

## ইউনিট ৪

কাজ, ক্ষমতা ও শক্তি  
Work, Power and Energy

সাধারণভাবে কাজ বলতে দৈনন্দিন কর্মতৎপরতাকে বোঝায়। কাজ করলে দেহের ক্লান্তি আসে। কাজ সম্পন্ন হলে জন্ম শক্তির প্রয়োজন হয়। দেহের শক্তি বৃদ্ধির জন্য আমরা খাদ্য গ্রহণ করি। জৈবিক প্রক্রিয়ার মানব শরীর খাদ্য হতে শক্তি গ্রহণ করে এবং কাজ সম্পন্ন করে। পদার্থবিজ্ঞানে কাজের ভিন্ন অর্থ আছে। কাজ সম্পন্ন হলে জন্ম শক্তির স্থান পরিবর্তন প্রয়োজন। পদার্থবিজ্ঞানের কাজের সাথে ফলাফল জড়িত। বল প্রয়োগ করলে কাজ সৃষ্টি হতে পারে। শক্তি হচ্ছে কাজ করার সক্ষমতা। শক্তি নবায়নযোগ্য এবং অনবায়ন যোগ্য হতে পারে। মহাবিশ্বে শক্তির সৃষ্টি বা ধ্বংস করা সম্ভব নয়। শক্তি শুধু এক রূপ থেকে অন্য রূপে রূপান্তর হতে পারে। মহাবিশ্বের মোট শক্তি সৃষ্টি আদিকাল থেকে স্থির। মোট শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না। কাজ করার হার হচ্ছে ক্ষমতা।

## পাঠ ৪.১ কাজ ও শক্তি (Work and energy)



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

১. দৈনন্দিন জীবনে কাজ আর বিজ্ঞানে কাজের মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ করতে পারবেন।
২. কাজ, বল ও সরণের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করতে পারবেন।
৩. বলের দ্বারা কাজ ও বলের বিরুদ্ধে কাজ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৪. শক্তি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

## ৪.১.১ কাজ (Work)



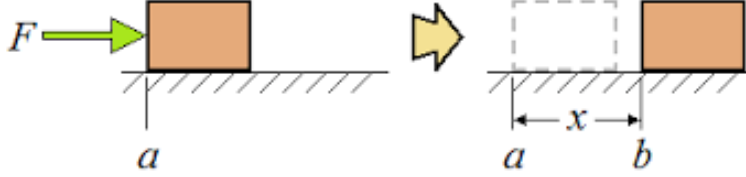
আমাদের প্রাত্যহিক জীবনে ‘কাজ’ ও ‘শক্তি’ বহুল ব্যবহৃত দুটি শব্দ। কৃষক মাঠে কাজ করে ফসল উৎপাদন করেন, শ্রমিক কারখানায় কাজ করেন। শিল্পী ক্যানভাসে প্রকৃতিকে তুলে ধরেন, বৈমানিক বিমান চালিয়ে মানুষকে একমহাদেশ থেকে অন্য মহাদেশে স্থানান্তর করেন। আবার যার শক্তি বেশি সে বেশি কাজ করতে পারে এমন বিশ্বাস আমাদের সকলেরই আছে। যাদের শারীরিক সামর্থ্য বেশি তারা বেশি পরিশ্রম করতে পারে, বেশি সময় কাজ করতে পারে। সাধারণভাবে আমাদের ধারণার মধ্যে কাজ ও শক্তি সমার্থক শব্দ। যার শক্তি বেশি সে বেশি কাজ করতে পারে। কাজের সাথে শারীরিক সামর্থ্য সম্পর্কিত। তবে সকল কাজকে কাজ হিসাবে বিবেচনা করা যায় না। কাজের সাথে ফলাফল সম্পৃক্ত। কাজ সম্পন্ন হলে ফলাফল পাওয়া না গেলে কাজ সার্থক হয়েছে বলা যাবে না। সারা বছর পড়াশোনা করে পরীক্ষায় ভালো ফলাফল করতে না পারলে সারা বছরে সম্পন্ন কাজ সফল হয় না।

আমাদের বাস্তব জীবনের মতই পদার্থবিজ্ঞানেও কাজ সম্পন্ন তখনই হবে যখন কাজের মাধ্যমে সুনির্দিষ্ট পরিমাপযোগ্য ফলাফল পাওয়া যাবে। বস্তুর উপর বল প্রয়োগে যদি বস্তুর অবস্থায় পরিবর্তন ঘটে তখন বল দ্বারা কাজ সম্পন্ন হয়েছে বলা হবে। বল এবং সরণ প্রয়োগে সৃষ্ট সরণের গুণফল দ্বারা কাজের পরিমাপ করা হয়। কোনো একটি বস্তুকে ভূমি হতে উপরের দিকে উঠালে বস্তুটি অভিকর্ষীয় বলের বিরুদ্ধে কাজ করে। আবার উপর হতে কোন বস্তু ভূমিতে পতিত হলে বস্তুটি অভিকর্ষীয় বলের দিকে কাজ করে। উভয় ক্ষেত্রে বস্তুর সরণ ঘটেছে বলে কাজ সম্পন্ন হয়।

### ৪.১.২ কাজ, বল ও সরণের মধ্যে সম্পর্ক (Relation among work, force and displacement)

এ যাবত আলোচনায় আমরা কাজ এবং শক্তির স্বরূপ সম্পর্কে জেনেছি। এখন আমরা কাজের পরিমাপ কিভাবে করতে হয় তা জানার চেষ্টা করবো। কাজ পরিমাণ করতে হলে আমাদের দুটি রাশি জানা প্রয়োজন। একটি হচ্ছে বল এবং অপরটি হচ্ছে সরণ। কারণ কাজ সৃষ্টির জন্য বল ও সরণের প্রয়োজন হয়। কাজ হচ্ছে বল ও সরণের গুণফল।

ধরা যাক, একটি বস্তুর উপর বল প্রয়োগের কারণে বস্তুটি সরলরেখা বরাবর বলের দিকে গতিশীল হয়েছে।



চিত্র: ৪.১ কাজ

ধরা যাক,  $m$  ভরের একটি বস্তু স্থির আছে। বস্তুটির উপর স্থির মানের বল  $F$  ক্রিয়া করছে। বস্তুটি  $a$  অবস্থান হতে  $x$  দূরত্বে  $b$  অবস্থানে পৌঁছায়। এতে বলের দিকে বস্তুটির সরণ হয়  $x$  (চিত্র ৪.১)। এক্ষেত্রে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ হবে,

$$\text{কাজ} = \text{বল} \times \text{সরণ}$$

$$\text{বা, } W = Fx \dots \dots \dots (৪.১)$$

কাজ একটি স্কেলার রাশি। এর কোন দিক নেই।

#### কাজের মাত্রা

$$\text{কাজের মাত্রা} = \text{বলের মাত্রা} \times \text{সরণের মাত্রা}$$

$$= \text{ভর} \times \text{সরণ/সময়}^2 \times \text{সরণ}$$

$$= \text{ভর} \times (\text{সরণ/সময়})^2$$

$$[W] = ML^2T^{-2}$$

**কাজের একক:** বলের একককে সরণের একক দিয়ে গুণ করলে কাজের একক পাওয়া যায়। বলের একক হচ্ছে নিউটন (N) এবং সরণের একক হচ্ছে (m)। অতএব, কাজের একক হবে নিউটন মিটার (Nm)। নিউটন মিটারকে জুল (J) বলা হয়। এটি কাজের আন্তর্জাতিক একক। কোন বস্তুর উপর এক নিউটন বল প্রয়োগ করা হলে যদি বস্তুটি বলের দিকে এক মিটার সরণের সৃষ্টি হয় তবে সম্পন্ন কাজ হবে এক জুল।

**গাণিতিক উদাহরণ:** ৪.১। 50 Kg ভরের একজন মানুষ 250 m উঁচু স্থানে উঠতে কি পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করবেন?

**সমাধান:** ধরা যাক, সম্পন্ন কাজ =  $W$

আমরা জানি,  $W = Fx$

$$= 490 \text{ N} \times 250 \text{ m}$$

$$= 122500 \text{ J}$$

দেওয়া আছে,

মানুষটির ভর,  $m = 50 \text{ kg}$

বল,  $F = \text{ভর} \times \text{অভীকর্ষজ ত্বরণ}$

$$= 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

$$= 490 \text{ Kgms}^{-2}$$

$$= 490 \text{ N}$$

সরণ,  $x = 250 \text{ m}$

### ৪.১.৩ বলের দ্বারা কাজ এবং বলের বিরুদ্ধে কাজ

যদি বল প্রয়োগের ফলে বলের প্রয়োগ বিন্দু বলের দিকে সরে যায় তখন বল যে কাজ সম্পন্ন করে তাকে বলের দ্বারা কাজ বা ধনাত্মক কাজ বলা হয়। একটি বস্তু উপর থেকে ফেলে দিলে বস্তুটি অভিকর্ষ বলের দিকে পড়বে, ফলে বস্তুর উপর অভিকর্ষ বল দ্বারা কাজ সম্পন্ন হবে। এটি ধনাত্মক কাজ।

যদি বল প্রয়োগের ফলে বলের প্রয়োগ বিন্দু বলের বিপরীত দিকে সরে যায় তাহলে সেই বল যে কাজ সম্পন্ন করে তাকে বলের বিরুদ্ধে কাজ ঋণাত্মক কাজ বলে। একটি বস্তুকে মাটি থেকে উপরে ওঠালে বস্তুর উপর অভিকর্ষ বল নিচের দিকে ক্রিয়া করে। এক্ষেত্রে বল ও সরণ বিপরীতমুখী হওয়ায় অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কাজ সম্পন্ন হবে। এটি ঋণাত্মক কাজ।

### ৪.১.৪ শক্তি (Energy)

পদার্থবিজ্ঞানে কাজ করার সামর্থ্যই হলো শক্তি। পদার্থবিজ্ঞানে কাজ ও শক্তির সুনির্দিষ্ট এবং সুস্পষ্ট অর্থ আছে। কাজ ও শক্তি পরস্পর পরিপূরক। কাজের পরিমাণ করে শক্তি নির্ণয় করা যায়। কোনো ব্যবস্থা দ্বারা সম্পন্ন কাজ পরিমাপ করে ঐ ব্যবস্থার শক্তি পরিমাপ করা যায়। পদার্থবিজ্ঞানে কাজ সম্পন্ন করতে হলে বলের প্রয়োজন হয়। আবার বল প্রয়োগে বস্তু গতি প্রাপ্ত হয়। গতির কারণে বস্তু গতিশক্তি লাভ। বস্তুর এই গতিশক্তিই বস্তু কর্তৃক সম্পন্ন কাজের পরিমাপক। বস্তুকে অভিকর্ষের বিরুদ্ধে উপরে উঠালে যে কাজ সম্পন্ন হয় তা বস্তুতে বিভবশক্তি হিসাবে সঞ্চিত থাকে। কাজ পরিমাপের সাহায্যে স্থিতিশক্তির পরিমাপ করা যায়। সুতরাং দেখা যাচ্ছে, কাজ ও শক্তি পরস্পরের পরিপূরক মাত্র। কাজ ও শক্তির একক অভিন্ন। কোন ব্যবস্থার (system) শক্তি পরিমাপের মধ্যে দিয়ে ব্যবস্থাটি কি পরিমাণ কাজ করতে সমর্থ হবে তা নির্ণয় করা যায়। একই ভাবে একটি ব্যবস্থা কর্তৃক সম্পন্ন কাজ পরিমাপ করে ব্যবস্থাটির শক্তির পরিমাণ নির্ধারণ করা যায়। কাজ হচ্ছে শক্তির যান্ত্রিক স্থানান্তর। বস্তুর উপর বল প্রয়োগের ফলে বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন ঘটলে শক্তির যে স্থানান্তর ঘটে তাই হচ্ছে কাজ।

$$\text{এক্ষেত্রে সম্পন্ন কাজ } (W) = \text{স্থানান্তরিত যান্ত্রিক শক্তি } (E)$$

শক্তির একটি বিশেষ তাৎপর্য আছে জীববিজ্ঞান এবং স্বাস্থ্যবিজ্ঞানে। আমরা খাদ্য গ্রহণ করি। খাদ্য হতে বিপাকীয় প্রক্রিয়া মানুষ শক্তি লাভ করে। এই শক্তি মানুষকে কাজ করার সামর্থ্য যোগায়। খাদ্য হতে মানুষ যে শক্তি গ্রহণ করে তা কাজ, তাপীয় শক্তি এবং ফ্যাট সঞ্চয়ে রূপান্তরিত হয়। যে ব্যক্তি বেশি শক্তি লাভ করে তার কাজ করার সামর্থ্য বেশি হয়। অর্থাৎ কাজ এবং শক্তি পরস্পরের পরিপূরক। শক্তির একক জুল।



#### সার-সংক্ষেপ:

বল প্রয়োগে বস্তু সরণ ঘটলে কাজ সম্পন্ন হয়। বল এবং সরণের গুণফল দ্বারা কাজের পরিমাপ করা হয়। অভিকর্ষের দিকে বস্তুর সরণ হলে বল দ্বারা কাজ সম্পন্ন হয়। অভিকর্ষের বিপরীতে সরণ হলে বলের বিরুদ্ধে কাজ সম্পন্ন হয়। কাজ করার সামর্থ্য হচ্ছে শক্তি। কাজ ও শক্তি পরস্পরের পরিপূরক। এদের উভয়ের একক এক ও অভিন্ন।

### পাঠোত্তর মূল্যায়ন : ৪.১

#### ১. নিচের কোনটির উপর কাজের পরিমাণ নির্ভর করে?

ক. বল এবং দূরত্ব

খ. বল ও সরণ

গ. খাদ্য গ্রহণ

ঘ. শারীরিক সামর্থ্য

## ২. নিচের কোনটি সঠিক?

ক. ফলাফল ভিন্ন কাজ সম্পন্ন হয় না

গ. অভিকর্ষের বিপরীতে ধনাত্মক কাজ হয়

খ. শক্তি এবং কাজ পরস্পর অপরিপূরক

ঘ. পদার্থবিজ্ঞান ও জীববিজ্ঞানে শক্তির ধারণা অভিন্ন

## পাঠ ৪.২ গতি শক্তি ও বিভব শক্তি



উদ্দেশ্য

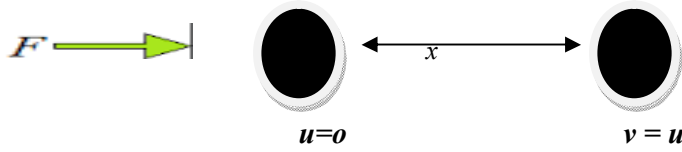
এই পাঠ শেষে আপনি-

১. গতি শক্তি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. গতি শক্তি হিসাব করতে পারবেন।
৩. বিভব শক্তি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৪. অভিকর্ষজ বিভব শক্তি হিসাব করতে পারবেন।

### ৪.২.১ গতিশক্তি এবং এর হিসাব (Kinetic energy and its calculation)



শক্তি মানুষকে কর্মক্ষম করে। গতিশক্তি যান্ত্রিক শক্তির একটি রূপ। গতিশীল অবস্থায় বস্তু যে শক্তি লাভ করে তাই হচ্ছে গতিশীল বস্তুটির গতিশক্তি। স্থির বস্তুতে বল প্রয়োগ করলে বস্তু গতি প্রাপ্ত হয়। গতিশীল বস্তু স্থান পরিবর্তনের মাধ্যমে সম্পন্ন করে। এই কাজই হচ্ছে গতিশক্তির পরিমাপক।



চিত্র ৪.২: গতিশক্তি

ধরা যাক,  $m$  ভর বিশিষ্ট একটি বস্তু স্থির অবস্থায় আছে ( $u=0$ )। বস্তুটির উপর  $F$  বল ক্রিয়া করায় বস্তুটি  $t$  সময় পর  $x$  দূরত্ব অতিক্রম করে  $v$  বেগ এবং ত্বরণ  $a$  প্রাপ্ত হয় (চিত্র ৪.২)।

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি যে, } v^2 &= u^2 + 2ax \\ &= 2ax \quad [ \text{যেহেতু } u = 0 ] \end{aligned}$$

$$\therefore \text{সরণ, } x = \frac{v^2}{2a}$$

বস্তু কর্তৃক সম্পন্ন কাজ,  $W = \text{বল} \times \text{সরণ}$

$$\begin{aligned} &= Fx \\ &= (ma)x \\ &= \frac{mav^2}{2a} = \frac{mv^2}{2} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{ গতিশক্তি, } E_k = \frac{1}{2} mv^2 \dots \dots \dots (8.2)$$

## 8.2.2 বিভবশক্তি এবং এর হিসাব (Potential energy and its calculation)

বিভবশক্তিকে স্থিতিশক্তিও বলা হয়। বিভবশক্তি হচ্ছে বস্তুর স্থিতিজনিত শক্তি। কোন বস্তু তার অবস্থা বা অবস্থানে স্থিতিশীল থাকার ফলে যে শক্তি প্রাপ্ত হয় তাই বস্তুর বিভবশক্তির পরিমাপক। আবার বস্তুও বিভিন্ন অংশের পরিবর্তনের ফলে বস্তু যে শক্তি প্রাপ্ত হয় তাই হচ্ছে বস্তুর বিভব শক্তি। যেমন পানির ট্যাংকে রক্ষিত পানি এবং দেয়ালে ঝুলানো ছবি যে শক্তি প্রাপ্ত হয় তাই হচ্ছে এদের বিভবশক্তি। বিভবশক্তি যান্ত্রিক শক্তির একটি রূপ। আপনারা ইতোপূর্বে জেনেছেন গতি শক্তিও যান্ত্রিকশক্তির একটি রূপ। অর্থাৎ যান্ত্রিক শক্তি দু'প্রকার। একটি হচ্ছে গতি শক্তি এবং অপরটি হচ্ছে বিভবশক্তি।

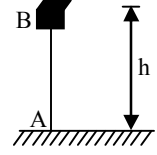
ধরা যাক,  $m$  ভরের একটি বস্তুকে ভূ-পৃষ্ঠের A বিন্দু হতে অভিকর্ষজ বলের বিরুদ্ধে B বিন্দুতে উঠানো হলো।

বস্তু কর্তৃক সম্পন্ন কাজ বা বিভবশক্তি,

$$\begin{aligned} E_p &= \text{বল} \times \text{সরণ(উচ্চতা)} \\ &= F \times h \\ &= mgh \dots \dots \dots (8.9) \end{aligned}$$

অর্থাৎ সম্পন্ন কাজ = বিভবশক্তি

এই সম্পন্ন কাজই বস্তুটিতে বিভবশক্তি হিসাবে সঞ্চিত থাকে।



চিত্র 8.9 বিভবশক্তি

### গাণিতিক উদাহরণ 8.2

250 kg ভরের একটি গাড়ি  $450 \text{ ms}^{-1}$  বেগে গতিশীল। গাড়িটির গতিশক্তি পরিমাপ কর।

সমাধান: গাড়িটির গতিশক্তি

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2} mv^2 \\ &= \frac{1}{2} \times (250 \text{ kg}) \times (450 \text{ ms}^{-1})^2 \\ &= 5062000 \text{ J} \\ &= 5.06 \times 10^6 \text{ J} \end{aligned}$$

দেওয়া আছে,  
গাড়ির ভর,  $m = 250 \text{ kg}$   
গাড়ির বেগ,  $v = 450 \text{ ms}^{-1}$   
গতি শক্তি,  $E_k = ?$

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন : 8.2

১. বিভবশক্তি কিসের উপর নির্ভর করে?

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| ক. বল             | খ. উচ্চতা       |
| গ. অভিকর্ষজ ত্বরণ | ঘ. বস্তুর আকৃতি |

২. গতিশক্তি কিসের উপর নির্ভর করে?

- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| ক. বল           | খ. বস্তুর বেগ     |
| গ. বস্তুর আকৃতি | ঘ. অভিকর্ষজ ত্বরণ |

## পাঠ ৪.৩ শক্তির উৎস ( Sources of energy)



### উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

১. নবায়নযোগ্য শক্তি এবং অনবায়নযোগ্য শক্তির ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. শক্তির প্রধান প্রধান উৎসসমূহ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৩. অর্থনৈতিক, সামাজিক ও পরিবেশগত প্রভাব বিবেচনায় শক্তির প্রধান উৎসসমূহের অবদান বিশ্লেষণ করতে পারবেন।



### ৪.৩.১ নবায়নযোগ্য শক্তি এবং অনবায়নযোগ্য শক্তি (Renewable and non-renewable energy)

শক্তি ছাড়া সভ্যতা এক মুহূর্ত চলতে পারে না। শক্তির বিনিময়ে কাজ পাওয়া যায়। আমাদের জীবনের জন্য প্রয়োজন শক্তির নিরবচ্ছিন্ন সরবরাহ। শিল্পায়নের ক্রমবিকাশ এবং জীবনে যাত্রার মানোন্নয়নের জন্য শক্তির চাহিদা দিন দিন বাড়ছে। তাই ক্রমবর্ধমান শক্তির চাহিদা মেটানোর জন্য বিজ্ঞানীরা নতুন শক্তির উৎসের সন্ধান করে চলছে।

শক্তির উৎস প্রধানত দুই প্রকার। একটি হচ্ছে নবায়নযোগ্য শক্তির উৎস এবং অন্যটি হচ্ছে অনবায়নযোগ্য শক্তির উৎস। নবায়নযোগ্য শক্তিকে বারবার ব্যবহার করা যায়। নবায়নযোগ্য শক্তি পরিবেশ বান্ধব এবং এই শক্তিকে গ্রীন শক্তিও বলা হয়। অন্যদিকে অনবায়নযোগ্য শক্তিকে পুনরায় ব্যবহার করা যায় না। প্রকৃতিতে অনবায়নযোগ্য শক্তির উৎস সীমিত। আমাদের দেশে চাহিদার তুলনায় অনবায়নযোগ্য শক্তির ( যেমন কয়লা, খনিজ তেল, প্রাকৃতিক গ্যাস ইত্যাদি) মজুদের পরিমাণ খুব বেশি নয়। শক্তির চাহিদা মেটাতে আমাদেরকে বৈদেশিক মুদ্রা ব্যয় করে বিদেশ থেকে খনিজ তেল, কয়লা আমদানি করতে হয়। অনবায়নযোগ্য শক্তির উৎপাদনের খরচ বেশি এবং এটি অনেক ক্ষেত্রে পরিবেশ বান্ধব নয়। নবায়নযোগ্য শক্তি জনপ্রিয় করা এবং এদের ব্যবহার বৃদ্ধি করতে পারলে একদিকে যেমন অর্থের সাশ্রয় হবে এবং অন্যদিকে দূষণের হাত থেকে পরিবেশ রক্ষা করা সম্ভব হবে। শক্তির সঠিক ও কার্যকর ব্যবহারে সবার সচেতন হওয়া প্রয়োজন।

### ৪.৩.২ শক্তির প্রধান উৎস ( Main sources of energy)

#### নবায়নযোগ্য শক্তির উৎস ( Renewable energy)

**সৌরশক্তি:** সূর্য থেকে যে শক্তি পাওয়া যায় তাকে বলে সৌরশক্তি। সূর্য হচ্ছে সকল শক্তির উৎস। পৃথিবীতে যত শক্তি আছে তার প্রায় সবই কোনো না কোনোভাবে সূর্য থেকে আসা বা সূর্য কিরণ ব্যবহৃত হয়েই তৈরি হয়েছে। জীবাশ্ম জ্বালানি (কয়লা, খনিজ তেল, প্রাকৃতিক গ্যাস) প্রকৃত পক্ষে বহু দিনের সঞ্চিত সৌরশক্তি। প্রাচীনকাল থেকে মানুষ সূর্য কিরণকে সরাসরি ব্যবহার করছে কোনো কিছু শুকানোর কাজে। বর্তমানে সূর্যের শক্তিকে সবসময় ব্যবহারের জন্য মানুষ নানান রকম উপায় অবলম্বন করছে। লেন্স বা দর্পণের সাহায্যে সূর্য রশ্মিকে অভিসারী করে আগুন জ্বালানো যায়। সৌরচুল্লির সাহায্যে সূর্য কিরণকে প্রতিফলিত করে গৃহস্থালীর কাজে ব্যবহার করা যায়।

শীত প্রধান দেশে ঘরবাড়ি গরম করার কাজে সৌরশক্তিকে ব্যবহার করা হয়। সৌর শক্তি ব্যবহার করে হিটার ও কুকার ব্যবহার করা যায়। আধুনিক প্রযুক্তি ব্যবহার করে তৈরি করা হয়েছে সৌরকোষ। সৌরকোষের বৈশিষ্ট্য

হলো এর উপর সূর্যের আলো পড়লে এ থেকে সরাসরি তড়িৎ পাওয়া যায়। সৌরকোষের নানা রকম ব্যবহার রয়েছে।

সৌরশক্তি পরিবেশ বান্ধব। এটির ব্যবহারে পরিবেশ দূষিত হয়না। সৌরশক্তির শেষ হবার কোন সম্ভাবনা নেই। এ শক্তির তাই প্রচলিত শক্তির উৎস জীবাশ্ম জ্বালানির বিকল্প হিসেবে ব্যবহারের সম্ভাবনা খুব বেশি।

### জলবিদ্যুৎ

পানি নবায়নযোগ্য শক্তির অন্যতম উৎস। পানির স্রোত ও জোয়ার-ভাটাকে ব্যবহার করে শক্তির উৎপাদন করা যায়। পানির স্রোতে আছে গতি শক্তি ও বিভব শক্তি। পানির স্রোতকে কাজে লাগিয়ে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করা যায়। একে জলবিদ্যুৎ বলা হয়। পানির স্রোতকে কাজে লাগিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন পৃথিবীতে খুবই জনপ্রিয়। বাংলাদেশে রাঙ্গামাটির কাপ্তাইতে জলবিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র আছে।

জলবিদ্যুৎ প্রকল্পে বিদ্যুৎ উৎপাদনের জন্য বিভব শক্তি ব্যবহার করা হয়। পানির স্রোতের সাহায্যে একটি টার্বাইন ঘোরানো হয়। এই টার্বাইনের ঘূর্ণন থেকেই এখানে যান্ত্রিক শক্তি ও চৌম্বকশক্তির সমন্বয় ঘটানো হয়। প্রবাহিত পানির স্রোত থেকে যান্ত্রিক শক্তি সংগ্রহ করে চৌম্বক শক্তির সমন্বয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়।

### বায়ু শক্তি

পৃথিবী পৃষ্ঠের তাপমাত্রার পার্থক্যের কারণে বায়ু প্রবাহিত হয়। বায়ু প্রবাহজনিত গতিশক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তর করা যায়। যে যন্ত্রের সাহায্যে বায়ু প্রবাহজনিত গতিশক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর করা হয় তাকে বায়ুকল বলে। বায়ু প্রবাহকে কাজে লাগিয়ে প্রাচীনকালের মানুষেরা কুয়া থেকে পানি তোলা, জাহাজ চালানো ইত্যাদি কাজ সম্পাদন করতো। নৌকায় পাল তুলে আজও বায়ু শক্তিকে কাজে লাগানো হয়। বর্তমানে প্রযুক্তি ব্যবহার করে বায়ু কল কাজে লাগিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়।

### ভূ-তাপীয় শক্তি

পৃথিবী বা ভূ-অভ্যন্তরে প্রচুর তাপের সৃষ্টি হয়। এই তাপকে শক্তির উৎস হিসেবে ব্যবহার করা হয়। ভূ-অভ্যন্তরের গভীরে তাপের পরিমাণ এত বেশি যে তা শীলাখন্ডকে গলিয়ে ফেলতে পারে। গলিত শীলাকে ম্যাগমা বলে। ভূতাত্ত্বিক পরিবর্তনের ফলে কখনো কখনো এই ম্যাগমা উপরের দিকে উঠে আসে এবং ভূ-পৃষ্ঠের কিছুটা নিচে এসে জমা হয়। এ সকল জায়গা হট স্পট (Hot Spot) নামে পরিচিত। ভূ-গর্ভস্থ পানি এ হট স্পটের সংস্পর্শে এসে বাষ্প পরিণত হয়। এই বাষ্প ভূ-গর্ভে আটকা পড়ে যায়। হট স্পটের উপর গর্ত করে পাইপ ঢুকিয়ে উচ্চ চাপে এই বাষ্পকে বের করে আনা যায়। এই বাষ্প দ্বারা টার্বাইন ঘুরিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়।

### বায়োমাস শক্তি

সৌর শক্তি সবুজ গাছপালার সাহায্যে সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে বায়োমাসরূপে গাছপালার বিভিন্ন অংশে মজুদ থাকে। এই বায়োমাস শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। মানুষসহ অনেক প্রাণী খাদ্য হিসেবে বায়োমাস গ্রহণ করে। এই বায়োমাস শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে জীবনের কর্মকাণ্ড সচল রাখে। বায়োমাস হচ্ছে শক্তির একটি বহুমুখী উৎস। গাছ-গাছালী, জ্বালানি কাঠ, কাঠের বর্জ্য, শস্য ধানের তুষ ও কুড়া, লতা-পাতা, পশু পাখির মল, বর্জ্য ইত্যাদি জৈব পদার্থ হচ্ছে বায়োমাস শক্তির উৎস। বায়োমাসের প্রধান উপাদান হচ্ছে কার্বন ও হাইড্রোজেন। বায়োমাস থেকে বায়োগ্যাস এবং বিদ্যুৎ উৎপাদন করা যায়। আবদ্ধ পাত্রের মধ্যে গোবর ও পানির মিশ্রণ ১ : ২ অনুপাতে রেখে পচানো হলে বায়োগ্যাস উৎপন্ন হয়। ২/৩ টি গরুর গোবর ব্যবহার করে ৪/৫ জনের একটি পরিবারের রান্না ও বাতি জ্বালানোর জন্য প্রয়োজনীয় গ্যাসের উৎপাদন করা যায়।

## অনবায়নযোগ্য শক্তির উৎস (Non-renewable energy)

### কয়লা

শক্তির উৎসগুলোর মধ্যে কয়লা আমাদের সকলের নিকট পরিচিত। কয়লা একটি জৈব পদার্থ। প্রাকৃতিক বিপর্যয় ও স্বাভাবিকভাবে গাছের পাতা বা কাণ্ড মাটির নিচে চাপা পড়ে এবং জমতে থাকে। মাটির নিচে পাতা ও কাণ্ড রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে কয়লায় রূপান্তরিত হয়। কয়লা পোড়ালে তাপ পাওয়া যায়। জ্বালানি ছাড়াও কয়লা থেকে অনেক প্রয়োজনীয় পদার্থ উৎপাদিত হয়। এদের মধ্যে রয়েছে কোল গ্যাস, আলকাতরা, বেঞ্জিন, অ্যামোনিয়া, টলুয়িন প্রভৃতি। রান্না করতে ও বাষ্পীয় ইঞ্জিন চালাতে কয়লার ব্যবহার আছে। বিদ্যুৎ উৎপাদনে কয়লার ব্যবহার আছে।

কয়লা চালিত বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র হতে নির্গত ধোঁয়ায় সালফারের থাকে। এই সালফার পানির সাথে বিক্রিয়া করে এসিড বৃষ্টির সৃষ্টি করে। এই এসিড বৃষ্টি পুকুর, নদী ও খালে বিলে মাছ মেরে ফেলে, বন ধ্বংস করে।

### খনিজ তেল

খনিজ তেল হিসাবে আমরা পেট্রোল, ডিজেল, অকটেন নামসমূহের সাথে পরিচিত। পরিবহনের জ্বালানি হিসেবে পেট্রোলিয়াম থেকে পাওয়া যায় নানা রকম কৃত্রিম বস্তু। এগুলো হলো টেরিলিন, পলিয়েস্টার, ক্যাশমিলন ইত্যাদি। এছাড়া পেট্রোলিয়াম থেকে তৈরি হয় নানা রকম প্রসাধনী। এসব ব্যবহার থাকা সত্ত্বেও এর মূল ব্যবহার জ্বালানি হিসেবে, পেট্রোলিয়াম জাত সামগ্রীর প্রধান ব্যবহার হলো বিদ্যুৎ ও যান্ত্রিক শক্তির উপাদান। পেট্রোলিয়াম একটি ল্যাটিন শব্দ। এটি তৈরি হয়েছে পেট্রো ও অলিয়াম মিলে। ল্যাটিন ভাষায় পেট্রো শব্দের অর্থ পাথর এবং অলিয়াম শব্দের অর্থ তেল। সুতরাং পেট্রোলিয়াম হলো পাথরের তেল অর্থাৎ পাথরের মধ্যে সঞ্চিত তেল। টারশিয়ারি যুগে অর্থাৎ আজ থেকে পাঁচ ছয় কোটি বছর আগে সমুদ্রের তল দেশে পাললিক স্তরে গাছপালা ও সামুদ্রিক প্রাণী চাপা পড়ে যায়। বিভিন্ন রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে এরা রূপান্তরিত হয় খনিজ তেলে। আজকের স্থলভাগের অনেকাংশ প্রাগৈতিহাসিক যুগে সমুদ্রের তলদেশে ছিল।

### প্রাকৃতিক গ্যাস

প্রাকৃতিক গ্যাস শক্তির একটি পরিচিত উৎস। বাংলাদেশে প্রাকৃতিক গ্যাসের ব্যবহার আছে। বিভিন্ন শিল্প কারখানায় এর ব্যবহার রয়েছে। এর ব্যবহার প্রধানত জ্বালানি হিসেবে। বাংলাদেশে রান্নার কাজে এর ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে। এছাড়াও ব্যবহার রয়েছে অনেক সার কারখানায়। গ্যাসের সাহায্যে তাপশক্তি উৎপাদিত হয় এবং তা থেকে তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রে উৎপাদিত হয় বিদ্যুৎ।

ভূগর্ভ থেকে প্রাকৃতিক গ্যাস পাওয়া যায়। কূপ খনন করে ভূগর্ভ থেকে এ গ্যাস উত্তোলন করা হয়। পৃথিবীর অভ্যন্তরে প্রচণ্ড তাপ ও চাপ এ ধরনের গ্যাস সৃষ্টির মূল কারণ। পেট্রোলিয়াম কূপ থেকে প্রাকৃতিক গ্যাস পাওয়া যায়। প্রাকৃতিক গ্যাসের প্রধান উপাদান মিথেন গ্যাস। এই সকল শক্তিকে জীবাশ্ম শক্তিও বলা হয়। অনবায়নযোগ্য শক্তির এই উৎসসমূহ দ্রুত ফুরিয়ে আসছে। ফলে আমাদের শক্তির বিকল্প উৎসের সন্ধান করা প্রয়োজন। তাই পরিবেশ বান্ধব নবায়নযোগ্য শক্তির যেমন সৌরশক্তি, পানি প্রবাহ থেকে প্রাপ্ত শক্তি, জোয়ার-ভাটা শক্তি, ভূ-তাপীয় শক্তি, বায়ু শক্তি, বায়োমাস ইত্যাদি ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা প্রয়োজন। এ উৎসগুলো প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে সূর্যের উপর নির্ভরশীল। তাই যতদিন পৃথিবী সূর্যের আলো পেতে থাকবে ততদিন পর্যন্ত এ সকল উৎস থেকে শক্তির সরবরাহ সম্ভব হবে।



### নিউক্লিয় শক্তি

নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি ব্যবহার করে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা যায়। যে নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত শক্তিকে বিদ্যুৎ উৎপাদনে ব্যবহার করা হয় সেই বিক্রিয়াকে বলা হয় নিউক্লীয় ফিশন। এতে ইউরেনিয়ামের সাথে নির্দিষ্ট শক্তির নিউট্রনের বিক্রিয়া ঘটানো হয়। নিউক্লীয় চুল্লীতে এই বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

কিন্তু নিউক্লিয় বিদ্যুৎ উৎপাদন পরিবেশ বান্ধব নয়। এর অনেক অসুবিধা আছে। নিউক্লিয় জ্বালানির বর্জ্য অতিমাত্রায় তেজস্ক্রিয় এবং এই বর্জ্যকে নিরাপদে পরিণত করতে হাজার হাজার বছর ধরে সংরক্ষণ করতে হয়। এছাড়া নিউক্লিয় চুল্লীতে উচ্চ তাপমাত্রা ও চাপ তৈরি হয়। তাই একে এমন পদার্থ দিয়ে তৈরি করতে হবে যেন তা সহ্য করতে পারে। কোনো দুর্ঘটনা যে কত মারাত্মক তা আমরা সোভিয়েত ইউনিয়নের (বর্তমানে ইউক্রেনের) চেরনোবিল এবং জাপানের ফুকুশিমা এর অভিজ্ঞতা থেকে জানি। তবে নিউক্লিয় বিদ্যুৎ উৎপাদনের পরিবেশে গ্রিন হাউস গ্যাস কম উৎপন্ন হয়।

### টেবিল:১

শক্তির ধরণ: নবায়নযোগ্য শক্তি	
শক্তির নাম	শক্তির উৎস
সৌর শক্তি	সূর্য
জলবিদ্যুৎ	পানি
বায়ু বিদ্যুৎ	বায়ু
বায়োগ্যাস	বায়োমাস
ভূ-তাপীয় শক্তি	ভূ-অভ্যন্তরের তাপ শক্তি
শক্তির ধরণ: অনবায়নযোগ্য শক্তি	
কয়লা	ভূগর্ভ
খনিজ তেল	ভূগর্ভ
প্রাকৃতিক গ্যাস	ভূগর্ভ
নিউক্লিয় শক্তি	নিউক্লিয় ফিশন

### ৪.৩.৩ অর্থনৈতিক, সামাজিক ও পরিবেশগত প্রভাব বিবেচনায় শক্তির প্রধান উৎসসমূহের অবদান

শক্তি হচ্ছে সভ্যতার অন্যতম নিয়ামক। নাগরিকের মাথাপিছু শক্তির ব্যবহার উন্নত বা অনুন্নত দেশের বিচেনার অন্যতম সূচক। তাই যে জাতির মাথাপিছু শক্তি ব্যবহার বেশি সে জাতি তত উন্নত। উপরের আলোচনায় আমরা জেনেছি শক্তির উৎস হচ্ছে দুইটি। একটি হচ্ছে নবায়নযোগ্য শক্তির উৎস এবং অপরটি হচ্ছে অনবায়নযোগ্য শক্তির উৎস। আমরা জেনেছি নবায়নযোগ্য শক্তিকে সবুজ শক্তি বলা হয়। এই শক্তি পরিবেশ বান্ধব। কিন্তু বাংলাদেশে এই শক্তির ব্যবহার এখনো জনপ্রিয় হয়ে ওঠেনি। কিছু কিছু অঞ্চলে নবায়নযোগ্য শক্তি ব্যবহৃত হচ্ছে এবং এটি হচ্ছে সৌরশক্তির ব্যবহার। বিভিন্ন এলাকায় সৌর চুল্লীর ব্যবহার লক্ষণীয়। কিন্তু ধারাবাহিকভাবে সৌরশক্তি প্রাপ্তির ক্ষেত্রে প্রকৃতিগত সীমাবদ্ধতা রয়েছে। ব্যাপক ব্যবহারের দিক থেকে সৌরশক্তির স্থাপনা নির্মাণ ব্যয়বহুল।

পক্ষান্তরে অনবায়নযোগ্য শক্তি পরিবেশ বান্ধব নয়। বাংলাদেশ ব্যাপকভাবে অনবায়নযোগ্য শক্তির উপর নির্ভরশীল। বাংলাদেশের অর্থনৈতিক উন্নয়ন কার্যক্রম অনবায়নযোগ্য শক্তির উপর নির্ভরশীল। প্রতি বছর জাতীয় রাজস্বের একটি বড় বরাদ্দ শক্তি আমদানীর পিছনে ব্যয় হয়। বাংলাদেশে সীমিত পরিমাণে অনবায়নযোগ্য শক্তির উৎস আছে। কিন্তু চাহিদার তুলনায় এই জোগান খুবই অপ্রতুল। এই শক্তির উৎস এক সময় শেষ হয়ে যাবে।



### সার-সংক্ষেপ:

নবায়নযোগ্য শক্তিকে বারবার ব্যবহার করা যায়। নবায়নযোগ্য শক্তি পরিবেশ বান্ধব এবং এই শক্তিকে গ্রীন শক্তিও বলা হয়। অন্যদিকে অনবায়নযোগ্য শক্তিকে পুনরায় ব্যবহার করা যায় না। প্রকৃতিতে অনবায়নযোগ্য শক্তির উৎস সীমিত। অনবায়নযোগ্য শক্তির উৎপাদনের খরচ বেশি এবং এটি অনেক ক্ষেত্রে পরিবেশ বান্ধব নয়।



### পাঠোত্তর মূল্যায়ন : ৪.৩

১. নিচের কোনটি বিদ্যুৎ কেন্দ্রটি নবায়নযোগ্য শক্তির উৎস ব্যবহার করে?

- |                      |                  |
|----------------------|------------------|
| ক. পারমাণবিক বিদ্যুৎ | খ. গ্যাস বিদ্যুৎ |
| গ. বায়ু বিদ্যুৎ     | ঘ. তাপ বিদ্যুৎ   |

২. নিচের কোন শক্তিকে সবুজ শক্তি বলা যায়?

- |          |          |
|----------|----------|
| ক. কয়লা | খ. গ্যাস |
| গ. পানি  | ঘ. তেল   |

৩. একবিংশ শতাব্দির পরিবেশ বান্ধব উপায়ে জ্বালানী সংকট মোকাবেলা করা যাবে-

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| ক. সৌর শক্তির ব্যাপক ব্যবহারের মাধ্যমে। | খ. অপ্রয়োজনের শক্তি ব্যবহার না করে। |
| গ. বেশি করে খনিজ সম্পদ উত্তোলন করে।     | ঘ. পারমাণবিক শক্তি ব্যবহারে করে।     |

## পাঠ ৪.৪ শক্তির রূপান্তর (Transformation of energy)



### উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- শক্তির সংরক্ষণশীলতা সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বিভিন্ন প্রকার শক্তির রূপান্তর বর্ণনা করতে পারবেন।
- ভর শক্তির সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- উন্নয়ন কার্যক্রমে শক্তির কার্যকর ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- শক্তির কার্যকর ও নিরাপদ ব্যবহারে সচেতন হওয়ার প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা করতে পারবেন।



### ৪.৪.১ শক্তির সংরক্ষণশীলতা সূত্র (Principle of conservation of energy)

শক্তির নিত্যতার বিধি অনুসারে শক্তিকে সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না। শক্তিকে এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় রূপান্তর করা যায় মাত্র। পৃথিবীর মোট শক্তির পরিমাণগত কোন পরিবর্তন হয় না। প্রকৃতপক্ষে আমরা নতুন কোনো শক্তি সৃষ্টি করতে পারি না বা শক্তি ধ্বংসও করতে পারি না। এ বিশ্ব সৃষ্টির মুহূর্তে যে পরিমাণ শক্তি ছিল মহাবিশ্বে আজও সেই পরিমাণ শক্তি রয়েছে। বাড়েওনি কমেওনি। এটাই শক্তির অবিদ্বন্দ্বিতা বা নিত্যতা বা সংরক্ষণশীলতা।

### 8.8.২ বিভিন্ন প্রকার শক্তির রূপান্তর (Different types of energy transformation)

মানুষ তার চাহিদা অনুসারে শক্তিকে এক রূপ থেকে অন্য রূপে রূপান্তর করে ব্যবহার করছে। এ মহাবিশ্বে নানা ঘটনা প্রবাহ চলছে শক্তির রূপান্তর আছে বলে। শক্তি একরূপ থেকে একাধিকরূপে রূপান্তর হলেও মহাবিশ্বের মোট শক্তির কোনো পরিবর্তন হচ্ছে না। এক রূপের শক্তিকে রূপান্তর করে অন্য রূপের শক্তিতে রূপান্তর করা হয় তখন একে শক্তির রূপান্তর বলা হয়। এখানে কতিপয় শক্তির রূপান্তর বর্ণনা করা হল।

১. যান্ত্রিক শক্তির রূপান্তরঃ হাতে হাত ঘষলে তাপ উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে যান্ত্রিক শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তর হয়। কলমের খালি মুখে ফুঁ দিলে যান্ত্রিক শক্তি শব্দ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। পানি যখন ভূপৃষ্ঠ হতে উপরে কোন পাত্রে থাকে তখন তাতে বিভব শক্তি সঞ্চিত থাকে। নিচে প্রবাহিত হবার সময় বিভব শক্তি গতি শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।
২. তাপ শক্তির রূপান্তরঃ স্টীম ইঞ্জিনে তাপের সাহায্যে স্টীম উৎপন্ন করে রেলগাড়ি ইত্যাদি চালানো হয়। এখানে তাপ শক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তর হয়। তড়িৎ প্রবাহের কারণে বাত্বের ফিলামেন্টের মধ্য দিয়ে বাত্ব তাপ শক্তি এবং আলোক শক্তি সৃষ্টি হয়।
৩. আলোক শক্তির রূপান্তরঃ হারিকেনের চিমনিতে হাত দিলে গরম অনুভূত হয়। এখানে আলোক শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তর হচ্ছে। ফটোগ্রাফিক ফিল্মের উপর আলোক সম্পাত করলে রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে আলোকচিত্র তৈরি করা হয়। এখানে আলোকশক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তর হয়।
৪. রাসায়নিক শক্তির রূপান্তরঃ খাদ্য এবং জ্বালানি যেমন তেল, গ্যাস, কয়লা ও কাঠ হচ্ছে রাসায়নিক শক্তির আধার। রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে খাদ্যের শক্তি আমাদের দেহে মুক্ত হয় এবং অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত হওয়ার সময় আমরা দরকারী কাজ করতে পারি। বিদ্যুৎ কোষ বা ব্যাটারিতে রাসায়নিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর হয়। বিদ্যুৎ শক্তি আবার বাতির ফিলামেন্টে আলোক শক্তি ও তাপ শক্তিতে রূপান্তর হয়।
৫. বিদ্যুৎ শক্তির রূপান্তরঃ বৈদ্যুতিক ইঞ্জি, হিটার ইত্যাদিতে তড়িৎ শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তর হয়। বৈদ্যুতিক বাত্ব বিদ্যুৎ শক্তি আলোক শক্তিতে রূপান্তর হয়। টেলিফোন ও রেডিওর গ্রাহক যন্ত্রে বিদ্যুৎ শক্তি শব্দ শক্তিতে রূপান্তর হয়। সঞ্চয়ক কোষে তড়িৎ শক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তর হয়।
৬. শব্দ শক্তির রূপান্তরঃ কারখানার জীবাণু ধ্বংস করা কিংবা ময়লা জামাকাপড় পরিষ্কার করার জন্য শব্দোত্তর তরঙ্গ ব্যবহার করা হয়। এ ক্ষেত্রে শব্দ শক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।
৭. চৌম্বক শক্তির রূপান্তরঃ একটি লোহার টুকরোকে দ্রুত ও বারবার চুম্বকন ও বিচুম্বকন করলে তাপ উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে চৌম্বক শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তর হয়।
৮. নিউক্লিয় শক্তির রূপান্তরঃ নিউক্লিয় সাবমেরিনে নিউক্লিয় শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তর করা হয়। নিউক্লিয় বোমার ধ্বংস লীলা নিউক্লীয় শক্তির রূপান্তর ভিন্ন আর কিছুই নয়। নিউক্লিয় চুল্লীতে নিউক্লীয় শক্তি অন্যান্য শক্তি বিশেষ করে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তর হলে আজকাল শক্তির চাহিদা অনেকাংশেই পূরণ করে থাকে।

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

নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় সাধারণত পদার্থ তথা ভর শক্তিকে রূপান্তর হয়। অবশ্য নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় মোট ভরের কেবল একটি ক্ষুদ্র ভগ্নাংশ শক্তিতে রূপান্তর হয়। পদার্থ শক্তিতে রূপান্তর হলে যদি  $E$  পরিমাণ শক্তি পাওয়া যায়, তাহলে

$$E=mc^2 \dots \dots \dots (8.8)$$

এখানে  $m$  হচ্ছে শক্তিতে রূপান্তর ভর এবং  $c$  হচ্ছে আলোর বেগ যা  $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$  এর সমান।

পরীক্ষা করে দেখা গেছে একটি ফিশন বিক্রিয়ায় অর্থাৎ একটি নিম্ন শক্তির নিউট্রন যদি একটি ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসকে (U-235) আঘাত করে তাহলে প্রায়

$200 \text{ MeV} = 200 \times 10^6 \text{ eV} = 200 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.2 \times 10^{-11} \text{ J}$  শক্তি নির্গত হয়।  
যেহেতু ফিশন বিক্রিয়া একটি শৃঙ্খল বিক্রিয়া, মুহূর্তের মধ্যে কোটি কোটি বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং বিপুল পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়।

### 8.8.8 উন্নয়ন কার্যক্রমে শক্তির কার্যকর ব্যবহার ( Effective use of energy in development activities)

আগেই আমরা জেনেছি সভ্যতার অন্যতম ভিত্তি হচ্ছে শক্তি। সকল প্রকার উন্নয়ন কার্যক্রমে অন্যতম সহায়ক নিয়ামক হচ্ছে শক্তি। পর্যাপ্ত শক্তির যোগান ছাড়া উন্নয়নের গতি ধরে রাখা সম্ভব নয়। এটি উভয়মুখী বিক্রিয়ার মত। উন্নয়ন কার্যক্রমের গতি রক্ষার জন্য যেমন শক্তির প্রয়োজন তেমনি উন্নয়ন কার্যক্রমের মাধ্যমে শক্তির উৎপাদন সম্ভব হয়। শিক্ষা প্রতিষ্ঠান ও গবেষণাগার থেকে শুরু করে চিকিৎসা তথা জীবন বাঁচাতে, শিল্প উৎপাদন থেকে শুরু করে কৃষি উৎপাদন, নাটক, সিনেমা ও বিনোদন কিংবা রান্না বান্নায় সকল ক্ষেত্রে শক্তি ব্যবহার অপরিহার্য। আমাদের দেশে চাহিদা মোতাবেক শক্তির যোগান দেওয়া সম্ভব হয় না। তাই জাতীয় অর্থনৈতিক কর্মকাণ্ডে গতিশীলতা বজায় রাখার জন্য শক্তির ব্যবহারের ক্ষেত্রে অগ্রাধিকার নির্ধারণ করা প্রয়োজন এ সকল ক্ষেত্রে শক্তির কার্যকর ব্যবহার নিশ্চিত করা প্রয়োজন।

### 8.8.৫ শক্তির কার্যকর ও নিরাপদ ব্যবহারে সচেতনতা (Awareness creation for safe and effective use of energy)

পূর্ববর্তী আলোচনায় আমরা জেনেছি উন্নয়ন কর্মকাণ্ডে গতিশীলতা বজায় রাখার জন্য শক্তির কোন বিকল্প নেই। সকল ক্ষেত্রেই শক্তির ব্যবহার প্রয়োজন। বাংলাদেশে প্রাকৃতিক সম্পদ খুবই সীমিত। পৃথিবীর প্রাকৃতিক সম্পদ এক সময় শেষ হয়ে যাবে। অন্যদিকে নবায়নযোগ্য শক্তি ব্যবহারে প্রচুর অর্থ বিনিয়োগের প্রয়োজন হয়। শক্তির নিরাপদ ব্যবহার খুবই জরুরী। তাই শক্তির অপচয় বন্ধ করা প্রয়োজন। নাগরিক হিসাবে আমাদের শক্তির অপচয় ও অনৈতিক ব্যবহার রোধে সচেতন হওয়া প্রয়োজন এবং অন্যদের সচেতন করা প্রয়োজন। শক্তির অনৈতিক ব্যবহারকারীদের ঘৃণা করা উচিত এবং সামাজিকভাবে বয়কট করা প্রয়োজন। শিক্ষা প্রতিষ্ঠানে শিক্ষক শিক্ষার্থী এ বিষয়ে সচেতনতা সৃষ্টির জন্য মানব বন্ধন, র্যালী এবং পোস্টার প্রদর্শণীর আয়োজন করতে পারে।



#### সার-সংক্ষেপ:

শক্তির নিত্যতার বিধি অনুসারে শক্তিকে সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না। শক্তিকে এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় রূপান্তর করা যায় মাত্র। সকল প্রকার উন্নয়ন কার্যক্রমে অন্যতম সহায়ক নিয়ামক হচ্ছে শক্তি। নাগরিক হিসাবে আমাদের শক্তির অপচয় ও অনৈতিক ব্যবহার রোধে সচেতন হওয়া প্রয়োজন এবং অন্যদের সচেতন করা প্রয়োজন। শক্তির অনৈতিক ব্যবহারকারীদের ঘৃণা করা উচিত এবং সামাজিকভাবে বয়কট করা প্রয়োজন।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন : ৪.৪

- ১০kg ভরের একটি বস্তু শক্তিতে রূপান্তরিত হলে শক্তির পরিমাণ নির্ণয় করুন।  
ক.  $6 \times 10^{15} \text{J}$  খ.  $7 \times 10^{15} \text{J}$   
গ.  $8 \times 10^{15} \text{J}$  ঘ.  $9 \times 10^{15} \text{J}$
- বাল্বের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহিত হলে কোন শক্তি সৃষ্টি হয়?  
ক. তাপ ও আলোক খ. তাপ ও শব্দ  
গ. আলোক ও চৌম্বক ঘ. চৌম্বক ও শব্দ

## পাঠ ৪.৫ ক্ষমতা (Power)



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- ক্ষমতা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- কর্মদক্ষতা হিসাব করতে পারবেন।



### ৪.৫.১ ক্ষমতা (Power)

ক্ষমতা কাজ ও সময়ের মধ্যে সম্পর্ক নির্ধারণ করে। একটি নির্দিষ্ট সময়ে কি পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয় তা দ্বারা ক্ষমতার পরিমাপ করা হয়। ক্ষমতা  $P$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\text{ক্ষমতা, } P = \frac{\text{সম্পন্ন কাজ}}{\text{প্রয়োজনীয় সময়}}$$

$$\text{বা, } P = \frac{\text{বল} \times \text{সরণ}}{\text{সময়}} = \text{বল} \times \text{বেগ}$$

$$\therefore \text{ক্ষমতা} = \text{বল} \times \text{বেগ}$$

$$\text{বা, } P = Fv \dots \dots \dots (8.5)$$

অর্থাৎ কোন যন্ত্রে  $F$  পরিমাণ বল প্রয়োগের ফলে যন্ত্রটি যদি বলের দিকে  $v$  বেগে প্রাণ্ড হয় তবে বল এবং বেগের গুণফল হবে ঐ যন্ত্রের ক্ষমতা। ক্ষমতার এস.আই একক ওয়াট। অশ্বক্ষমতা (HP) নামে ক্ষমতার আর একটি একক ব্যবহার করা হয়।  $1 \text{H.P} = 7346 \text{ W}$  ক্ষমতার মাত্রা  $\text{ML}^2\text{T}^{-3}$ ।

### ৪.৫.২ কর্মদক্ষতা (Efficiency)

শক্তির সংরক্ষণশীলতার সূত্রানুসারে একটি যন্ত্রের কার্যকর শক্তি (output energy) যন্ত্রে প্রদত্ত মোট শক্তির (input energy) সমান হবে। কিন্তু বাস্তবে দেখা যায় যে কার্যকর শক্তি সকল সময় মোট শক্তির চেয়ে কম হয়। নানা কারণে যন্ত্রে শক্তির অপচয় ঘটে এবং এ কারণে যন্ত্রের ইনপুট ও আউটপুটে শক্তির এই তারতম্যের

সৃষ্টি হয়। যেমন জেনারেটরের ক্ষেত্রে ঘর্ষণ শক্তির বিরুদ্ধে কাজ করতে গিয়ে শক্তির অপচয় হয় যা তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। তবে এ ক্ষেত্রে শক্তির সংরক্ষণশীলতার সূত্রানুসারে শক্তির মোট স্থানান্তর স্থির থাকে।

যন্ত্রেও কার্যকর শক্তি এবং মোট প্রদত্ত শক্তি হিসাব করে যন্ত্রের কর্মদক্ষতা পরিমাপ করা যায়। কোন যন্ত্রের কর্মদক্ষতা হচ্ছে যন্ত্রটির কার্যকর শক্তি ও প্রদত্ত মোট শক্তির অনুপাত। যন্ত্রের কর্মদক্ষতাকে  $\eta$  (ইটা) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কর্মদক্ষতাকে শতকরায় প্রকাশ করা হয়। কোন যন্ত্রের কর্মদক্ষতা 70% বলতে বোঝায় যন্ত্রটিতে 100 একক শক্তি সরবরাহ করলে তার 70 একক শক্তি কার্যকররূপে পাওয়া যায়, বাকী 30 একক শক্তি অপচয় হয়।

$$\begin{aligned} \text{কর্মদক্ষতা, } \eta &= \frac{\text{কার্যকর শক্তি}}{\text{মোট প্রদত্ত শক্তি}} \\ &= \frac{\text{কার্যকর ক্ষমতা}}{\text{মোট প্রদত্ত ক্ষমতা}} \\ &= \left( \frac{E_1 - E_2}{E_1} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (8.6) \end{aligned}$$

**গাণিতিক উদাহরণ 8.৩।** 70 kg ভরের এক ব্যক্তি প্রতিটি 30 cm উঁচু 40টি সিঁড়ি 20s -এ উঠতে পারে। তার ক্ষমতা কত?

সমাধান:

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} P &= \frac{\text{কাজ}}{\text{সময়}} = \frac{Fs}{t} \\ &= \frac{784 \text{ N} \times 12 \text{ m}}{20 \text{ s}} \\ &= 470.4 \text{ W} \end{aligned}$$

উত্তর : 470.4 W

এখানে

ব্যক্তির ভর,  $m = 80 \text{ kg}$

বল,  $F = \text{ব্যক্তির ওজন} = mg$

$$= 80 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

$$= 784 \text{ N}$$

সরণ,  $s = 40 \times 30 \text{ cm} = 1200 \text{ cm}$

$$= 12 \text{ m}$$

সময়,  $t = 20 \text{ s}$

ক্ষমতা,  $P = ?$

**গাণিতিক উদাহরণ 8.8।** 10 kW ক্ষমতার একটি ইঞ্জিনের কার্যকর ক্ষমতা 1.63 kW। ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা পরিমাপ কর।

সমাধান:

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{কর্মদক্ষতা, } \eta &= \frac{\text{কার্যকর শক্তি}}{\text{মোট প্রদত্ত ক্ষমতা}} \\ &= \frac{\text{কার্যকর ক্ষমতা}}{\text{মোট প্রদত্ত ক্ষমতা}} \\ &= \left( \frac{E_1 - E_2}{E_1} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{10 \text{ kW} - 1.63 \text{ kW}}{10 \text{ kW}} \right) \times 100\% \\ &= 16.3\% \end{aligned}$$

উত্তর : 16.3%

এখানে  $E_1 = 10 \text{ kW}$

$E_2 = 1.63 \text{ kW}$

$$\eta = ?$$

## পাঠাভ্যাস মূল্যায়ন : ৪.৫

### বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

১. ক্ষমতার একক হচ্ছে-

ক. জুল

খ. ওয়াট

গ. নিউটন

ঘ. প্যাসকেল

২. কর্মদক্ষতা হচ্ছে-

ক. ক্ষমতা ও শক্তির অনুপাত

খ. কাজ ও ক্ষমতার অনুপাত

গ. কাজ ও বলের অনুপাত

ঘ. কার্যকর শক্তি ও প্রদত্ত মোট শক্তির অনুপাত

### পাঠ ৪.৬ : ব্যবহারিক-৭ : সিঁড়ি দিয়ে দৌড়ে উঠে শিক্ষার্থীর ক্ষমতা নির্ণয়



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

১. নিজের ক্ষমতা নির্ণয় করতে পারবেন।
২. বিভিন্ন সময়ে নিজের প্রয়োগকৃত ক্ষমতার তুলনা করতে পারবেন।
৩. অপরের ক্ষমতার সাথে নিজের ক্ষমতার তুলনা করতে পারবেন।

তত্ত্ব: কাজ করার হারকে ক্ষমতা বলে। একজন মানুষ প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে তা দ্বারা ক্ষমতার পরিমাপ করা হয়। শিক্ষার্থী ভর  $m$ , অতিক্রান্ত দূরত্ব/উচ্চতা  $h$  এবং কাজ সম্পন্ন করার সময়  $t$  হলে ক্ষমতা,  $P = \text{সম্পন্ন কাজ } (W)/\text{সময়}(t)$

$$P = mgh/t$$

উপকরণ: থামাঘড়ি, উচ্চতা/দূরত্ব পরিমাপের জন্য মিটার স্কেল/মিটারগজ

কাজের ধারা:

১. চার থেকে পাঁচ জনের একটি দল তৈরি করুন।
২. চার থেকে ছয় তলা উচ্চতার একটি দালান নির্বাচন করুন।
৩. নিচ তলা থেকে সর্বোচ্চ তলার মোট সিঁড়ির সংখ্যা নির্ণয় কর।
৪. ফিতার সাহায্যে প্রতিটি সিঁড়ির উচ্চতা পরিমাপ করুন।
৫. মোট সিঁড়ির সংখ্যা দিয়ে সিঁড়ির উচ্চতা গুণ করে মোট উচ্চতা ( $h$ ) নির্ণয় করুন।
৬. ওয়েট মেশিনের সাহায্যে সবার ভর ( $m$ ) নির্ণয় করুন।
৭. দলের সদস্যগণ এবার নিচ তলা থেকে সর্বোচ্চ তলায় সমান গতিতে উঠতে থাকুন।
৮. প্রতিটি সদস্যের সর্বোচ্চ তলায় উঠতে প্রয়োজনীয় সময় ( $t$ ) থামা ঘড়ির সাহায্য পরিমাপ করুন।
৯. পরিমাপকৃত সকল উপাত্ত নিচের টেবিলে সংরক্ষণ করুন।
১০. দলের সকল সদস্যের ক্ষমতা নির্ণয় কর এবং তুলনা করুন।

## উপাত্ত সংরক্ষণের টেবিল

ক্রম	দলের সদস্যগণের নাম	সদস্যগণের ভর (kg)	সর্বোচ্চ তলায় উঠতে সময় (s)	ক্ষমতা = কাজ/সময় (W)

## ফলাফল এবং আলোচনা:

- আপনার ক্ষমতা অন্যদের সাথে তুলনা করুন।
- আপনার দলের সবচেয়ে বেশি এবং কম ক্ষমতা কাদের চিহ্নিত করুন।
- আপনার সদস্যদের ক্ষমতা কম/বেশি হবার কারণ ব্যাখ্যা করুন।



## চূড়ান্ত মূল্যায়ন

## ক. সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

১. একটি বস্তুকে একটি নির্দিষ্ট বেগে উলম্বভাবে উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হল। বায়ু বাধায় বিবেচনায় না আনলে নিচের কোন বিবৃতিটি সঠিক বলে মনে করেন?

- সর্বোচ্চ বিন্দুতে গতি শক্তির পরিমাণ সবচেয়ে বেশি হবে।
- সম্পূর্ণ গতিপথে বস্তুটির মোট শক্তি স্থির থাকবে।
- সম্পূর্ণ গতিপথে বস্তুটির মোট ভরবেগ স্থির থাকবে।
- স্থিতি শক্তি সময়ের সাথে সুসমভাবে বৃদ্ধি পাবে।

২. 5Kg ভরের একটি বস্তুকে অভিকর্ষজ ত্বরণের ( $9.8\text{ms}^{-2}$ ) বিপক্ষে 50m উচ্চতায় উঠাতে কী পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হবে?

- 2440J
- 2445J
- 2450J
- 2500J

৩. কয়লা পোড়ালে শক্তির রূপান্তর ঘটে-

- রাসায়নিক শক্তি থেকে তাপ ও আলোক শক্তিতে।
- আলোক শক্তি থেকে তাপ ও রাসায়নিক শক্তিতে
- রাসায়নিক শক্তি থেকে শব্দ ও তাপ শক্তিতে।
- তাপ শক্তি থেকে আলোক ও বিদ্যুৎ শক্তিতে

৪. কাজের একক কোনটি?

- জুল
- নিউটন
- ওয়াট
- প্যাসকেল



খ. সৃজনশীল প্রশ্ন

১. একটি লিফট সর্বোচ্চ 1800kg ভার বহন করতে পারে। লিফট উপরের দিকে  $2\text{ms}^{-1}$  স্থির বেগে গতিশীল। লিফট সর্বোচ্চ 2000m উচ্চতায় উঠতে পারে। এক্ষেত্রে ঘর্ষণজনিত বাধাকে উপেক্ষা করা হয়েছে।

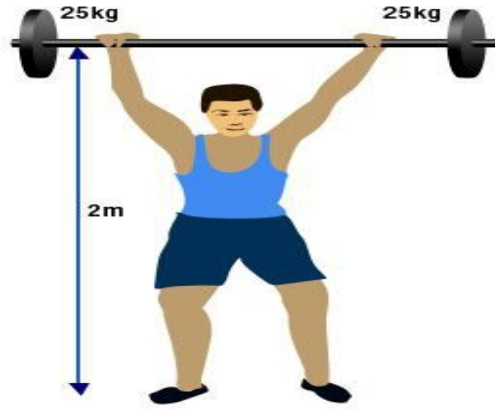
ক. ক্ষমতা কাকে বলে?

খ. পদার্থবিজ্ঞানের কাজের সাথে শারীরবৃত্তীয় কাজকে সম্পর্কিত করুন।

গ. লিফটটির সর্বোচ্চ গতিশক্তি নির্ণয় করুন।

ঘ. লিফটটির গতিশক্তির সাথে বিভব শক্তির তুলনা করুন।

২.



উপরের চিত্র দুটি লক্ষ কর এবং নিচের প্রশ্নসমূহের উত্তর দাও।

ক. শক্তির রূপান্তর কাকে বলে।

খ. ক্ষমতা কীভাবে শক্তির সাথে সম্পর্কিত ব্যাখ্যা কর।

গ. দ্বিতীয় চিত্রের শক্তির হিসাব কর।

ঘ. পদার্থবিজ্ঞানের আলোকে উভয় চিত্রের কাজের ধারণা বিশ্লেষণ কর।

🔑 উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৪.১:	১. খ	২. ক	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৪.২ :	১. খ	২. খ	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৪.৩ :	১. গ	২. গ	৩. ক
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৪.৪ :	১. ঘ	২. ক	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৪.৫ :	১. খ	২. ঘ	

চূড়ান্ত মূল্যায়ন

সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

১. খ	২. গ	৩. ক	৪. ক
------	------	------	------