ ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇ ପାରିବ ମାତ୍ର ସେତିକି ବଳ ଏକ ଟ୍ରେନ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ତା'ର ଗତିରେ ଅତି ନଗଣ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆସିବ । ଏହାର କାରଣ ହେଉଛି ଯେ, ଟ୍ରେନ୍‌ର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଛୋଟ ଯାନର ଜଡ଼ତ୍ୱ ତୁଳନାରେ ଯଥେଷ୍ଟ ବେଶି । ଏଥିରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ଜଣାପଡୁଛି ଯେ ଭାରି ବସ୍ତୁର ଅର୍ଥାତ୍ **ଯେଉଁ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଧିକ ତାହାର ଜଡ଼ତ୍ୱ ମଧ୍ୟ ଅଧିକ** । ପରିମାଣାତ୍ମକ (quantitatively)

ଭାବେ ବସ୍ତୁର ଜଡ଼ତ୍ୱ ତା ନିଜର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ବସ୍ତୁର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଓ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପରସ୍ପର ସହିତ ସମ୍ପର୍କିତ । **ଜଡ଼ତ୍ୱ ବସ୍ତୁର ଏକ ପ୍ରାକୃତିକ ପ୍ରବୃତ୍ତି ଯାହା ଯୋଗୁ ବସ୍ତୁ ନିଜର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥା ବା ଗତିର ଅବସ୍ଥାରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ନିଜେ ବିରୋଧ କରେ ।** ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବସ୍ତୁର ଜଡ଼ତ୍ୱର ମାପକ (measure) ଅଟେ ।

ପ୍ରଶ୍ନ :

1. ନିମ୍ନ ପ୍ରଦତ୍ତ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ତୁଳନାତ୍ମକ ଭାବେ କାହାର ଜଡ଼ତ୍ୱ ବେଶି ?
   (a) ସମାନ ଆକାର ଓ ଆକୃତି ବିଶିଷ୍ଟ ରବର ବଲ୍ ଓ ଲୁହାର ଗୋଲକ ।
   (b) ସାଇକେଲ୍ ଓ ଟ୍ରେନ୍ ।
   (c) ପାଞ୍ଚଟଙ୍କିଆ ମୁଦ୍ରା ଓ ଆଠଣି
2. ନିମ୍ନ ପ୍ରଦତ୍ତ ଉଦାହରଣକୁ ପଢ଼ ଓ ସେଥିରେ ବଲ୍‌ର ପରିବେଗରେ କେତେଥର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଛି ତାହା କଳନା କର ।

   ଜଣେ ଫୁଟବଲ ଖେଳାଳି ଫୁଟବଲ୍‌କୁ ଗୋଡ଼ରେ ମାରି ତା ଦଳର ଆଉ ଜଣେ ଖେଳାଳି ପାଖକୁ ପଠାଇଲା ଯିଏ ସେହି ବଲକୁ ଗୋଲପୋଷ୍ଟ ଆଡ଼କୁ ମାରିଲା । ବିପକ୍ଷ ଦଳର ଗୋଲରକ୍ଷକ ସେ ବଲକୁ ହାତରେ ଧରି ପୁଣି ଗୋଡ଼ରେ ମାରି ତା ନିଜ ଦଳର ସାଥୀ ଖେଳାଳି ପାଖକୁ ପଠାଇ ଦେଲା ।

   ଉତ୍ତର ଦେଲାବେଳେ ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବଳ ପ୍ରଦାନକାରୀ କାରକ (agent) କୁ ମଧ୍ୟ ଚିହ୍ନ ।
3. ଗୋଟିଏ ଗଛକୁ ଜୋରରେ ହଲାଇଲେ ସେହି ଗଛର କିଛି ପତ୍ର ବେଳେ ବେଳେ ଝରିପଡ଼େ । ଏହା କାହିଁକି ହୁଏ, ବୁଝାଅ ।
4. ଗୋଟିଏ ଦ୍ରୁତଗାମୀ ବସ୍‌ର ଚାଳକ ହଠାତ୍ ବ୍ରେକ୍ ମାରିଲେ ବସ୍ ଭିତରେ ଠିଆ ହୋଇଥିଲେ ତୁମେ କାହିଁକି ଆଗକୁ ପଡ଼ିଯାଅ ଏବଂ ସେହି ବସକୁ ହଠାତ୍ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ କଲେ ତୁମେ କାହିଁକି ପଛକୁ ପଡ଼ିଯାଅ ?

6.4 ନିଉଟନଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମ
(Newton's Second Laws of Motion)

ପ୍ରଥମ ଗତି ନିୟମ ସୂଚିତ କରେ ଯେ ଯେତେବେଳେ ଏକ ଅସନ୍ତୁଳିତ ବାହ୍ୟ ବଳ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ, ସେତେବେଳେ ସେହି ବସ୍ତୁର ପରିବେଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆସେ ଓ ସେ ବସ୍ତୁରେ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ଆଲୋଚନା କରିବା ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ କିପରି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ଏବଂ ଆମେ କିପରି ସେ ବଳକୁ ମାପି ପାରିବା । ଏଥିପାଇଁ ଆମେ ଆମ ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନରୁ କିଛି ଉଦାହରଣ ନେବା । ଟେବୁଲ ଟେନିସ୍ ଖେଳ ଚାଲୁଥିଲାବେଳେ ଟେବୁଲ ଟେନିସ୍ ବଲ୍ ଖେଳାଳିଙ୍କ ଦେହରେ ବାଜିଲେ ସେମାନେ ଆଘାତ ପାଆନ୍ତି ନାହିଁ । ମାତ୍ର କ୍ରିକେଟ ଖେଳରେ ଜଣେ ଦ୍ରୁତ ବୋଲର (fast bowler) ବୋଲିଂ କରୁଥିବା ବେଳେ କ୍ରିକେଟ ବଲ୍ ଯଦି ବ୍ୟାଟ୍ସମ୍ୟାନର ପେଟରେ ବା ଛାତିରେ ବାଜେ ତେବେ ସେହି ବ୍ୟାଟ୍ସମ୍ୟାନ ଗୁରୁତର ଭାବେ ଆଘାତପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ।

ରାସ୍ତାକଡ଼ରେ ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହିଥିବା ଗୋଟିଏ ଟ୍ରକ ନିରାପଦ, କାରଣ ତାହା ଆମକୁ ଆଘାତ ଦିଏନା । ମାତ୍ର ସେହି ଟ୍ରକ ଖୁବ୍ ଅଳ୍ପ ପରିବେଗରେ ଯାଉଥିଲେ ମଧ୍ୟ ଯଦି ଧକ୍କା ମାରେ ତେବେ ଆମେ ଗୁରୁତର ଭାବେ ଆଘାତ ପାଇବା । ସେହିପରି ଗୋଟିଏ ବନ୍ଧୁକରୁ ଅତି ଅଳ୍ପ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୁଳି ଫୁଟାଇଲେ ଯଦି ସେ ଗୁଳି କୌଣସି ବ୍ୟକ୍ତି ଦେହରେ ବାଜେ ତେବେ ସେ ବ୍ୟକ୍ତି ଗୁରୁତର ଭାବରେ ଆଘାତପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ଏହା ବେଳେ ବେଳେ ମୃତ୍ୟୁର କାରଣ ହୁଏ । ଏହିସବୁ ଉଦାହରଣରୁ ଜଣାପଡୁଛି ଯେ, ଗତିଶୀଳ ବସ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ ଆଘାତ କରେ ସେତେବେଳେ ତାହାର ପ୍ରତିଘାତ (impact) ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ପରିବେଗ ଉଭୟ ରାଶି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହେଲା ବେଳେ, ତାହାର ପରିବେଗରେ ଅଧିକ ବୃଦ୍ଧି ହାସଲ କରିବାପାଇଁ ଅଧିକ ବଳ ଦରକାର ହୁଏ । ଏହିସବୁ ଉଦାହରଣ ଗୁଡ଼ିକୁ ଆହୁରି ଭଲ ଭାବରେ ବୁଝାଇବା ପାଇଁ, ନିଉଟନ ବସ୍ତୁର ଆଉ ଏକ ଭୌତିକ ପ୍ରକୃତି ଉପସ୍ଥାପନା କଲେ ଯାହାକୁ ସଂବେଗ (momentum) କୁହାଯାଏ । ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ପରିବେଗର ସଂଯୋଜନ (combination) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶିତ ଏକ ଭୌତିକ ରାଶି ।

ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ଏକ ଭୌତିକ ରାଶି ଯାହା ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ତାହାର ପରିବେଗର ଗୁଣନ (product) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶିତ ହୁଏ ।

ଯଦି, m = ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହୁଏ

v = ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ହୁଏ

ଏବଂ p = ସେହି ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ହୁଏ

ତେବେ, $p = mv$ ----------------- (6.1)

(ସଂବେଗ = ବସ୍ତୁତ୍ୱ × ପରିବେଗ)

ତୁମେ ଜାଣି ରଖ ଯେ :

1. **ସଂବେଗ ଏକ ସଦିଶ ରାଶି କାରଣ ଏହାର ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ ଉଭୟ ଥାଏ ।**
2. **ବସ୍ତୁର ସଂବେଗର ଦିଗ ସେହି ବସ୍ତୁର ପରିବେଗର ଦିଗ ସହିତ ସମାନ ।**
3. **SI ଏକକ ପଦ୍ଧତିରେ ସଂବେଗର ଏକକ ହେଉଛି $kg.m.s^{-1}$ ।**

ବାହ୍ୟ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରାଗଲେ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆସେ । ତେଣୁ ବଳ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗରେ ମଧ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ବସ୍ତୁର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନର ପରିମାଣ ଖାଲି ବଳର ପରିମାଣ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେନା, ବଳ କେତେ ସମୟ ପାଇଁ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଛି ତାହା ଉପରେ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଭର କରେ । ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଏକ ବଳ ଅଳ୍ପ ସମୟ ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟ କଲେ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ଅଳ୍ପ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ତେଣୁ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗରେ ଅଳ୍ପ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆସେ । ମାତ୍ର ସେହି ବଳ ସେହି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଅଧିକ ସମୟ ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟ କଲେ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ଅଧିକ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ଓ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗରେ ଅଧିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ । ଏହିସବୁ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣରୁ ଆମେ କହିପାରିବା ଯେ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆଣିବାପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବଳ, ତାହାର ସଂବେଗର ସମୟ ଅନୁସାରେ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର (time rate of change) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହି ତଥ୍ୟକୁ ଆଧାର କରି ନିଉଟନ ତାଙ୍କର ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମ ଉପସ୍ଥାପନା କରିଥିଲେ ଓ ତାହାର ବାଖ୍ୟା କରିଥିଲେ ।

ବଳ ଦିଗରେ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗର ସମୟ ଅନୁସାରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର, ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ଓ ବଳ ଦିଗରେ ସଂପନ୍ନ ହୁଏ ।

6.4.1 ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମର ଗାଣିତିକ ସୂତ୍ରାୟନ : (Mathematical Formulation of Second Laws of Motion)

ମନେକର (m) ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ସମ (constant) ତ୍ୱରଣରେ ଗତି କରୁଛି । ମନେକର,

u = ଗତିପଥର ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନରେ $t = 0$ ସମୟରେ ବସ୍ତୁର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ

a = ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ

v = (t) ସମୟ ପରେ ଗତିପଥର ଆଉ ଏକ ସ୍ଥାନରେ ବସ୍ତୁର ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ ।

F = ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବାହ୍ୟବଳ (ଯାହା ଯୋଗୁ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଛି)

ଯଦି p_1 ବସ୍ତୁର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସଂବେଗ ଓ p_2 ବସ୍ତୁର ଅନ୍ତିମ ସଂବେଗ ହୁଏ, ତେବେ,

$p_1 = mu$

$p_2 = mv$

t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ସଂବେଗର ମୋଟ୍ ପରିବର୍ତ୍ତନ

$$= p_2 - p_1$$
$$= (mv - mu)$$
$$= m(v - u)$$

∴ ସମୟ ଅନୁସାରେ ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର

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

ତେଣୁ $F \alpha \frac{m(v-u)}{t}$

କିମ୍ବା $F = k.\frac{m(v-u)}{t}$ ------------------ (6.2)

$= k.ma$ ----------------------------- (6.3)

ଏହି ସମୀକରଣରେ k ହେଉଛି ଏକ ଆନୁପାତିକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଓ $\frac{v-u}{t} = a$ ହେଉଛି ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ ।

ଏକକ ବଳକୁ (unit force) ଏମିତି ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଏ ଯେ, k ର ମୂଲ୍ୟ ଏକ (one) ହୁଏ । ସଂଜ୍ଞା ଅନୁସାରେ **ଏକକ ବଳ ହେଉଛି ସେହି ପରିମାଣର ବଳ ଯାହା ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କଲେ ସେହି ବସ୍ତୁରେ ଏକକ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।** SI ଏକକ ପଦ୍ଧତିରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକକ kg, ତ୍ୱରଣର ଏକକ $m.s^{-2}$ ଏବଂ ବଳର ଏକକ newton ଯାହା $kg.ms^{-2}$ ଅଟେ । ଏହାର ସଙ୍କେତ (N) ଅଟେ ।

ତେଣୁ ସମୀକରଣ 6.3 ରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ରାଶିର ମୂଲ୍ୟ 1 ନେଲେ,

$$1 \text{ newton} = k.1kg. \times 1m/s^2 = k \times 1 \text{ kg.m/s}^2$$

ତେଣୁ k ର ମୂଲ୍ୟ 1 ନିଆଯାଏ ।

ଏହି ମୂଲ୍ୟକୁ (6.3)ରେ ପ୍ରତିସ୍ଥାପିତ କଲେ ।

F = ma -------------------------- (6.4)

ଦ୍ୱିତୀୟଗତି ନିୟମ ବଳକୁ ମାପିବାର ଏକ ସୂତ୍ର ଦିଏ ଯାହା ସମୀକରଣ (6.4) ରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇଛି । ଏହି ସମୀକରଣ ଅନୁସାରେ,

ବଳ = ବସ୍ତୁତ୍ୱ × ତ୍ୱରଣ

ପୂର୍ବରୁ କୁହାଯାଇଛି SI ପଦ୍ଧତିରେ ବଳର ଏକକ 'ନିଉଟନ' ଯାହାର ସଙ୍କେତ (N) ଅଟେ । ସମୀକରଣ (6.4) ଆମକୁ ଏକ ନିଉଟନ ବଳର ସଜ୍ଞା ପ୍ରଦାନ କରେ ।

1 ନିଉଟନ ବଳ ହେଉଛି ସେତିକି ପରିମାଣର ବଳ ଯାହା ବାହାରୁ 1kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କଲେ ସେଥିରେ $1m/s^2$ର ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମର ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତ ଆମ ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନରେ ଅନେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବାରମ୍ବାର ଉପଲବ୍ଧ ହୁଏ ।

ଚିତ୍ର **6.7** ଜଣେ କ୍ଷେତ୍ରରକ୍ଷକ ବଲ୍‌କୁ ଧରିଲାବେଳେ ପାପୁଲିକୁ କ୍ରମଶଃ ତଳକୁ ଆଣୁଛି

ଆସ କ୍ରିକେଟ ପଡ଼ିଆକୁ ଯିବା ଓ କିଛି ଶିଖିବା । କ୍ରିକେଟ ଖେଳରେ ଜଣେ କ୍ଷେତ୍ରରକ୍ଷକ (fielder) ବହୁତ ଉଚ୍ଚରୁ ତଳକୁ ଖସୁଥିବା ଏକ ଦ୍ରୁତଗାମୀ କ୍ରିକେଟ ବଲକୁ ଧରିଲା (catch) ବେଳେ ନିଜ ହାତର ପାପୁଲି ମଧ୍ୟରେ ବଲଟିକୁ ଧରି ପାପୁଲିକୁ କ୍ରମଶଃ ତଳକୁ ଟିକେ ଖସାଇ ଆଣେ । ଏହାଦ୍ୱାରା ବଲର ପରିବେଗର ପରିମାଣ ହ୍ରାସ ପାଇ ଶୂନ ହେବାକୁ କିଛି ଅଧିକ ସମୟ ଲାଗେ । ଏଣୁ ବଲର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ (ଏଠାରେ ହ୍ରାସ) ର ହାର କମିଯାଏ । ତେଣୁ ବଲର ପାପୁଲି ଉପରେ ପ୍ରତିଘାତ (impact) ବଳ ମଧ୍ୟ କମିଯାଏ । ଏହାଯୋଗୁଁ କ୍ଷେତ୍ରରକ୍ଷକ ଦ୍ରୁତଗାମୀ ଶକ୍ତ ବଲକୁ ଧରିଲାବେଳେ କୌଣସି ଆଘାତ ପାଏନା ।

ଯେତେବେଳେ କ୍ଷେତ୍ରରକ୍ଷକ ନିଜ ହାତର ପାପୁଲିକୁ କ୍ରମଶଃ ତଳକୁ ନ ଆଣି କ୍ରିକେଟ ବଲକୁ ହଠାତ୍ ଧରି ପକାଏ, ସେତେବେଳେ ବଲର ପରିବେଗ ହଠାତ୍ ହ୍ରାସ ପାଇ ଅତି ଅଳ୍ପ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଶୂନ ହୋଇଯାଏ । ଏହା ଯୋଗୁ ବଲ୍‌ର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ବହୁତ ଅଧିକ ହୁଏ । ତେଣୁ କ୍ଷେତ୍ରରକ୍ଷକର ପାପୁଲିରେ ଅଧିକ ପ୍ରତିଘାତ ବଳ କ୍ରିୟାଶୀଳ ହୁଏ । ଏହାଯୋଗୁ କ୍ଷେତ୍ରରକ୍ଷକର ପାପୁଲି ଆଘାତ ପାଇବାର ସମ୍ଭାବନା ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।

କ୍ରୀଡ଼ା ପ୍ରତିଯୋଗୀତାରେ ଉଚ୍ଚଡ଼ିଆଁ (high jump) ଖେଳରେ ପ୍ରତିଯୋଗୀମାନେ ଉଚ୍ଚରେ ରହିଥିବା ଏକ

ଭୂସମାନ୍ତର ବାଡ଼ି (horizontal bar) ଉପରେ ଡେଇଁ ଅନ୍ୟ କଡ଼ରେ ପଡ଼ିଲା ବେଳେ ସେମାନଙ୍କ ସୁରକ୍ଷା ପାଇଁ ତଳେ ବାଲି ଶଯ୍ୟା କିମ୍ବା ସ୍ପଞ୍ଜଗଦିର କୋମଳ ଶଯ୍ୟା ରଖା ଯାଇଥାଏ । ଏହି ଶଯ୍ୟା ଉପରେ ପଡ଼ିବାବେଳେ ଖେଳାଳିର ପତନ ପରିବେଗ ଶୂନ ହେବାକୁ ଟିକେ ଅଧିକ ସମୟ ଲାଗେ । ଏଥିପାଇଁ ଖେଳାଳିଙ୍କର ପରିବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନର ସମୟ ଅଧିକ ହୁଏ । ତେଣୁ ତାଙ୍କର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର କମିଯାଏ ଓ ଅଳ୍ପ ପ୍ରତିଘାତ ବଳ ତାଙ୍କ ଶରୀର ଉପରେ ପଡ଼େ । ଏହାଯୋଗୁ ଖେଳାଳିମାନେ ସୁରକ୍ଷିତ ହୋଇ ସେହି ଶଯ୍ୟା ଉପରେ ପଡ଼ନ୍ତି ଓ ପଡ଼ିଲାବେଳେ କୌଣସି ଆଘାତ ପାଆନ୍ତି ନାହିଁ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଚିନ୍ତାକରି ଜାଣିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କର ଜଣେ କରାଟେ ଖେଳାଳି କିପରି ଗୋଟିଏ ବିଧା ମାରି ଏକ ବଡ଼ ବରଫଖଣ୍ଡକୁ ଭାଙ୍ଗିଦିଏ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମକୁ ଗତିର ପ୍ରକୃତ ନିୟମ ବୋଲି ଧରାଯାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମର ଗାଣିତିକ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି (expression)ରୁ ପ୍ରଥମ ଗତି ନିୟମର ବାଖ୍ୟାର ସୂଚନା ମିଳେ ।

ସମୀକରଣ (6.4) ଅନୁସାରେ

$$F = ma$$

$$= m\left(\frac{v-u}{t}\right) \text{---------------------} (6.5)$$

ତେଣୁ $F \times t = m(v-u) = mv - mu$

ଯେତେବେଳେ F ର ମୂଲ୍ୟ ଶୂନ ହେବ ଅର୍ଥାତ୍ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କୌଣସି ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ନାହିଁ ସେତେବେଳେ,

$$mv - mu = 0$$

ଅର୍ଥାତ୍ $v = u$ ହେବ ।

ଏହାର ଅର୍ଥ ହେଲା କୌଣସି ବାହ୍ୟବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ନ ହେଲେ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବନି ଅର୍ଥାତ୍ ବସ୍ତୁ ସମବେଗରେ ଗତି କରିବ । ଯଦି ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ $u = 0$ ହୋଇଥିବ, ତେବେ ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ $v = 0$ ହେବ । ଅର୍ଥାତ୍ ବାହ୍ୟ ବଳ ବିନା ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁ ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହିବ । ତେଣୁ **ବସ୍ତୁ ଉପରେ ବାହ୍ୟ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ନହେଲେ ବସ୍ତୁର ସମଗତି ଅବସ୍ଥା ବା ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆସେନା ।** ପ୍ରଥମ ଗତି ନିୟମର ଏହି ବାଖ୍ୟା ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମରୁ ମିଳିଲା ।

ଉଦାହରଣ 6.1 :

ଗୋଟିଏ ସ୍ଥିର ବଳ ଏକ 5kg. ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁ ଉପରେ 2s ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟ କଲା । ଏହା ବସ୍ତୁର ପରିବେଗକୁ 3m/s ରୁ 7m/s କୁ ବୃଦ୍ଧି କରାଇଲା । ବଳର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଯଦି ଏହି ବଳ 5s ପାଇଁ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାନ୍ତା, ତେବେ ବସ୍ତୁର ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ କେତେ ହୋଇଥାନ୍ତା ?

ଉତ୍ତର :

ଦତ୍ତ ଅଛି :

ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ = $m = 5kg$

ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ = $u = 3m.s^{-1}$

ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ = $v = 7m.s^{-1}$

ପରିବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନର ସମୟ $t = 2s$

ସମୀକରଣ (6.5) ଅନୁସାରେ,

$$F = \frac{m(v-u)}{t}$$

ଦତ୍ତ ରାଶିମାନଙ୍କର ମୂଲ୍ୟ ପ୍ରତିସ୍ଥାପିତ କଲେ,

$$F = 5kg \times \frac{(7m.s^{-1} - 3m.s^{-1})}{2s}$$

$$= \frac{(5kg \times 4m.s^{-1})}{2s}$$

$$= 10\ kg.m.s^{-2}$$

$$= 10N$$

ବର୍ତ୍ତମାନ $t = 5s$ ହେଲେ ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ କେତେ ହେବ ?

ଏଥିପାଇଁ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ବଦଳାଇ

ଲେଖିଲେ $\frac{F \times t}{m} = v - u$

କିମ୍ବା $v = u + \frac{F \times t}{m}$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଦତ୍ତ ରାଶିମାନଙ୍କ ମୂଲ୍ୟକୁ ଆଉ ଥରେ ପ୍ରତିସ୍ଥାପିତ କରିବା ଓ $t = 5s$ ନେବା ।

$$\therefore\ v = 3m.s^{-1} + \frac{10N \times 5s}{5kg}$$

$$= 3m.s^{-1} + \frac{10kg.\frac{m}{s^2} \times 5s}{5kg}$$

$= 3m.s^{-1} + 10m.s^{-1} = 13m.s^{-1}$

ଉଦାହରଣ 6.2 :

କେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅଧିକ ବଳ ପ୍ରୟୋଜନ ହେବ ?

(a) 2kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁରେ $5m.s^{-2}$ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି କରିବା ପାଇଁ ନା,

(b) 4kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁରେ $2m.s^{-2}$ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି କରିବା ପାଇଁ ।

(a) ଦତ୍ତ ଅଛି :

$m = 2kg$ ଓ $a = 5m.s^{-2}$

$\therefore F_1 = ma = 2kg \times 5m.s^{-2}$

$= 10kg.m.s^{-2} = 10N$

(b) ଦତ୍ତ ଅଛି :

$m = 4kg$ ଓ $a = 2m.s^{-2}$

$\therefore F_2 = ma = 4kg \times 2m.s^{-2}$

$= 8kg.m.s^{-2} = 8N$

ଦେଖାଗଲା $F_1 > F_2$, ତେଣୁ (a) କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅଧିକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ହେବ ।

ଉଦାହରଣ 6.3 :

ଗୋଟିଏ ମଟରଗାଡ଼ି 108 km/h ପରିବେଗରେ ଗତି କରୁଥିଲା । ଏହି ଗାଡ଼ିରେ ବ୍ରେକ୍ ମାରିଲା ପରେ 4s ପରେ ଏହା ସ୍ଥିର ହୋଇଗଲା । ବ୍ରେକ୍ ଦ୍ୱାରା କେତେ ବଳ (F) ଗାଡ଼ି ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିଲା ? (ମଟରଗାଡ଼ି ଓ ଗାଡ଼ିରେ ବସିଥିବା ଯାତ୍ରୀମାନଙ୍କର ମୋଟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ 1000kg. ଅଟେ ।)

ଉତ୍ତର :

ଦତ୍ତ ଅଛି :

ଗାଡ଼ି ଓ ଯାତ୍ରୀମାନଙ୍କ ମୋଟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ,

$m = 1000kg.$

ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ, $u = 108\ km/h$

$$= 108 \times \frac{5}{18}\ m/s$$

$= 30m/s$

ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ, $v = 0$

$t = 4s$

ସମୀକରଣ (6.5) ଅନୁସାରେ,

$$F = \frac{m(v-u)}{t} = -\frac{mu}{t} \quad (\text{କାରଣ } v = 0)$$

$$= -\frac{1000kg \times 30m/s}{4s}$$

$= -7500\ kg.\ m/s^2 = -7500N$

ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚିହ୍ନ ସୂଚନା ଦେଉଛି ଯେ, ବ୍ରେକ୍‌ର ବଳ ଗତିର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

ଉଦାହରଣ 6.4 :

ଏକ 5N ର ବଳ (m_1) ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଥିବା ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକରି $10m.s^{-2}$ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ସେହିବଳ (m_2) ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଥିବା ଅନ୍ୟ ଏକ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କଲେ ସେଥିରେ $20ms^{-2}$ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଯଦି ସେହି ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱୟକୁ ବାନ୍ଧି ଦିଆଯାଏ, ତେବେ ସେହି ବସ୍ତୁଯୁଗଳ ଉପରେ 5N ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କଲେ କେତେ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି ହେବ ?

ଉତ୍ତର :

ଦତ୍ତ ଅଛି :

m_1 ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ $a_1 = 10ms^{-2}$

m_2 ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ $a_2 = 20ms^{-2}$

ବଳ $F = 5N$

$$\therefore\ m_1 = \frac{F}{a_1} = \frac{5N}{10m.s^{-2}} = 0.5kg$$

$$m_2 = \frac{F}{a_2} = \frac{5N}{20m.s^{-2}} = 0.25kg$$

ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱୟକୁ ବାନ୍ଧି ଦେଲାପରେ ମୋଟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ

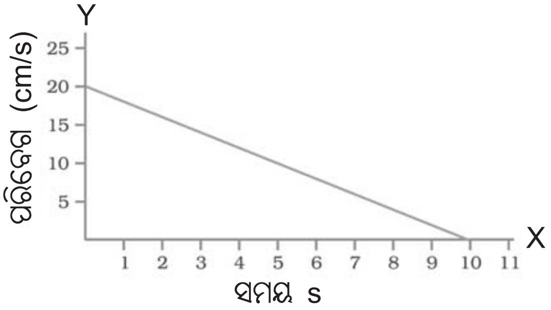
$m = m_1 + m_2 = 0.5\ kg. + 0.25kg = 0.75kg.$

ଯଦି a = ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱୟର ସାଧାରଣ ତ୍ୱରଣ (common acceleration) ହୁଏ, ତେବେ

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{5N}{0.75kg} = 6.67m.s^{-2}$$

ଉଦାହରଣ 6.5 :

20kg. ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବଲ୍ ଏକ ଲମ୍ୱା ଟେବୁଲ ଉପରେ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ଗତି କରୁଛି । ଏହି ବଲ୍‌ର ପରିବେଗ (v) ~ ସମୟ (t) ଗ୍ରାଫ୍ ତଳେ ଚିତ୍ର 6.9ରେ ଅଙ୍କିତ ହୋଇଛି । ବଲ୍‌କୁ ସ୍ଥିର କରିବାପାଇଁ ଟେବୁଲ କେତେ ବଳ ବଲ୍ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରିଛି ?



ଚିତ୍ର 6.8

ଉତ୍ତର :

ଟେବୁଲ ବଲ୍ ଉପରେ ଘର୍ଷଣ ଜନିତ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବା ଫଳରେ ବଲ୍‌ର ପରିବେଗର ପରିମାଣ ହ୍ରାସ ପାଇ ଶେଷରେ ଶୂନ ହୋଇଯାଇଛି । ଗ୍ରାଫ୍‌ରୁ ଜଣାପଡୁଛି ଯେ-

t = 0 ସମୟରେ ବଲ୍‌ର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ u = 20cm/s ଥିଲା ।

10s ପରେ ବଲ୍‌ର ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ v = 0 ହେଲା

ଯଦି ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ a ହୁଏ, ତେବେ

$$a = \frac{v-u}{t} = \frac{0 - 20cm.s^{-1}}{10s}$$

$$= -2cm.s^{-2} = 0.02m.s^{-2}$$

ଯଦି F, ବଲ୍ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ହୁଏ, ତେବେ

$$F = ma = 20g \times (-2cm.s^{-2})$$

$$= \frac{20}{1000} kg \times (-0.02m.s^{-2})$$

$$= -0.0004\ kgm.s^{-2}$$

$$= -4 \times 10^{-4} N$$

ଟେବୁଲ ଦ୍ୱାରା ବଲ୍ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ଏହି ବଳ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ । ଏହି ବଳ ଘର୍ଷଣ ବଳ ଅଟେ, ଯାହା ବଲ୍‌ର ଗତିର ଦିଗର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

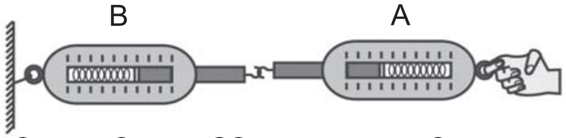
6.5 ନିଉଟନଙ୍କ ତୃତୀୟ ଗତି ନିୟମ (Third Law of Motion)

ପ୍ରଥମ ଦୁଇଟି ଗତି ନିୟମରୁ ଆମେ ଜାଣିଲୁ ଯେ ବାହ୍ୟ ବଳ ବସ୍ତୁର ଗତିରେ କିପରି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆଣେ ଏବଂ କେଉଁ ସୂତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ବଳକୁ ମାପି ପାରିବା । ନିଉଟନ ଆଉ ଗୋଟିଏ ଗତି ନିମୟ ଉପସ୍ଥାପନା କରିଥିଲେ ଯାହାକୁ ନିଉଟନଙ୍କ ତୃତୀୟ ଗତି ନିୟମ କୁହାଯାଏ । ଏହା ହେଲା–

ଯେତେବେଳେ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ ସେତେବେଳେ ତତ୍‌କ୍ଷଣାତ୍ ଦ୍ୱିତୀୟ ବସ୍ତୁ ପ୍ରଥମବସ୍ତୁ ଉପରେ ସମାନ ପରିମାଣର ବିପରୀତମୁଖୀ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ ।

ଏହି ଦୁଇଟି ବଳର ପରିମାଣ ସମାନ ମାତ୍ର ଦିଗ ବିପରୀତ ଅଟେ । ଏହି ଦୁଇଟି ବଳ କେବେବି ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରନ୍ତି ନାହିଁ । ଏହି କ୍ରିୟା ବଳ (action force) ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ (reaction force) ସର୍ବଦା ଦୁଇଟି ଅଲଗା ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରନ୍ତି । ତେଣୁ ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ବିରୋଧ କରନ୍ତି ନାହିଁ ଓ ପରସ୍ପରକୁ ବିଲୋପିତ (cancell) କରିପାରନ୍ତି ନାହିଁ । ଗୋଟିଏ ଦୁର୍ବଳ ଟେବୁଲର ପୃଷ୍ଠକୁ ହାତରେ ଜୋର୍‌ରେ ବାଡ଼େଇଲେ ଟେବୁଲ ଭାଙ୍ଗିଯାଏ ଓ ହାତରେ ମଧ୍ୟ ଆଘାତ ଲାଗେ । ଏହାକୁ ତୃତୀୟ ଗତି ନିୟମ ସାହାଯ୍ୟରେ ବୁଝାଇହେବ । ଆମେ ଟେବୁଲ ପୃଷ୍ଠକୁ ହାତରେ ବାଡ଼େଇଲା ବେଳେ ଆମ ହାତ ଟେବୁଲ ଉପରେ ଏକ କ୍ରିୟାବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ ଯାହାଦ୍ୱାରା ଟେବୁଲ ଭାଙ୍ଗି ଯାଇପାରେ । ଟେବୁଲ ତତ୍‌କ୍ଷଣାତ୍ ଆମ ହାତ ଉପରେ ଏକ ସମପରିମାଣର ବିପରୀତମୁଖୀ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ ଯାହା ଯୋଗୁ ଆମ ହାତରେ ଆଘାତ ଲାଗେ ଓ ଅନେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆମ ହାତ ଭାଙ୍ଗିଯାଏ । ଏହି ଉଦାହରଣରୁ ଜଣାପଡ଼ିଲା ଯେ କ୍ରିୟା ବଳ ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁରେ ଦୁଇଟି ଅଲଗା ଅଲଗା ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରନ୍ତି । ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ କ୍ରିୟା ବଳର ଏକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ ଥାଏ । ଏମାନେ ସର୍ବଦା ଏକ ବଳ ଯୁଗଳ ଭାବେ କାର୍ଯ୍ୟ କରନ୍ତି ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ପରସ୍ପର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଦୁଇଟି କମାନୀ ନିକିତି (spring balance) କଥା ବିଚାର କରିବା ।



ଚିତ୍ର **6.9** କ୍ରିୟା ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ ସମାନ ଓ ବିପରୀତମୁଖୀ

ଚିତ୍ର 6.9 ରେ B କମାନୀ ନିକିତିର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ଏକ ଶକ୍ତ ଆଧାର (ଖୁଣ୍ଟ)ରେ ଲାଗିଛି । A କମାନୀ ନିକିତିର ମୁକ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତରେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଟାଣିଲେ ଦେଖାଯିବ ଯେ ଉଭୟ କମାନୀ ନିକିତି ସ୍କେଲରେ ସମାନ ପଠନାଙ୍କ ସୂଚିତ ହୋଇଛି । ଏଥିରୁ ଜଣାପଡ଼ିଲା ଯେ କମାନୀ ନିକିତିଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପର ଉପରେ ସମାନ ପରିମାଣର ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଛନ୍ତି । A କମାନୀ ନିକିତି B କମାନୀ ନିକିତି ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଥିବା ବଳ, B କମାନୀ ନିକିତି A କମାନୀ ନିକିତି ଉପରେ ପକାଉଥିବା ବଳ ସହିତ ପରିମାଣରେ ସମାନ ମାତ୍ର ଦିଗରେ ବିପରୀତମୁଖୀ । ଟଣାଗଲାବେଳେ A କମାନୀ ନିକିତି B କମାନୀ ନିକିତି ଉପରେ ଯେଉଁ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଛି ତାହା କ୍ରିୟା ବଳ (action force) ଓ B କମାନୀ ନିକିତି A କମାନୀ ନିକିତି ଉପରେ ଯେଉଁ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଛି ତାହା ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ (reaction force) । ଏହି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ତୃତୀୟ ଗତି ନିୟମର ଏକ ବାଖ୍ୟାର ସୂଚନା ଦେଉଛି ।

ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ରିୟାବଳର ଏକ ସମାନ ବିପରୀତମୁଖୀ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାବଳ ଅଛି ।

ଉପରୋକ୍ତ ଉଦାହରଣରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ହେଉଛି ଯେ କ୍ରିୟା ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ ଦୁଇଟି ଅଲଗା ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଛି । ତେଣୁ ଉଭୟ କମାନୀ ନିକିତି ସ୍କେଲରେ ସମାନ ପଠନାଙ୍କ ସୂଚିତ ହୋଇଛି ।

6.5.1 ତୁମେ ରାସ୍ତାରେ ଚାଲୁଛ କିପରି ?

ମନେକର ତୁମେ ଏକ ରାସ୍ତା ଉପରେ ସ୍ଥିର ହୋଇ ଠିଆ ହୋଇଛ ଓ ସେ ରାସ୍ତାରେ ଚାଲିବାକୁ ଇଚ୍ଛା କରୁଛ । ରାସ୍ତାରେ ଚାଲିବା ପାଇଁ ତୁମେ ଏକ ବଳ ଆବଶ୍ୟକ କରିବ ଯାହା ତୁମକୁ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ କରିବ । ଏହି ବଳ କି ପ୍ରକାରର ବଳ ଓ କେଉଁଠାରୁ ଆସିବ ? ଏହା କ'ଣ ମାଂସପେଶୀୟ ବଳ ଯାହା ତୁମେ ରାସ୍ତା ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରିବ ? ତୁମେ ଯେଉଁ ଦିଗକୁ ଚାଲିବାକୁ ଇଚ୍ଛା କରୁଛ ଏହି ବଳର ଦିଗ କ'ଣ ସେଇଆଡ଼କୁ ହେବ ? ଏହାର ଉତ୍ତର କ'ଣ ହେବ, ଭାବିଲ ଦେଖି । ଆଗକୁ ଚାଲିବା ପାଇଁ ତୁମକୁ ନିଜ ଗୋଡ଼ର ପାଦଦ୍ୱାରା ରାସ୍ତାକୁ ପଛ ଆଡ଼କୁ ଚାପି ଠେଲିବାକୁ ପଡ଼େ । ଏହା ଯୋଗୁ ତୃତୀୟ ଗତି ନିୟମ ଅନୁସାରେ ରାସ୍ତା ତୁମ ଶରୀର ଉପରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଏକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ ପ୍ରଦାନ କରେ ଯାହା ତୁମକୁ ଆଗକୁ ଚାଲିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ ।

ଗୋଟିଏ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କଥା ତୁମମାନଙ୍କୁ ମନେ ରଖିବାକୁ ହେବ ଯେ କ୍ରିୟାବଳ ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳର ପରିମାଣ ସମାନ ହୋଇଥିଲେ ମଧ୍ୟ ସେମାନେ ସମାନ ପରିମାଣର ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି ନକରି ପାରନ୍ତି । ଏହାର କାରଣ ହେଉଛି ଯେ ଏହି ବଳଦ୍ୱୟ ଯେଉଁ ଦୁଇଟି ଅଲଗା ଅଲଗା ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପୃଥକ ପୃଥକ ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରନ୍ତି, ସେମାନଙ୍କର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଲଗା ହୋଇପାରେ । ତେଣୁ ସେହିବସ୍ତୁ ଦୁଇଟିରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ପରିମାଣର ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇପାରେ ।

6.5.2 ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟିଲାବେଳେ କ'ଣ ହୁଏ :

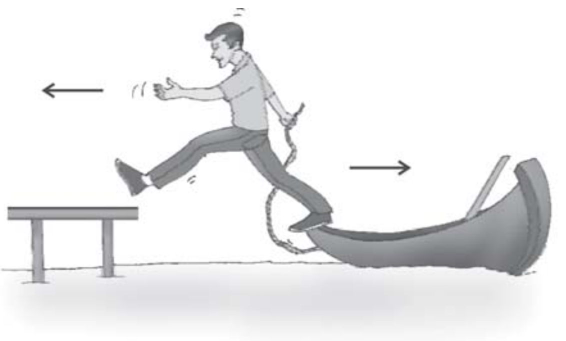
ବନ୍ଧୁକ ବହୁତ ଭାରି କାରଣ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଧିକ । ମାତ୍ର ଏଥିରେଥିବା ଗୁଳି ବହୁତ ହାଲୁକା କାରଣ ଗୁଳିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବହୁତ କମ୍ ।

ଚିତ୍ର **6.10** ଗୁଳିର ଅଗ୍ରଗତି ବନ୍ଧୁକର ପ୍ରତ୍ୟାଗମନ

ଗୁଳି ଫୁଟାଇଲା (firing) ବେଳେ ବନ୍ଧୁକ, ଗୁଳି ଉପରେ ଭିତରେ ଏକ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀୟ (internal) ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ । ଏହା ଦ୍ୱାରା ଗୁଳି ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୋଇ ବନ୍ଧୁକ ମୁହଁରୁ ଅତି ଦ୍ରୁତ ବେଗରେ ନିର୍ଗତ ହୋଇ ଆଗକୁ ଚାଲିଯାଏ । ତୃତୀୟ ଗତି ନିୟମ ଅନୁସାରେ ନିର୍ଗତ ଗୁଳି ସମ ପରିମାଣର ଏକ ବିପରୀତମୁଖୀ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ ବନ୍ଧୁକ ଉପରେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରେ । ଏହା ଦ୍ୱାରା ବନ୍ଧୁକରେ ମଧ୍ୟ ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ମାତ୍ର ବନ୍ଧୁକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ଏଥିରେ ଖୁବ୍ ଅଳ୍ପ ପରିମାଣର ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ତେଣୁ

ବନ୍ଧୁକ ଅତି ଅଳ୍ପ ପରିବେଗ ହାସଲକରି ଟିକେ ପଛକୁ ଘୁଞ୍ଚି ଆସେ । ଏହାକୁ ବନ୍ଧୁକର ପ୍ରତ୍ୟାଗମନ ପରିବେଗ (recoil velociy) କୁହାଯାଏ ।

ତୃତୀୟ ଗତି ନିୟମକୁ ବୁଝାଇବା ପାଇଁ ଆମେ ଆଉ ଗୋଟିଏ ଉଦାହରଣ ନେବା ।



ଚିତ୍ର **6.11** ଡଙ୍ଗାରୁ ନଦୀ କୂଳ ଆଡ଼କୁ ଡେଇଁଲାବେଳେ ଡଙ୍ଗା ପଛକୁ ଘୁଞ୍ଚିଯାଏ

ଉପର ଚିତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ପିଲା ଡଙ୍ଗାରୁ ନଦୀ କୂଳକୁ ଡେଉଁଛି । ସେ ଡଙ୍ଗାରୁ ଡେଇଁଲା ମାତ୍ରେ ଡଙ୍ଗାଟି ପଛକୁ ଘୁଞ୍ଚିଯାଏ । ଚିନ୍ତାକର ଏପରି କାହିଁକି ହୁଏ ? ତୃତୀୟ ଗତି ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ଏହାକୁ ବୁଝାଇବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କର ।

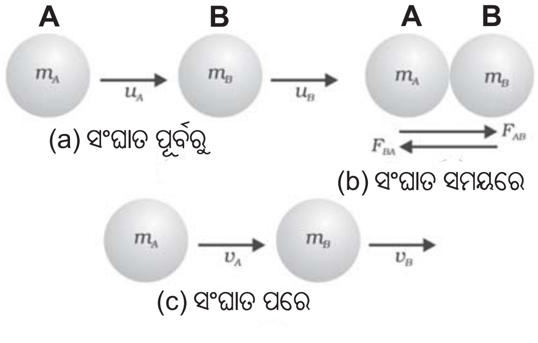
ତୁମପାଇଁ କାମ : 6.3

ଚିତ୍ର 6.12

ଚିତ୍ର (6.12)ରେ ଗୋଟିଏ ପୁଅ ଓ ଗୋଟିଏ ଝିଅ ଚକ ଲାଗିଥିବା ଦୁଇଟି ଶକ୍ତ ପଟା ଉପରେ ଠିଆ ହୋଇଛନ୍ତି । ପୁଅକୁ ଅଳ୍ପ ବାଲି ଭର୍ତ୍ତି ହୋଇଥିବା ଏକ ଛୋଟ ବସ୍ତା ଧରିବାକୁ ଦିଅ । ସେଇ ବସ୍ତାକୁ ସେମାନେ ଏକାନ୍ତର (alternatively) ଭାବରେ ପରସ୍ପର ଆଡ଼କୁ ବାରମ୍ବାର ପକାଇବେ ଓ ଧରିବେ । ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ବ୍ୟାଗକୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଥର ଫୋପାଡ଼ିଲା ବେଳେ ସେମାନେ ତତ୍‌କ୍ଷଣାତ୍ କିଛି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଅନୁଭବ କରୁଛନ୍ତି କି ? ତାଙ୍କୁ ପଚାରି ବୁଝ । ପଟା ତଳେ ଲାଗିଥିବା ଚକ ପାଖରେ ତଳ ଚଟାଣ ଉପରେ ରଙ୍ଗ ଚକ୍‌ରେ ଗାର ପକାଅ । ପିଲାମାନେ ବସ୍ତା ପକାଇଲା ବେଳେ ଚକଲଗା ପଟା କିପରି ଗତି କରୁଛି ଲକ୍ଷ୍ୟ କର । ବର୍ତ୍ତମାନ ଗୋଟିଏ ପଟାରେ ଦୁଇଜଣ ପିଲାଙ୍କୁ ଓ ଅନ୍ୟ ପଟାରେ ଅନ୍ୟ ଜଣେ ପିଲାକୁ ଠିଆ କରାଅ । ଯେଉଁ ପଟାରେ ଦୁଇଜଣ ପିଲା ଠିଆ ହୋଇଛନ୍ତି ତା'ର ମୋଟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଧିକ ହୋଇଗଲା । ତେଣୁ ପୁଣି ସମାନ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ପରସ୍ପର ଆଡ଼କୁ ବାଲିବସ୍ତା ଫୋପାଡ଼ିଲା ବେଳେ ପଟାମାନଙ୍କର ତ୍ୱରଣ ଅଲଗା ହେବ ।

6.6 ସଂବେଗର ସଂରକ୍ଷଣ (Conservation of Momentum)

ମନେକର A ଓ B ନାମକ ଦୁଇଟି ବଲ୍ ଗୋଟିଏ ସରଳ ରେଖାରେ ଯଥାକ୍ରମେ u_A ଓ u_B ପରିବେଗରେ ଗୋଟିଏ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଛନ୍ତି । [ଚିତ୍ର 6.13 (a)]



ଚିତ୍ର **6.13** ଦୁଇଟି ବଲ୍‌ର ସଂଘାତରୁ ସୃଷ୍ଟ ସଂବେଗର ସଂରକ୍ଷଣ

ମନେକର m_A ଓ m_B ଯଥାକ୍ରମେ A ଓ Bର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଟେ । କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ ସୋମାନଙ୍କ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁନାହିଁ ।

ମନେକର $u_A > u_B$ ତେଣୁ କିଛି ସମୟ ପରେ A ବଲ୍‌ଟି B ବଲକୁ ଧକ୍‌କା ମାରିବ [ଚିତ୍ର 6.13 (b)] । ମନେକର ଏହି ସଂଘାତ (collision) t ସମୟ ମଧ୍ୟରେ

ସମ୍ପନ୍ନ ହେଲା । ଏହି ସଂଘାତ ସମୟରେ ମନେକର A ବଲ୍ B ବଲ୍ ଉପରେ F_{AB} ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଛି ଏବଂ ବଲ୍ B ବଲ୍ A ଉପରେ F_{BA} ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଛି । ମନେକର ସଂଘାତ ପରେ V_A ଓ V_B ଯଥାକ୍ରମେ A ଓ B ର ପରିବେଗ ହେଲା [ଚିତ୍ର 6.13 (c)] ।

ସଂଘାତ ପୂର୍ବରୁ A ଓ Bର ସଂବେଗ ଯଥାକ୍ରମେ m_Au_A ଓ m_Bu_B ଥିଲା । ସଂଘାତ ପରେ ସେମାନଙ୍କ ସଂବେଗ ଯଥାକ୍ରମେ m_Av_A ଓ m_Bv_B ହେଲା । ନିଉଟନଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମ ଅନୁସାରେ ବଲ ଦ୍ୱୟ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ସେମାନଙ୍କ ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ସଙ୍ଗେ ସମାନ । ତେଣୁ

$$F_{AB} = \frac{m_Bv_B - m_Bu_B}{t} = m_B\frac{(v_B - u_B)}{t}$$

ଓ $$F_{BA} = \frac{m_Av_A - m_Au_A}{t} = m_A\frac{(v_A - u_A)}{t}$$

ମାତ୍ର $F_{BA} = - F_{AB}$ ---------------------- (6.6)

($\because$ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାବଳ ଓ କ୍ରିୟାବଳ ସମାନ ଓ ବିପରୀତମୁଖୀ)

ତେଣୁ $$m_A\frac{(v_A - u_A)}{t} = -m_B\frac{(v_B - u_B)}{t}$$

କିମ୍ବା $m_A(v_A- u_A) = -m_B(v_B- u_B)$

କିମ୍ବା $m_Av_A- m_Au_A = -m_Bv_B+ m_Bu_B$

କିମ୍ବା $m_Av_A+ m_Bv_B = m_Au_A+ m_Bu_B$ -------(6.7)

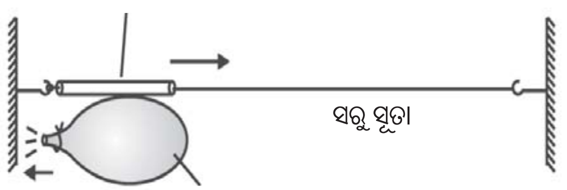
$[m_Av_A+ m_Bv_B]$ ହେଉଛି ସଂଘାତ ପରେ ବଲ୍ ଦ୍ୱୟର ମୋଟ ସଂବେଗ ଏବଂ $[m_Au_A+ m_Bu_B]$ ହେଉଛି ସଂଘାତ ପୂର୍ବରୁ ବଲ୍ ଦ୍ୱୟର ମୋଟ ସଂବେଗ । ସମୀକରଣ (6.7) ରୁ ଆମେ ଦେଖିଲୁ ଯେ ବାହ୍ୟ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ ନକଲେ ସଂଘାତ ପୂର୍ବରୁ ଓ ସଂଘାତ ପରେ ବଲ୍ ଦ୍ୱୟର ମୋଟ ସଂବେଗ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହୁଛି । ଏହି ନିରୀକ୍ଷଣରୁ ଗୋଟିଏ ସାର୍ବଜନୀନ ନିୟମ ମିଳିଲା, ଯାହାକୁ **ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ କୁହାଯାଏ** । ଏଇ ନିୟମ ଅନୁସାରେ-

କୌଣସି ଅସନ୍ତୁଳିତ ବାହ୍ୟ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ନହୋଇ ଯଦି ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ସଂଘାତ ଘଟେ ତେବେ ସଂଘାତ ପରେ ସେହି ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱୟର ମୋଟ ସଂବେଗ ସଂଘାତ ପୂର୍ବରୁ ସେମାନଙ୍କର ମୋଟ ସଂବେଗ ସହିତ ସମାନ ରହେ ।

ଏହି ନିୟମର ବ୍ୟାଖ୍ୟା ହେଲା :

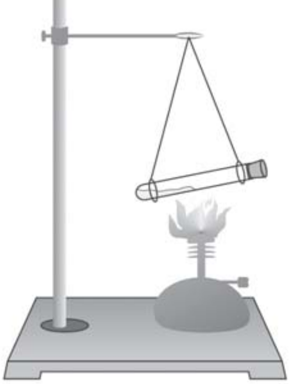
ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ସମୂହ ଉପରେ କୌଣସି ଅସନ୍ତୁଳିତ ବାହ୍ୟ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ନହେଲେ ସେହି ବସ୍ତୁ ସମୂହର ମୋଟ୍ ସଂବେଗ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ ।

ତୁମପାଇଁ କାମ : 6.4



ଗୋଟିଏ ବେଲୁନକୁ ଫୁଙ୍କି ଫୁଲେଇ ଦିଅ ଓ ତା ମୁହଁରେ ଏକ ସୂତା ବାନ୍ଧିଦିଅ । ବେଲୁନ ପୃଷ୍ଠରେ ଏକ ଛୋଟ ସରୁ ନଳୀ (ସରବତ ପିଇବା ନଳୀ) ଅଠାଫିତା (adhesive tape) ସାହାଯ୍ୟରେ ଲଗାଅ । ଗୋଟିଏ ସରୁ ସୂତାକୁ ସେହି ନଳୀ ଭିତରେ ପୁରାଇ ତାହାର ଦୁଇ ମୁଣ୍ଡକୁ ଟେବୁଲ ଉପରେ ଲାଗିଥିବା ଦୁଇଟି ସରୁ ଖୁଣ୍ଟିରେ ବାନ୍ଧିଦିଅ । ବର୍ତ୍ତମାନ ବେଲୁନ ମୁହଁରେ ବନ୍ଧା ହୋଇଥିବା ସୂତାକୁ ଖୋଲିଦିଅ । ଯାହା ଫଳରେ ବେଲୁନ ଭିତରେ ଥିବା ବାୟୁ ବାହାରକୁ ବାହାରିଯିବ । ଲକ୍ଷ୍ୟକର ନଳୀଟି କେଉଁ ଦିଗକୁ ଗତି କରୁଛି । ଏପରି କାହିଁକି ହେଲା ?

ତୁମପାଇଁ କାମ : 6.5



ଚିତ୍ର **6.15**

ଗୋଟିଏ ଉଚ୍ଚମାନର କାଚ ପରୀକ୍ଷା ନଳୀରେ କିଛି ଜଳ ଭର୍ତ୍ତି କରି ତାର ମୁହଁକୁ ଏକ କର୍କ ଦ୍ୱାରା ବନ୍ଦ କରିଦିଅ । ଚିତ୍ର 6.15ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ପରି ଏହି ନଳୀକୁ ଏକ ଷ୍ଟାଣ୍ଡରେ ଲାଗିଥିବା ଦୁଇଟି ସୂତା ଦ୍ୱାରା ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବେ ଝୁଲାଇ ଦିଅ । ଏକ ବର୍ଣ୍ଣର ସାହାଯ୍ୟରେ ନଳୀକୁ ଗରମ କର । ଗରମ କଲାପରେ ଜଳ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହୋଇଯିବ ଓ କର୍କଟି ଠେଲି ହୋଇ ବାହାରକୁ ବାହାରିଯିବ । ଲକ୍ଷ୍ୟକଲେ ଦେଖିବ ଯେ କର୍କଟି ଯେଉଁ ଦିଗରେ ବାହାରିଯିବ ପରୀକ୍ଷା ନଳୀ ତା'ର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ପ୍ରତ୍ୟାଗମନ (recoil) କରିବ । କର୍କ ଓ ପ୍ରତ୍ୟାଗମନ କରୁଥିବା ପରୀକ୍ଷା ନଳୀର ପରିବେଗରେ ଥିବା ପାର୍ଥକ୍ୟକୁ ନିରୀକ୍ଷଣ କର । କାହାର ପରିବେଗ ବେଶି ?

ଉଦାହରଣ : 6.6

ଗୋଟିଏ 2 kg ବସ୍ତୁର ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟାଇଲେ ତା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା 20 g ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗୁଳି ବନ୍ଧୁକର ମୁହଁରୁ 150 $m.s^{-1}$ ପରିବେଗରେ ବାହାରି ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ଗତି କଲା । ବନ୍ଧୁକର ପ୍ରତ୍ୟାଗମନ ପରିବେଗ କେତେ ହେଲା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଚିତ୍ର **6.16**

ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟିବା ପୂର୍ବରୁ ଗୁଳିର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ (u_1) ଓ ବନ୍ଧୁକର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ (u_2) ଶୂନ ଥିଲା । କାରଣ ଉଭୟ ସ୍ଥିର ଥିଲେ । ଗୁଳି ଫୁଟିଲାପରେ ଗୁଳିର ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ v_1= 150 $m.s^{-1}$ ହେଲା । ମନେକର ବନ୍ଧୁକର ପ୍ରତ୍ୟାଗମନ ପରିବେଗ v_2 ଅଟେ । ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟିବା ପୂର୍ବରୁ ବନ୍ଧୁକ ଓ ଗୁଳିର ମୋଟ ସଂବେଗ $m_1u_1 + m_2u_2$ ଥିଲା । ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟିଲା ପରେ ବନ୍ଧୁକ ଓ ଗୁଳିର ମୋଟ ପରିବେଗ $m_1v_1 + m_2v_2$ ହେଲା । ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟିଲା ବେଳେ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୁଏନାହିଁ । ତେଣୁ ବନ୍ଧୁକ ଓ ଗୁଳିର ମୋଟ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷିତ ହୋଇ ରହେ । ତେଣୁ,

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1u_1 + m_2u_2 = 0 \quad [\because u_1 = u_2 = 0]$$

ତେଣୁ $m_1v_1 + m_2v_2 = 0$

∴ ପ୍ରତ୍ୟାଗମନ ପରିବେଗ

$$v_2 = -\frac{m_1}{m_2} \times v_1$$

ଦତ୍ତ ଅଛି :

ଗୁଳିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m_1 = 20g = 0.02 kg

ବନ୍ଧୁକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m_2 = 2kg

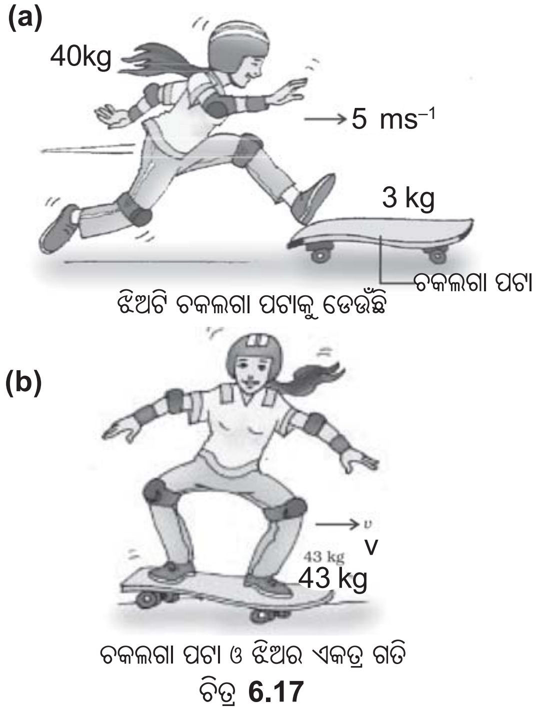
ଦତ୍ତ ରାଶିମାନଙ୍କର ମୂଲ୍ୟ ପ୍ରତିସ୍ଥାପିତ କଲେ ।

$$v_2 = -\frac{0.02kg}{2kg} \times 150 m.s^{-1} = -1.5 m.s^{-1}$$

ବନ୍ଧୁକର ପ୍ରତ୍ୟାଗମନ ପରିବେଗ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ କାରଣ ଏହାର ଦିଗ ଗୁଳି ଗତି କରୁଥିବା ଦିଗର ବିପରୀତମୁଖୀ ଅଟେ ।

ଉଦାହରଣ : 6.7

ଗୋଟିଏ 40kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଝିଅ ଘର୍ଷଣହୀନ (frictionless) ଚକ ଲାଗିଥିବା ଏକ ସ୍ଥିର ପଟା ଉପରକୁ



ଚିତ୍ର **6.17**

ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବେ 5m.s^{-1} ପରିବେଗରେ ଡେଇଁଲା । ପଟା ଓ ଚକମାନଙ୍କର ମୋଟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ 3 kg ଅଟେ । ଝିଅଟି ପଟାଉପରେ ପାଦ ପକାଇଲା ମାତ୍ରେ ଚକଯୁକ୍ତ ପଟା ଗତି କରିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କଲା । ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁନଥିଲେ ପଟା ଉପରେ ଝିଅର ପରିବେଗ କେତେ ହେବ ?

ଉତ୍ତର :

ଝିଅର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m_1 = 40kg

ପଟା ଓ ଚକର ମୋଟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ m_2 = 3kg

ଝିଅର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ u_1 = 5m.s^{-1}

ପଟାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପରିବେଗ u_2 = 0

(∵ ପଟାସ୍ଥିର ଥିଲା)

ଝିଅ ପଟା ଉପରେ ପହଞ୍ଚିଗଲା ପରେ [ଚିତ୍ର 6.17 (a)] ପଟା ଓ ଝିଅ ଏକାଠି ଗୋଟିଏ ପରିବେଗରେ ଗତି କରିବେ । ଝିଅ ଓ ପଟାର ସାଧାରଣ ପରିବେଗ ମନେକର v । ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ ନକରୁଥିବାରୁ ପଟା ଓ ଝିଅର ମୋଟ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷିତ ହୋଇ ରହିବ । ତେଣୁ,

$$m_1u_1 + m_2u_2 = (m_1 + m_2)\ v$$

କିମ୍ବା $m_1u_1 = (m_1+m_2)\ v$ .... [∵ u_2=0]

ତେଣୁ, $$v = \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2}\right) \times u_1$$

$$= \frac{40\,\text{kg}}{(40+3)\,\text{kg}} \times 5\text{m.s}^{-1}$$

$$= \frac{200}{43}\text{m.s}^{-1} = 4.65\text{m/s}$$

ଝିଅ ଏହି ପରିବେଗରେ ନିଜେ ଡେଇଁଥିବା ଦିଗଆଡ଼କୁ ଗତି କରିବ । [ଚିତ୍ର 6.17 (b)] ।

ପ୍ରଶ୍ନ :

1. ଯଦି କ୍ରିୟା ବଳର ପରିମାଣ ସର୍ବଦା ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳର ପରିମାଣ ସହିତ ସମାନ ତେବେ ଘୋଡ଼ା କିପରି ଘୋଡ଼ାଗାଡ଼ିକୁ ଟାଣେ ?
2. ନିଆଁ ଲିଭାଳି (fire man) ବ୍ୟକ୍ତି ହାତରେ ଧରିଥିବା ମୋଟା ନିର୍ଗମ ନଳୀରୁ (hose pipe) ଉଚ୍ଚ ପରିବେଗରେ ଜଳ ବାହାରୁଥିଲା ବେଳେ ସେହି ନଳୀକୁ ଭଲ ଭାବରେ ଧରି ରଖିବା ପାଇଁ କାହିଁକି ଅସୁବିଧା ଅନୁଭବ କରେ ?
3. ଗୋଟିଏ 4kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବନ୍ଧୁକ ଫୁଟାଇଲେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଥିବା 50g ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗୁଳି 35 m.s^{-1} ପରିବେଗରେ ବନ୍ଧୁକ ମୁହଁରୁ ବାହାରି ଦ୍ରୁତଗତିରେ ଆଗକୁ ଚାଲିଯାଏ । ବନ୍ଧୁକର ପ୍ରତ୍ୟାଗମନ ପରିବେଗ କେତେ ହୁଏ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
4. 100g ଓ 200g ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଦୁଇଟି ବସ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ସରଳରେଖାରେ ଗୋଟିଏ ଦିଗରେ ଯଥାକ୍ରମେ 2ms^{-1} ଓ 1ms^{-1} ପରିବେଗରେ ଗତି କରୁଛନ୍ତି । ତାଙ୍କ ଭିତରେ ଧକ୍କା ହେଲାପରେ ପ୍ରଥମ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ 1.67ms^{-1} ହେଲା । ଦ୍ୱିତୀୟ ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ ଧକ୍କା ପରେ କେତେ ହେବ ?

ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ସମୂହ :

ସବୁ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ଯଥା ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ, ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ସଂରକ୍ଷଣ ଇତ୍ୟାଦିକୁ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନରେ ମୌଳିକ ନିୟମ ବୋଲି ଗ୍ରହଣ କରାଯାଇଛି । ଏହି ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ବିଭିନ୍ନ ପରୀକ୍ଷା ଓ ତତ୍ ସମ୍ପର୍କିତ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଉପରେ ପର୍ଯ୍ୟବେସିତ । ଗୋଟିଏ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କଥା ଆମକୁ ମନେରଖିବାକୁ ହେବ ଯେ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ପ୍ରମାଣିତ ହୋଇ ପାରିବନି । ଏହାର ସତ୍ୟତା କେବଳ ଯାଞ୍ଚ କରିହେବ ବା ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ଏହାକୁ ମିଛ ବୋଲି କହିହେବ । ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷାର ଫଳାଫଳ ଯଦି ନିୟମ ବିରୁଦ୍ଧରେ ଯାଏ ତେବେ ତାହା ନିୟମକୁ ଅସତ୍ୟ କରିଦିଏ । ଅନେକ ପରୀକ୍ଷା ଓ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣକୁ ଭିତ୍ତିକରି ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମର ବ୍ୟୁତ୍ପତ୍ତି (derive) କରାଯାଇଛି । ପ୍ରାୟ ତିନି ଶତାବ୍ଦୀ ପୂର୍ବେ ଏହି ନିୟମ ଉପସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥିଲା । ମାତ୍ର ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗୋଟିଏ ବି ପରିସ୍ଥିତି ଆସିନି ଯାହା ଏହି ନିୟମର ବିରୁଦ୍ଧାଚରଣ କରିଛି । ବରଂ ଆମ ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନରେ ଘଟୁଥିବା ଅନେକ ଘଟଣା ଗୁଡ଼ିକୁ ଏହି ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମକୁ ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ବୁଝାଇ ପାରୁଛୁ ।

ଆମେ କ'ଣ ଶିଖିଲେ :

- **ପ୍ରଥମ ଗତି ନିୟମ –** ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ତାର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥା ବା ସରଳରେଖାରେ ସମଗତି ଅବସ୍ଥାରେ କ୍ରମାଗତ ଭାବେ ରହିଥାଏ ଯେ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତା ଉପରେ କୌଣସି ଅସନ୍ତୁଳିତ ବାହ୍ୟ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରିନଥାଏ ।
- ବସ୍ତୁ ତାହାର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥା ବା ସମଗତି ଅବସ୍ଥାରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ତାହାର ପ୍ରାକୃତିକ ଗୁଣ ଯୋଗୁ ବାଧା ଦେବାର ଯେଉଁ ପ୍ରବୃତ୍ତି ପ୍ରଦର୍ଶନ କରେ ତାହାକୁ ବସ୍ତୁର **ଜଡ଼ତ୍ୱ** କୁହାଯାଏ ।
- ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ତାହାର ଜଡ଼ତ୍ୱର ମାପ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରେ । ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଧିକ ହେଲେ ଜଡ଼ତ୍ୱ ଅଧିକ ହୁଏ ।
- ଘର୍ଷଣ ବଳ ସର୍ବଦା ବସ୍ତୁର ଗତିକୁ ବିରୋଧ କରେ ।
- **ଦ୍ୱିତୀୟ ଗତି ନିୟମ –** ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ଦିଗରେ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ସେହି ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।
- SI ପଦ୍ଧତିରେ ବଳର ଏକକ ହେଉଛି $kg.m.s^{-2}$ । ଏହି ଏକକକୁ newton କୁହାଯାଏ ଯାହାର ସଙ୍କେତ N ଅଟେ ।
- ଏକ newon ବଳ 1kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କଲେ ସେହି ବସ୍ତୁରେ $1ms^{-2}$ର ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।
- ବସ୍ତୁର ସଂବେଗ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ପରିବେଗର ଗୁଣନ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶିତ ହୁଏ ଓ ଏହାର ଦିଗ ପରିବେଗର ଦିଗ ଆଡ଼କୁ ହୋଇଥାଏ । SI ପଦ୍ଧତିରେ ସଂବେଗର ଏକକ $kg.ms^{-1}$ ଅଟେ ।
- ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ବସ୍ତୁ ବା ବସ୍ତୁ ସମୂହର ମୋଟ ସଂବେଗ ସଂରକ୍ଷିତ ହୋଇ ରହିଥାଏ ।

  ଏ ପ୍ରକାର ବସ୍ତୁ ସମୂହ ଯାହା ଉପରେ ବାହ୍ୟ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେନା ତାହାକୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ବସ୍ତୁ ସମୂହ (isolated system) କୁହାଯାଏ ।
- **ତୃତୀୟ ଗତି ନିୟମ –** ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ରିୟାବଳର ଏକ ସମପରିମାଣର ବିପରୀତମୁଖୀ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବଳ ଥାଏ ।

  ଏହି ବଳଦ୍ୱୟ ଅଲଗା ଅଲଗା ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରନ୍ତି । ତେଣୁ ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ବିଲୋପିତ କରନ୍ତି ନାହିଁ ।

ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

1. ଗୋଟିଏ ଗାଲିଚାକୁ ଟେକିକରି ଧରି ବାଡ଼ିରେ ପିଟିଲେ, ସେଥିରୁ ଧୂଳିକଣା ଝଡ଼ି ପଡ଼େ । ଏହାକୁ ବୁଝାଅ ।

2. ବସର ଛାତ ଉପରେ ବାକ୍ସ ଓ ଗଣ୍ଠିଲିଗୁଡ଼ିକୁ ଶକ୍ତ ଦଉଡ଼ିରେ ବାନ୍ଧି ରଖାଯାଇଥାଏ, କାହିଁକି ?

3. କ୍ରିକେଟ ଖେଳରେ ଜଣେ ବ୍ୟାଟସ୍‌ମ୍ୟାନ କ୍ରିକେଟ ବଲକୁ ନିଜ ବ୍ୟାଟ୍‌ରେ ମାରିଲେ ଅନେକ ସମୟରେ ସେ ବଲ୍ ଘାସ ପଡ଼ିଆ ଉପରେ କିଛି ବାଟ ଗଡ଼ି ଗଡ଼ି ଗଲାପରେ ସ୍ଥିର ହୋଇଯାଏ ? ଏପରି କାହିଁକି ହୁଏ ?

4. ଗୋଟିଏ 1000kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଟ୍ରକ ଏକ ପାହାଡ଼ିଆ ରାସ୍ତାରେ ତଳକୁ ଆସୁଛି । ଟ୍ରକ ତା'ର ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାରୁ ଯାତ୍ରା ଆରମ୍ଭ କରି 20sରେ 400m ରାସ୍ତା ଅତିକ୍ରମ କରିଛି । ଟ୍ରକ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

5. ଗୋଟିଏ 1kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବାକ୍ସକୁ ବରଫ ହୋଇଯାଇଥିବା ହ୍ରଦର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ $20 m.s^{-1}$ ପରିବେଗରେ ଠେଲି ଦିଆଗଲା । ସେହି ବାକ୍ସ 50m ଗତି କଲା ପରେ ଆପେ ଆପେ ସ୍ଥିର ହୋଇଗଲା । ବାକ୍ସ ଓ ବରଫ ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ ବଳ କେତେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

6. ଗୋଟିଏ 8000kg ଇଞ୍ଜିନ ଲାଗିଥିବା ଟ୍ରେନରେ 5ଟି ଡବା ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି । ପ୍ରତ୍ୟେକ ଡବାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 2000kg । ଇଞ୍ଜିନ୍ 40000N ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ରେଳରାସ୍ତା ଉପରେ ଟ୍ରେନକୁ ଟାଣୁଛି । ଯଦି ରାସ୍ତା 5000Nର ଘର୍ଷଣ ବଳ ପ୍ରଦାନ କରୁଥାଏ, ତେବେ ନିର୍ଣ୍ଣୟକର :

   (a) ତ୍ୱରଣ ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବା ମୋଟ ବଳ କେତେ ?

   (b) ଟ୍ରେନର ତ୍ୱରଣ କେତେ ?

7. ଗୋଟିଏ ଯାନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 1500kg । ଯଦି $1.7 m.s^{-2}$ ମନ୍ଦନ (ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ତ୍ୱରଣ)ରେ କିଛିବାଟ ଗଲାପରେ ଯାନଟି ସ୍ଥିର ହୋଇଗଲା, ତେବେ ଯାନ ଓ ରାସ୍ତା ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ ଜନିତ ବଳ କେତେ ?

8. ପ୍ରତ୍ୟେକ 1.5kg ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ଗୋଲକ ଏକ ସରଳରେଖାରେ $2.5 ms^{-1}$ ପରିବେଗରେ ପରସ୍ପର ଆଡ଼କୁ ଗତି କରୁଛନ୍ତି । ସେମାନେ ପରସ୍ପର ସହିତ ଧକ୍କା ଖାଇଲା ପରେ ଯୋଡ଼ି ହୋଇଗଲେ । ଯୋଡ଼ି ହୋଇ ଏକତ୍ର ହୋଇଗଲା ପରେ ସେମାନଙ୍କର ସାଧାରଣ ପରିବେଗ କେତେ ହେବ ?

9. ତୁମେ ହକି ଖେଳୁଥିଲା ବେଳେ ଗୋଟିଏ 200gର ହକିବଲ $10 ms^{-1}$ ପରିବେଗରେ ତୁମ ପାଖକୁ ଗଡ଼ି ଆସିଲା । ତୁମେ ତୁମ ହକିବାଡ଼ିରେ ସେହି ବଲକୁ ପ୍ରହାର କରି ତାର ଗତିର ଦିଗକୁ ଓଲଟାଇ ଦେଇ ସେ ଆସିଥିବା ପଥରେ ପୁଣି ପଠାଇ ଦେଲ । ବଲ୍‌ଟି 5m/s ପରିବେଗରେ ଫେରିଆସିଲେ ହକି ବଲର ସଂବେଗର କେତେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲା ତାହା ହିସାବ କର ।

10. 20g ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗୋଟିଏ ଗୁଳି ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ $150 ms^{-1}$ ପରିବେଗରେ ଗତି କରୁଥିଲା ବେଳେ ଏକ ସ୍ଥିର କାଠଖଣ୍ଡକୁ ଆଘାତ କରି ତା ମଧ୍ୟରେ କିଛିବାଟ ପଶିଯାଇ 5s ପରେ ସ୍ଥିର ହୋଇଗଲା । ଗୁଳି କାଠଖଣ୍ଡ ଭିତରେ କେତେ ଦୂରତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପଶି ଯାଇଥିଲା, ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । କାଠଖଣ୍ଡ ଗୁଳି ଉପରେ କେତେ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲା ତାହା ମଧ୍ୟ ହିସାବ କର ।

11. 100kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ 6 ସେକେଣ୍ଡରେ $5 ms^{-1}$ପରିବେଗରୁ $8 ms^{-1}$ ପରିବେଗକୁ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହେଲା । ତାହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସଂବେଗ ଓ ଅନ୍ତିମ ସଂବେଗ କେତେ ? ବସ୍ତୁ ଉପରେ କେତେ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିଲା ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

12. 1kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଏକ ସରଳରେଖାରେ $10ms^{-1}$ ପରିବେଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ବେଳେ ଅନ୍ୟ ଗୋଟିଏ 5kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ସ୍ଥିର ବସ୍ତୁକୁ ଆଘାତ କରି ତାହା ସହିତ ଯୋଡ଼ି ହୋଇ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଗଲା । ଏହାପରେ ଏକତ୍ରିତ ଭାବେ ସେମାନେ ସେହି ସରଳରେଖାରେ ଆଗକୁ ଗତି କଲେ । ବସ୍ତୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ସଂଘାତ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଓ ହେବାପରେ ସୋମାନଙ୍କର ମୋଟ ସଂବେଗ କେତେ ଥିଲା ? ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଗଲା ପରେ ବସ୍ତୁଦ୍ୱୟର ସାଧାରଣ ପରିବେଗ କେତେ ହେଲା ?

13. 10kg ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ କାଠ ବାକ୍ସ 80cm ଉଚ୍ଚତାରୁ ଖସିପଡ଼ିଲା । ଭୂମିକୁ ଆଘାତ କରିବା ସମୟରେ କେତେ ସଂବେଗ ବାକ୍ସରୁ ଭୂମିକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେଲା ? ($g = 10ms^{-2}$ ନିଅ)

ଅତିରିକ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ :

1. ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁର ଗତିର ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣରୁ ନିମ୍ନ ପ୍ରଦତ୍ତ ସାରଣୀରେ ସମୟ ଅନୁସାରେ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ଦୂରତା ଉଲ୍ଲେଖିତ ହୋଇଛି ।

ସାରଣୀ 6.1

ସମୟ (ସେକେଣ୍ଡରେ)	ଅତିକ୍ରାନ୍ତ ଦୂରତା (ମିଟରରେ)
0	0
1	1
2	8
3	27
4	64
5	125
6	216
7	343

ସାରଣୀରୁ,

(a) ବସ୍ତୁର ତ୍ୱରଣ ସମ୍ପର୍କରେ ତୁମେ କି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ଉପନୀତ ହେଲ ? ଏହା ସ୍ଥିର ରହିଥିଲା, ବର୍ଦ୍ଧିତ ହେଉଥିଲା, ହ୍ରାସ ପାଉଥିଲା ନା ଶୂନ ଥିଲା ?

(b) ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ସମ୍ପର୍କରେ ତୁମେ କ'ଣ ଅନୁମାନ କରୁଛ ?

2. 500g ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ହାତୁଡ଼ି $50ms^{-1}$ ପରିବେଗରେ ଗତିକରି କାନ୍ଥରେ ଲାଗିଥିବା ଏକ କଣ୍ଟାକୁ ଆଘାତ କରିଲାପରେ 0.01sସମୟ ପରେ ସ୍ଥିର ହୋଇଗଲା । କଣ୍ଟା ହାତୁଡ଼ି ଉପରେ କେତେବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲା ?

3. 1200kg ବସ୍ତତ୍ୱର ଏକ ମଟରଗାଡ଼ି ଏକ ସଳଖ ରାସ୍ତାରେ 90km/h ସ୍ଥିର ପରିବେଗରେ ଗତି କରୁଛି । ଏକ ବାହ୍ୟ ବଳ ଦ୍ୱାରା 4s ମଧ୍ୟରେ ଏହାର ପରିବେଗ ହ୍ରାସ ପାଇ 18km/h ହୋଇଗଲା । ଗାଡ଼ିର ତ୍ୱରଣ ଓ ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ନିୟୋଜିତ ବାହ୍ୟବଳର ପରିମାଣ କେତେ ତାହା ମଧ୍ୟ ହିସାବ କର ।

4. ଗୋଟିଏ ବଡ଼ ଟ୍ରକ ଓ ଛୋଟ କାର ଉଭୟ v ପରିବେଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ମୁହାଁ ମୁହିଁ ଧକ୍କା ହେଲା ପରେ ଉଭୟ ଯାନ ସ୍ଥିର ହୋଇଗଲା । ଯଦି ସଂଘାତର ସମୟ 1s ଥିଲା । ତେବେ,

(a) କେଉଁ ଯାନ ଅଧିକ ପ୍ରତିଘାତ ବଳ ଅନୁଭବ କଲା ?

(b) କେଉଁ ଯାନର ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନର ପରିମାଣ ଅଧିକ ?

(c) କେଉଁ ଯାନର ତ୍ୱରଣ ଅଧିକ ?

(d) କେଉଁ ଯାନର କ୍ଷତି ଅଧିକ ହେଲା ଓ କାହିଁକି ହେଲା ?

●●●