

### ৪.৪ ভরবেগ Momentum

ভরবেগের দুটি সংজ্ঞা দেয়া যায়, একটি ভাষাগত, অপরটি গাণিতিক। সংজ্ঞা দুটি নিম্নে বিবৃত হল :

**ভাষাগত সংজ্ঞা :** ভর ও বেগের সমন্বয়ে বস্তুতে যে ধর্মের উদ্ভব হয় তাকে বস্তুর ভরবেগ বলে। একে  $p$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একটি গতিশীল বস্তুর ভর এবং বেগের গুণফল দিয়ে ভরবেগ পরিমাপ করা হয়। বস্তুর ভর ' $m$ ' এবং বেগ ' $v$ ' হলে ভরবেগ,

$$p = \text{ভর} \times \text{বেগ} = mv$$

এর অভিমুখ বেগের অভিমুখ। এটি একটি ভেক্টর বা দিক রাশি।

ভরবেগের ভেক্টর রূপ

$$\text{ভরবেগ, } \vec{p} = m\vec{v}$$

**গাণিতিক সংজ্ঞা :** কোন একটি বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলকে তার ভরবেগ বলে। গতি জড়তা বস্তুর

ভরবেগের সমানুপাতিক।

**ভরবেগের একক (Unit of momentum)**

ভরবেগ পরিমাপ করা যায়। অতএব এটি একটি রাশি। সুতরাং এর একক রয়েছে।

এম. কে. এস. (M. K. S.) ও এস. আই. পদ্ধতিতে ভরবেগের একক কিলোগ্রাম-মিটার/সেকেন্ড।

**ভরবেগের মাত্রা সমীকরণ (Dimension of momentum)**

ভরবেগের সংজ্ঞা হতে এর মাত্রা সমীকরণ বের করা যায়। অতএব ভরবেগের মাত্রা সমীকরণ হল

$$[\text{ভরবেগ}] = [\text{ভর}] \times [\text{বেগ}] = [M] \times \left[ \frac{L}{T} \right] = [MLT^{-1}]$$

### ৪.৫ নিউটনের গতিসূত্র Newton's laws of motion

৪০০% V.V.I

বিজ্ঞানী নিউটন বস্তুর ভর, বল ও গতির মধ্যে তিনটি সূত্র প্রদান করেন। সূত্রগুলো নিম্নে বিবৃত ও ব্যাখ্যা করা হল।

#### ৪.৫.১ নিউটনের প্রথম সূত্র Newton's first law

বাইরে থেকে কোন বল বস্তুর উপর প্রযুক্ত না হলে অর্থাৎ বস্তুর উপর বলের লব্ধি শূন্য হলে স্থির বস্তু স্থির থাকে এবং গতিশীল বস্তু সমবেগে সরলরেখায় চলতে থাকে। এই সূত্রকে জড়তা এবং বলের সংজ্ঞা নির্দেশক সূত্র বলা হয়।

কাজেই বল  $\vec{F} = 0$  হলে, শেষ বেগ,  $\vec{v} =$  আদি বেগ,  $\vec{v}_0$

প্রথম সূত্রের ব্যাখ্যা :

নিউটনের গতিসূত্রের প্রথম সূত্রটি একদিকে বস্তুর একটি মৌলিক বৈশিষ্ট্য আলোচনা করে। এই মৌলিক বৈশিষ্ট্যের নাম জড়তা। সূত্রটি অপর দিকে বলের সংজ্ঞা ও কার্য আলোচনা করে। এক কথায় প্রথম সূত্র হতে দুটি বিষয় জানা যায়—একটি জড়তা, অপরটি বলের সংজ্ঞা।

কোন বস্তুই নিজ হতে তার স্থির বা গতিশীল অবস্থার পরিবর্তন ঘটাতে পারে না। যে যেমন রয়েছে, তেমনই থাকতে চায়। বস্তুর এই ধর্মকে জড়তা বলে। এজন্যে প্রথম সূত্রকে জড়তা সূত্র বলা হয়। জড়তা দুই প্রকার; যথা : (ক) স্থিতি জড়তা এবং (খ) গতি জড়তা

স্থির বস্তু সব সময় স্থির থাকতে চায়। এর নাম স্থিতি জড়তা। আর গতিশীল বস্তু সর্বদাই সমবেগে একই সরলরেখায় চলতে চায়। এর নাম গতি জড়তা।

কাজেই স্থির বস্তু যে ধর্মের দরুন স্থির অবস্থায় থাকতে চায় তাকে স্থিতি জড়তা এবং গতিশীল বস্তু যে ধর্মের দরুন সমবেগে একই সরলরেখায় গতিশীল থাকতে চায় তাকে গতি জড়তা বলে।

প্রথম সূত্রের দ্বিতীয় অংশ অনুসারে বস্তুর স্থির অবস্থা অথবা সমবেগ অবস্থার পরিবর্তন একমাত্র বাহ্যিক বল প্রয়োগেই সম্ভব। কাজেই এই অংশ হতে বলের আর একটি সংজ্ঞা পাওয়া যায়। যা বস্তুর স্থির অথবা সমবেগ অবস্থার পরিবর্তন ঘটায় বা ঘটাতে প্রয়াস পায়, তাই বল।

## ৪.৫.২ নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র Newton's second law

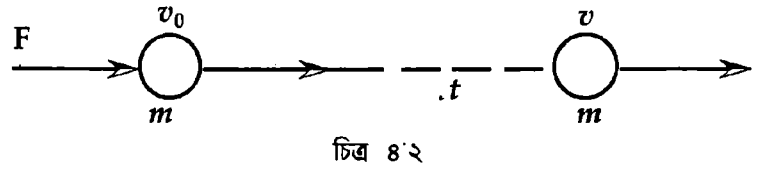
কোন একটি বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার প্রযুক্ত (লব্ধি) বলের সমানুপাতিক এবং বল যে দিকে প্রযুক্ত হয় ভরবেগের পরিবর্তন সেদিকে ঘটে। এই সূত্রকে বল পরিমাপের ও প্রকৃতি নির্দেশের সূত্র বলা যায়।

দ্বিতীয় সূত্রের ব্যাখ্যা :

এই সূত্রের সাহায্যে বলের অভিমুখ, পরিমাপ, গুণগত বৈশিষ্ট্য, ত্বরণের সঙ্গে বলের সম্পর্ক, একক বল, বলের একক ও বলের নিরপেক্ষ নীতি সম্বন্ধে জানতে পারা যায়।

(i)  $\vec{F} = m \vec{a}$  সমীকরণ

প্রতিপাদন : মনে করি কোন একটি বস্তুর ভর  $m$  এবং এটি  $v_0$  সমবেগে চলছে [চিত্র ৪.২]।



চিত্র ৪.২

ধরি একটি ধ্রুব বল (constant force)  $\vec{F}$  এই বস্তুর উপর তার গতির দিকে  $t$  সময় ধরে ক্রিয়া করল। ফলে বস্তুর বেগ পরিবর্তিত হল।

মনে করি  $t$  সময় পরে বস্তুর বেগ হল  $\vec{v}$

$$\text{বস্তুর আদি ভরবেগ} = \text{ভর} \times \text{আদিবেগ} = m \vec{v}_0$$

$$\text{বস্তুর শেষ ভরবেগ} = \text{ভর} \times \text{শেষ বেগ} = m \vec{v}$$

$$t \text{ সময়ে বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তন} = m \vec{v} - m \vec{v}_0$$

$$\text{ভরবেগের পরিবর্তনের হার} = \frac{m \vec{v} - m \vec{v}_0}{t} = m \left( \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \right)$$

$$= m \vec{a} \quad [\because \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \text{বলের ক্রিয়াজনিত সৃষ্ট ত্বরণ}]$$

এখন দ্বিতীয় সূত্র হতে জানি যে,

$$\vec{F} \propto \text{ভরবেগের পরিবর্তনের হার}$$

$$\vec{F} \propto m \vec{a}$$

$$\text{বা, } \vec{F} = k m \vec{a}$$

(1)

এখানে  $k$  সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে একক বলের সংজ্ঞার সাহায্যে দূর করা হবে।

একক বলের সংজ্ঞা : একক ভরের কোন বস্তুর উপর একক ত্বরণ সৃষ্টি করতে যে বল প্রযুক্ত হয়, তাকে একক বল বলে। অর্থাৎ,

যখন  $m = 1$  একক,  $|\vec{a}| = 1$  একক, তখন  $|\vec{F}| = 1$  একক।

সমীকরণ (1)-এ মানগুলো বসিয়ে আমরা পাই,

$$1 = k \cdot 1 \times 1$$

$$k = 1$$

সুতরাং একক বলের উপরোক্ত সংজ্ঞা অনুযায়ী আমরা পাই,

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

(2)

অর্থাৎ বল = ভর × ত্বরণ

এটিই হল বলের মান নির্দেশক সমীকরণ।

(ii) ক্যালকুলাস পদ্ধতিতে  $\vec{F} = m\vec{a}$  সমীকরণ প্রতিপাদন

যদি  $m$  ভরের কোন বস্তু  $\vec{v}$  বেগে গতিশীল হয়, তবে বস্তুটির ভরবেগ  $\vec{P}$  হবে,

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

সুতরাং, বস্তুটির ভরবেগের পরিবর্তনের হার  $= \frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d}{dt} (m\vec{v})$

এখন বস্তুটির উপর  $\vec{F}$  বল প্রযুক্ত হলে নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র অনুসারে,

$$\begin{aligned} \vec{F} &\propto \frac{d\vec{P}}{dt} \\ &\propto \frac{d}{dt} (m\vec{v}) \propto m \frac{d}{dt} \vec{v} \quad [\because m\text{-ধ্রুবক}] \\ &\propto m\vec{a} \quad \left[ \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \right] \end{aligned}$$

$$\text{বা, } \vec{F}' = k m \vec{a}$$

পূর্বের ন্যায় একক বলের সংজ্ঞা থেকে  $k = 1$  দেখানো যায়।

$$\text{সুতরাং, } \vec{F} = m\vec{a}$$

উপরের আলোচনায় বস্তুটির উপর একটিমাত্র প্রযুক্ত বল বিবেচনা করা হয়েছে। কিন্তু বস্তুটির উপর  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n$  ইত্যাদি বল ক্রিয়াশীল হলে, বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল নিট বল  $\Sigma \vec{F}$  হবে,

$$\Sigma \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n$$

সেক্ষেত্রে নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র হবে,

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

ত্বরণের দিক হবে নিট বলের দিক বরাবর।

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র হতে প্রথম সূত্র প্রতিপাদন :

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী আমরা পাই,

$$\vec{F} = m\vec{a}, \text{ এখানে } \vec{F} \text{ হল প্রযুক্ত বল, 'm' বস্তুর ভর এবং } \vec{a} \text{ হল বলের জন্য সৃষ্ট ত্বরণ। যখন } \vec{F} = 0;$$

অর্থাৎ বস্তুটিতে বাইরে থেকে কোন বল প্রযুক্ত না হয়, তখন  $\vec{a} = 0$  হয়। [কেননা  $m = 0$  হতে পারে না।]

$$\text{সুতরাং, যখন } \vec{F} = 0$$

$$\text{তখন } \vec{a} = 0$$

$$\text{বা, } \frac{d\vec{v}}{dt} = 0 \quad \left[ \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \right]$$

$$\text{বা, } \vec{v} = \text{ধ্রুবক।}$$