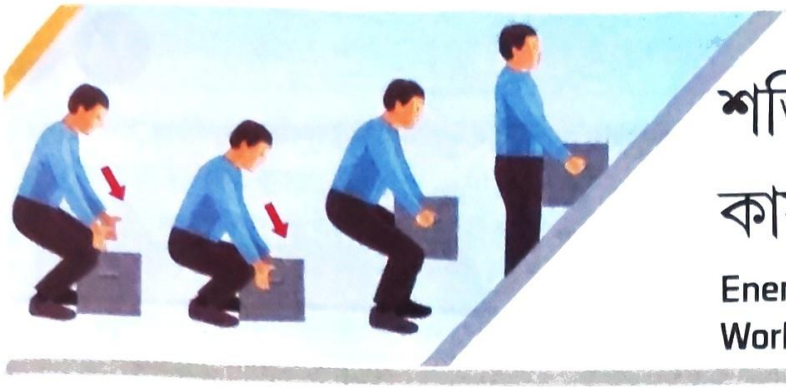


5 শক্তির ক্রিয়া — কার্য, ক্ষমতা ও শক্তি

Energy in Action – Work, Power and Energy

5.1 কার্য (Work)

সাধারণভাবে কাজ করা বলতে বোঝায় হাঁটা-চলা করা, সিঁড়ি দিয়ে ওপরে ওঠা বা নীচে নামা, কোনো বস্তুকে এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় নিয়ে যাওয়া ইত্যাদি।

Activity

❶ একটি ব্যাগে কয়েকটি বই ও খাতা ভরে ব্যাগটিকে মেঝেতে রাখো। এবার ব্যাগটিকে তুলে একটি টেবিলের উপর রাখো। এতে কিছু পরিমাণ কাজ করা হল। ব্যাগটিকে টেবিলের উপর রাখতে তোমাকে ব্যাগের ওজনের বিপরীত দিকে বল প্রয়োগ করতে হয়েছে। আবার ব্যাগটিকে টেবিলের উপর রাখার জন্য ব্যাগটির সরণ হয়েছে।

চিত্র 5.1 কার্য

ব্যাগটিকে আবার মেঝেতে নামিয়ে রাখো। এবার ব্যাগটিকে একটি উঁচু আলমারির মাথায় তোলো। এখানেও তুমি কিছু কাজ করলে।

এবার বলো তো কোন্ ক্ষেত্রে বেশি কাজ করা হল?

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে তোমাকে বেশি কাজ করতে হয়েছে। উভয়ক্ষেত্রে একই ওজনের ব্যাগ তোলার জন্য একই বল প্রয়োগ করা হয়েছে। কিন্তু আলমারিটি টেবিলের চেয়ে বেশি উঁচু বলে এক্ষেত্রে ব্যাগের সরণ বেশি হয়েছে। তাহলে বোঝা গেল যে, একই বল প্রয়োগে সরণ বেশি হলে বেশি কাজ করা হয়।

❷ একটি 2 কেজি ভরের বাটখারা এবং একটি 5 কেজি ভরের বাটখারা মেঝেতে রাখো। এবার বাটখারা দুটিকে আলাদা আলাদা করে একটি টেবিলের উপর তোলো। বাটখারা দুটিকে টেবিলের উপর তুলতে তোমাকে কাজ করতে হয়েছে। নিশ্চয় বুঝতে পারছ যে, 5 কেজি ভরের বাটখারাটি তুলতে তোমাকে বেশি কাজ করতে হয়েছে। কারণ দুটি বাটখারাকে একই উচ্চতায় তুললেও 5 কেজি ভরের বাটখারাটিকে তুলতে বাটখারার ওজনের বিরুদ্ধে বেশি বল প্রয়োগ করতে হয়েছে।

চিত্র 5.2 কার্য

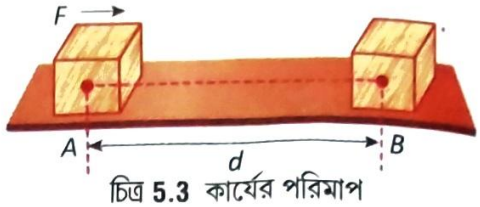
উপরের পরীক্ষাগুলি থেকে বোঝা যায় যে, কাজ করতে হলে বল প্রয়োগ করতে হয় এবং যে বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করা হয় তার সরণ ঘটে। অর্থাৎ, বল প্রয়োগের ফলে বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণ ঘটলে কাজ করা হয়।

কার্যের সংজ্ঞা : *কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করলে যদি বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণ হয়, তাহলে প্রযুক্ত বল কার্য করেছে বলা হয়।*

কার্যের পরিমাপ ঃ ① বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল এবং ওই বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণের গুণফল দ্বারা কার্যের পরিমাপ করা হয়।

কৃতকার্য = প্রযুক্ত বল × বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণ

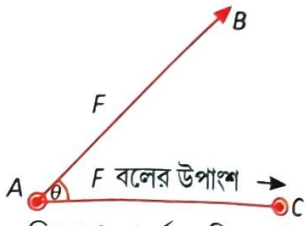
$W = F \times d$; W = কৃতকার্য, F = প্রযুক্ত বল, d = সরণ।



চিত্র 5.3 কার্যের পরিমাপ

এখন বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণ বলের অভিমুখে একই সরলরেখায় না হলে, বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণ বরাবর বলের উপাংশ এবং বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণের গুণফলই হল কার্যের পরিমাপ।

কোনো বস্তুর উপর অনুভূমিক তলের সঙ্গে θ কোণে AB অভিমুখে F বল প্রয়োগ করলে অনুভূমিক তলে বস্তুটির সরণ $AC = d$ হয়। এখানে সরণের অভিমুখে বলের উপাংশ বলটিই বস্তুটির সরণ ঘটাবে।



চিত্র 5.4 কার্যের পরিমাপ

সুতরাং, কৃতকার্য (W) = সরণ × সরণের অভিমুখে বলের উপাংশ
= d × সরণের অভিমুখে বলের উপাংশ।

কার্য একটি স্কেলার রাশি।

কার্যের একক (Units of work) ঃ

① **কার্যের পরম একক ঃ** (a) **CGS বা মেট্রিক পদ্ধতিতে** কার্যের পরম একক হল **আর্গ (erg)**। ***কোনো বস্তুর উপর এক ডাইন বল প্রয়োগ করলে যদি বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণ বলের অভিমুখে 1 সেমি হয়, তাহলে যে কার্য হয়, তাকে এক আর্গ বলে।***

(b) **SI বা আন্তর্জাতিক পদ্ধতিতে** কার্যের পরম একক জুল (joule) বা নিউটন-মিটার। ***কোনো বস্তুর উপর এক নিউটন বল প্রয়োগ করলে যদি বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণ বলের অভিমুখে 1 মিটার হয় তাহলে যে কার্য হয়, তাকে এক জুল বলে।*** 1 জুল = 1 নিউটন × 1 মিটার = 10^5 ডাইন × 100 সেমি = 10^7 ডাইন-সেমি = 10^7 আর্গ।

অর্থাৎ, 1 জুল = 10^7 আর্গ কার্যের ব্যবহারিক একক হল জুল।

② **কার্যের অভিকর্ষীয় একক ঃ** (a) **CGS বা মেট্রিক পদ্ধতিতে কার্যের** অভিকর্ষীয় একক হল **গ্রাম-সেন্টিমিটার**। ***এক গ্রাম ভরের কোনো বস্তুকে অভিকর্ষের বিরুদ্ধে 1 সেমি ওপরে তুলতে যে কার্য করা হয় তাকে এক গ্রাম-সেমি বলে।*** 1 গ্রাম-সেমি = 981 আর্গ।

(b) **SI বা আন্তর্জাতিক পদ্ধতিতে** কার্যের অভিকর্ষীয় একক হল **কিলোগ্রাম-মিটার। *1 কিগ্রা ভরের কোনো বস্তুকে অভিকর্ষের বিরুদ্ধে 1 মিটার ওপরে তুলতে যে কার্য করা হয় তাকে এক কিলোগ্রাম-মিটার বলে।***

1 কিলোগ্রাম-মিটার = 9.8 জুল।

কার্যের প্রকারভেদ ঃ বস্তুর উপর বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণের অভিমুখ অনুযায়ী বল দুইভাবে কার্য করে। ① **বলের দ্বারা কার্য** এবং ② **বলের বিরুদ্ধে কার্য।**

① **বলের দ্বারা কার্য ঃ** কোনো বস্তুকে উপর থেকে নীচের দিকে ফেলে দিলে তা পৃথিবীর অভিকর্ষ বল দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে নেমে আসে। বস্তুর সরণ অভিকর্ষ বলের দিকে হয় বলে এক্ষেত্রে অভিকর্ষ বল দ্বারা কার্য করা হয়েছে বলা হয়।

m ভরের কোনো বস্তু অভিকর্ষের প্রভাবে h উচ্চতা নেমে এলে অভিকর্ষ বলের দ্বারা কৃতকার্যের পরিমাণ হয় W = বল × সরণ = $mg \times h = mgh$।

চিত্র 5.5 বলের দ্বারা কার্য

কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করলে যদি বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণ বলের অভিমুখে হয়, তাহলে বলা হয় প্রযুক্ত বল দ্বারা কার্য হয়েছে।

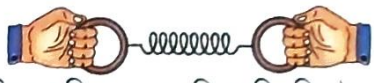
② **বলের বিরুদ্ধে কার্যঃ** কোনো বস্তুকে যখন ওপরে তোলা হয় তখন বস্তুটির সরণ অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে হয়। এখানে যে কাজটি করা হয় তা অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে।

m ভরের কোনো বস্তুকে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে h উচ্চতা তোলা হলে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কৃতকার্য হয়, W = প্রযুক্ত বল × সরণ = $mg \times h = mgh$।

চিত্র **5.6** বলের বিরুদ্ধে কার্য

কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করলে যদি বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণ বলের ক্রিয়ার বিপরীত দিকে হয়, তাহলে বলা হয় বলের বিরুদ্ধে কার্য করা হয়েছে।

অনেক সময় বল প্রয়োগ করার ফলে বস্তুর সামগ্রিক সরণ হয় না। কিন্তু তার ভিতরকার ছোটো ছোটো অংশের স্থান পরিবর্তন হয়। ফলে প্রযুক্ত বল কাজ করে। যেমন—


চিত্র **5.7** স্প্রিং-কে হাত দিয়ে দুদিক দিয়ে টানা

(i) একটি স্প্রিং-কে দুদিক থেকে টান দিলে স্প্রিংটি সামগ্রিকভাবে স্থান পরিবর্তন করে না। কিন্তু স্প্রিংটির আকার ও আয়তনের পরিবর্তন ঘটে। অর্থাৎ, স্প্রিংটির ছোটো ছোটো অংশের সরণ হয়। ফলে এখানে বল কাজ করে। যদিও আপাত দৃষ্টিতে মনে হয় কোনো কাজ হয়নি।

(ii) একটি পাম্পারের পিস্টনটি সামনের দিকে টেনে রেখে পাম্পারের মুখে একটি বেলুন আটকাও। এবার পিস্টনটিকে ভিতর দিকে ঠেলো। দেখবে বেলুনটি ফুলে উঠেছে। কিন্তু পাম্পারটি একই জায়গায় রয়েছে। এখানে বল প্রয়োগের ফলে পাম্পারের সরণ না ঘটলেও পিস্টনটির সরণ হয়েছে। তাই এখানে বল কাজ করেছে। আবার পিস্টনের চাপে পাম্পারের ভিতরের বাতাস পাম্পারের মুখ দিয়ে বেরিয়ে এসে বেলুনটিকে ফুলিয়ে দেয়। ফলে বেলুনের আকার ও আয়তনের পরিবর্তন হয়েছে। তাই এখানেও বল প্রয়োগের ফলে কার্য হয়েছে।

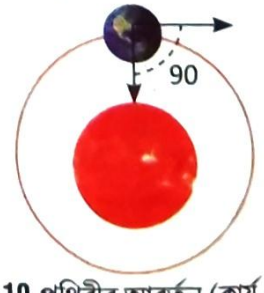
চিত্র **5.8** পাম্পার দিয়ে বেলুন ফোলানো

কখন বল কার্য করে না— ① বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণ না হলে কার্য হয় না। যেমন— স্রোতের বিরুদ্ধে সাঁতার কাটার সময় যদি কোনো লোক তীরের সাপেক্ষে না এগোয় তবে এক্ষেত্রে নদীর তীরের সাপেক্ষে লোকটির সরণ শূন্য হয়। সুতরাং, তীরের সাপেক্ষে লোকটির কৃতকার্য শূন্য। কৃতকার্য (W) = প্রযুক্ত বল (F) × সরণ (d) = $F \times 0 = 0$। ② বলের অভিমুখ ও সরণের অভিমুখ পরস্পর লম্ব হলে কার্য হয় না। যেমন— হাতে সুটকেস ধরে রেখে যদি সমতল রাস্তা দিয়ে হাঁটা যায় তবে এক্ষেত্রে অভিকর্ষ বলের দ্বারা কোনো কার্য হয় না। কারণ সুটকেসের সরণের (d) দিক অভিকর্ষ বলের দিকের সঙ্গে 90° কোণ করে থাকে। সরণের অভিমুখে বলের উপাংশ = 0। সুতরাং, কৃতকার্য $W = 0 \times d = 0$।

চিত্র **5.9** সুটকেস বহন (কার্য = 0)

কার্যহীন বলঃ *যে বল বস্তুর গতির অভিমুখে লম্বভাবে ক্রিয়া করায় কোনো কার্য করে না, সেই বলকে কার্যহীন বল বলে।*

সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর আবর্তনকালে পৃথিবীর উপর ক্রিয়াশীল সূর্যের মহাকর্ষ বল বা অভিকেন্দ্র বলের অভিমুখ এবং পৃথিবীর সরণের অভিমুখ পরস্পরের অভিলম্ব হয়। তাই এক্ষেত্রে অভিকেন্দ্র বল কোনো কার্য করে না। কাজেই সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর আবর্তনের ফলে কোনো কার্য হয় না।



চিত্র **5.10** পৃথিবীর আবর্তন (কার্য = 0)

গাণিতিক উদাহরণ

① **এক ব্যক্তি 60N বল প্রয়োগ করে একটি রোলারকে ঠেলে 30 m দূরত্বে সরাল। ভূমির সঙ্গে রোলারের হাতলটি 60° কোণ করে থাকলে কৃতকার্যের মান কত হবে?**

▶ আমরা জানি, $W = F s\cos\theta$

এখানে, $F = 10$ N, $s = 3$m, $\theta = 60°$ ∴ কৃতকার্য $(W) = 10 \times 3 \times \cos 60° = 10 \times 3 \times \frac{1}{2} = 15$ J $[\because \cos 60° = \frac{1}{2}]$

② **একটি বস্তুর উপর 2 নিউটন বল প্রয়োগ করায় বস্তুটির সরণ হয় 50 সেমি। কৃতকার্যের পরিমাণ কত?**

▶ কৃতকার্য $(W) = F \times d$ এখানে, $W = ?$ $F =$ প্রযুক্ত বল $= 2$ নিউটন; $d =$ সরণ $= 50$ সেমি $= \frac{50}{100}$ মিটার $= \frac{1}{2}$ মিটার।

∴ কৃতকার্য $= \left(2 \times \frac{1}{2}\right)$ নিউটন $= 1$ জুল।

③ **100 গ্রাম ভরের একটি বস্তুকে ভূপৃষ্ঠ থেকে 2 মিটার ওপরে তুলতে অভিকর্ষজ বলের বিরুদ্ধে কী পরিমাণ কার্য করতে হবে?**

▶ কৃতকার্য $(W) = mgh$; এখানে $m =$ বস্তুর ভর $= 100$ গ্রাম, $g =$ অভিকর্ষজ ত্বরণ $= 981$ সেমি/সে^{2},

$h =$ উচ্চতা $= 2$ মিটার $= 200$ সেমি। ∴ অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কৃতকার্য $= (100 \times 981 \times 200)$ আর্গ $= 1962 \times 10^4$ আর্গ।

④ **50 গ্রাম ভরের একটি বস্তুকে ভূপৃষ্ঠ থেকে 1 মিটার উঁচুতে তুলে স্থির অবস্থায় রাখা হল। এবার বস্তুটিকে ভূপৃষ্ঠে ফেলে দিলে বলের দ্বারা কী পরিমাণ কার্য সম্পন্ন হবে?**

▶ কৃতকার্য = বল × সরণ $= mg \times h$, এখানে $m =$ বস্তুর ভর $= 50$ গ্রাম, $g =$ অভিকর্ষজ ত্বরণ $= 981$ সেমি/সে^{2}

$h =$ উচ্চতা $= 1$ মিটার $= 100$ সেমি। এক্ষেত্রে অভিকর্ষ বল কর্তৃক কৃতকার্য $= (50 \times 981 \times 100)$ আর্গ $= 4905 \times 10^3$ আর্গ।

⑤ **একটি বস্তুকে বল প্রয়োগ করে 100 সেমি সরাতে 400 আর্গ কার্য করা হল। প্রযুক্ত বলের পরিমাণ কত?**

▶ আমরা জানি, $W = F \times d$ এখানে, $W =$ কৃতকার্য $= 400$ আর্গ, $F =$ প্রযুক্ত বল $= ?$ $d =$ সরণ $= 100$ সেমি

∴ $400 = F \times 100$ বা, $F = \frac{400}{100} = 4$ ∴ প্রযুক্ত বল $= 4$ ডাইন।

5.2 ক্ষমতা (Power)

কোনো যন্ত্র বা ব্যক্তি যখন কাজ করে তখন তার কাজটি শেষ হতে কিছুটা সময় লাগে।

মনে করো, একটি যন্ত্র 30 সেকেন্ডে 600 আর্গ কাজ করে। তাহলে যন্ত্রটি সেকেন্ডে $\frac{600}{30}$ বা 20 আর্গ কাজ করে। তখন যন্ত্রটির ক্ষমতা হয় সেকেন্ডে 20 আর্গ।

ক্ষমতার সংজ্ঞা : ***কার্য করার হারকে ক্ষমতা বলে।***

কোনো বল একক সময়ে যে পরিমাণ কার্য করে, তাই হল ক্ষমতার পরিমাপ। ক্ষমতা একটি স্কেলার রাশি,

$$\text{ক্ষমতা} = \frac{\text{কৃতকার্য}}{\text{সময়}}; P = \frac{w}{t}$$

ক্ষমতা কার্যের মোট পরিমাণের উপর নির্ভর করে না, কত সময় ধরে ওই কার্য করা হল তার উপর নির্ভর করে। এই কার্য কম সময়ে করলে কার্য করার হার বাড়ে, ফলে ক্ষমতা বেশি হয়। যেমন—এক ব্যক্তি 10 সেকেন্ডে 500 আর্গ কার্য করে। একটি যন্ত্র 5 সেকেন্ডে 500 আর্গ কার্য করে। এক্ষেত্রে লোকটির ক্ষমতা = (500/10) = 50 আর্গ/সেকেন্ড এবং যন্ত্রের ক্ষমতা = (500/5) = 100 আর্গ/সেকেন্ড। দুইক্ষেত্রেই একই পরিমাণ কার্য হলেও যন্ত্রের ক্ষমতা বেশি।

ক্ষমতার একক (Units of power) :

① **ক্ষমতার পরম একক:** **(a) CGS** পদ্ধতিতে ক্ষমতার পরম একক আর্গ/সেকেন্ড। ***এক সেকেন্ড সময়ে এক আর্গ কার্য করার ক্ষমতাকে এক আর্গ/সেকেন্ড বলে।*** **(b) SI** পদ্ধতিতে ক্ষমতার পরম একক হল ওয়াট। ***এক সেকেন্ড সময়ে এক জুল কার্য করার ক্ষমতাকে এক ওয়াট বলে।***

ক্ষমতার ব্যবহারিক একক হল ওয়াট (watt)। 1 ওয়াট $= \frac{1 \text{ জুল}}{1 \text{ সেকেন্ড}} = 10^7$ আর্গ/সেকেন্ড।

হর্স পাওয়ার (HP) : *এক সেকেন্ডে 550 ফুট-পাউন্ড কার্য করার ক্ষমতাকে এক হর্স পাওয়ার বা এক অশ্বশক্তি বলে।* 1 HP = 550 ফুট-পাউন্ড/সেকেন্ড = 746 ওয়াট।

② **ক্ষমতার অভিকর্ষীয় একক :** (a) **CGS পদ্ধতিতে ক্ষমতার অভিকর্ষীয় একক গ্রাম-সেমি/সেকেন্ড।** *এক গ্রাম ভরের কোনো বস্তুকে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে 1 সেকেন্ডে 1 সেমি ওপরে তুলতে যে ক্ষমতার প্রয়োজন হয় তাকে 1 গ্রাম-সেমি/সেকেন্ড বলে।*

(b) **SI পদ্ধতিতে ক্ষমতার অভিকর্ষীয় একক কিগ্রা-মিটার/সেকেন্ড।** *এক কিগ্রা ভরের কোনো বস্তুকে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে 1 সেকেন্ডে 1 মিটার ওপরে তুলতে যে ক্ষমতার প্রয়োজন হয় তাকে 1 কিগ্রা-মিটার/সেকেন্ড বলে।*

গাণিতিক উদাহরণ

① **প্রতি মিনিটে একটি ইঞ্জিন 1500 কিগ্রা জল 20 মিটার ওপরে তোলে। ইঞ্জিনটির ক্ষমতা নির্ণয় করো।**

▶ জলের ভর (m) = 1500 কিগ্রা, উচ্চতা (h) = 20 মিটার, সময় (t) = 1 মিনিট = 60 সেকেন্ড।

ইঞ্জিনটি কর্তৃক কৃতকার্য (W) = mgh = 1500 × 9.8 × 20 জুল

∴ ইঞ্জিনটির ক্ষমতা (P) = $\frac{W}{t} = \frac{1500 \times 9.8 \times 20}{60}$ = 4900 জুল/সেকেন্ড = 4900 ওয়াট।

② **একটি বৈদ্যুতিক বাল্বের গায়ে 60 ওয়াট লেখা আছে। বাল্বটি যদি 1 মিনিট জ্বলে তাহলে বাল্বটি কী পরিমাণ কাজ করবে?**

▶ বাল্বটির ক্ষমতা = 60 ওয়াট

আমরা জানি, $P = \frac{W}{t}$ বা, $W = Pt$; এখানে W = কৃতকার্য = ?, P = ক্ষমতা = 60 ওয়াট, t = সময় = 1 মিনিট = 60 সেকেন্ড

∴ কৃতকার্য = (60 × 60) জুল = 3600 জুল। ∴ বাল্বটি 1 মিনিটে 3600 জুল কাজ করবে।

③ **50 কিগ্রা ভরবিশিষ্ট এক ব্যক্তি 75টি সিঁড়ির ধাপ হেঁটে 25 সেকেন্ডে তিন তলায় উঠল। প্রতিটি ধাপের উচ্চতা 12 সেমি হলে ব্যক্তির ক্ষমতা কত হবে? প্রদত্ত $g = 10\ ms^{-2}$**

▶ ব্যক্তির ওজন = mg = 50 × 10 N = 500 N, সিঁড়ির উচ্চতা $h = \frac{75 \times 12}{100}$ m = 9 m

কৃতকার্য W = 50 × 9.8 × 9 J = 4410 J ∴ ক্ষমতা $P = \frac{W}{t} = \frac{4410}{25}\ Js^{-1}$ = 176.4 W।

5.3 শক্তি (Energy)

একটি স্বাস্থ্যবান ও শক্তসমর্থ ছেলেকে একটি ভারী ব্যাগ নিয়ে সিঁড়ি দিয়ে তিনতলায় উঠতে বলা হল। দেখবে ছেলেটি সহজেই ব্যাগটি নিয়ে তিনতলায় উঠে গেল। এবার একটি দুর্বল ছেলেকে ওই একই ব্যাগ নিয়ে তিনতলায় উঠতে বলা হল। এখন দেখা যাবে ছেলেটির উঠতে কষ্ট হচ্ছে। এরকম হওয়ার কারণ কী?

তুমি নিশ্চয় বলবে যে, দুর্বল ছেলেটির চেয়ে শক্তসমর্থ ছেলেটির শক্তি বেশি। তাই তার কাজ করার সামর্থ্যও বেশি।

তুমি অনেকক্ষণ না খেয়ে থাকলে, তোমার কাজ করার সামর্থ্য কমে যায়। আবার তুমি যখন খাবার খাও তখন কাজ করার সামর্থ্য ফিরে পাও। খাবার থেকে আমরা শক্তি পাই। আর এই শক্তিই আমাদের কাজ করার সামর্থ্য জোগায়।

শক্তির সংজ্ঞা : *কার্য করার সামর্থ্যকে শক্তি বলে।*

শক্তির কয়েকটি ব্যবহারিক প্রয়োগ : ① ইলেকট্রিক বাল্ব জ্বালাতে তড়িৎশক্তি, ② ধাতুবিদ্যায় তাপশক্তি, ③ বর্তমানে খাদ্য প্রস্তুতি ও বিভিন্ন ক্ষেত্রে সৌরশক্তি, ④ পালতোলা নৌকা চালাতে বায়ুশক্তি, ⑤ জলবিদ্যুৎ উৎপাদনের জন্য স্রোতের গতিশক্তি ব্যবহৃত হয়, ইত্যাদি।

কোনো বস্তু মোট যে পরিমাণ কার্য করতে পারে তা দিয়ে বস্তুটির শক্তির পরিমাপ করা হয়। বস্তুত শক্তি এবং কার্য একই ধরনের রাশি। **শক্তির পরিমাণ = কৃতকার্য = প্রযুক্ত বল × বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণ। কার্যের মতো শক্তি একটি স্কেলার রাশি।**

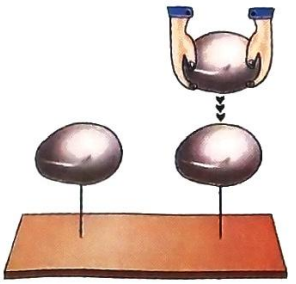
শক্তির একক ঃ সিজিএস (CGS) পদ্ধতিতে শক্তির পরম একক **আর্গ**। এস আই (SI) পদ্ধতিতে শক্তির পরম একক **নিউটন-মিটার** বা **জুল**।

প্রকৃতিতে শক্তি প্রধানত আটটি রূপে প্রকাশিত হয়। যথা— 1. যান্ত্রিক শক্তি, 2. তাপশক্তি, 3. আলোক শক্তি, 4. শব্দ শক্তি, 5. চৌম্বক শক্তি, 6. তড়িৎ শক্তি, 7. রাসায়নিক শক্তি এবং 8. পারমাণবিক শক্তি।

● **যান্ত্রিক শক্তি ঃ** *কোনো বস্তুর যান্ত্রিক কার্য করার সামর্থ্যকে তার যান্ত্রিক শক্তি বলে*। যান্ত্রিক শক্তিকে দু-ভাগে ভাগ করা যায়—**1.** স্থিতিশক্তি এবং **2.** গতিশক্তি।

1. স্থিতিশক্তি ঃ (i) একটি পেরেককে মাটিতে অল্প পুঁতে রাখো। এবার একটি ভারী পাথরকে তার মাথায় ধরো। কী দেখলে? পেরেকটি কী মাটিতে ঢুকে গেল? এবার পাথরটিকে কিছুটা উপরে তুলে পেরেকের মাথার উপর ছেড়ে দাও। এখন কী দেখলে? পেরেকটি কী মাটিতে ঢুকে গেল? পাথরটি যখন পেরেকের মাথায় ধরা হয় তখন পেরেকটি মাটিতে ঢুকে যায় না। যখন পাথরটিকে একটু উপরে তুলে পেরেকের মাথার উপর ছেড়ে দেওয়া হয় তখন পেরেকটি মাটির বাধা অতিক্রম করে কিছুটা ভিতরে ঢুকে যায়। পাথরটি উপরে তোলাতে পাথরটিতে কিছু কার্য করার সামর্থ্য জন্মায় বলে এটা সম্ভব হয়। (ii) একটি রবার ব্যান্ড নিয়ে সেটির এক প্রান্ত বাম হাতের একটি আঙুলে ঢোকাও। এবার অন্য প্রান্ত ডান হাত দিয়ে টেনে ধরে ছেড়ে দাও। দেখবে যে, রবার ব্যান্ডটি ছিটকে দূরে চলে গেছে। রবার ব্যান্ডটিকে টেনে ধরায় ওর আকৃতির পরিবর্তন ঘটে এবং ওর কাজ করার সামর্থ্য জন্মায়। ফলে রবার ব্যান্ডটি দূরে ছিটকে যায়।

ওপরের পরীক্ষাগুলি থেকে দেখা গেল যে, কোনো বস্তুর স্বাভাবিক অবস্থানের বা আকৃতি পরিবর্তনের ফলে বস্তুটিতে একটি কাজ করার সামর্থ্য জন্মায়। কাজ করার এই সামর্থ্যকে বলে **স্থিতিশক্তি**।



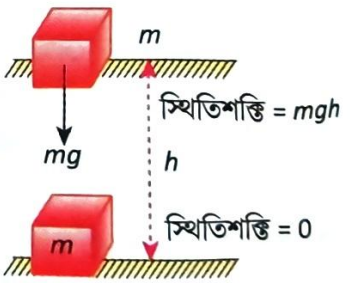
চিত্র **5.11** পাথরে সঞ্চিত শক্তি পেরেকের ওপর কার্য করছে

চিত্র **5.12** রবার ব্যান্ডের মধ্যে স্থিতি শক্তি সঞ্চিত হয়েছে

কোনো বস্তু তার স্বাভাবিক অবস্থান বা আকৃতির পরিবর্তনের জন্য কার্য করার যে সামর্থ্য লাভ করে তাকে বস্তুটির স্থিতিশক্তি বলে। এই স্থিতিশক্তি আবার দু-প্রকার—① **অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি** এবং ② **স্থিতিস্থাপক স্থিতিশক্তি**।

① **অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি ঃ** ***কোনো বস্তু তার স্বাভাবিক অবস্থানের পরিবর্তনের জন্য কার্য করার যে সামর্থ্য লাভ করে তাকে বস্তুটির অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি বলে।***

সাধারণত পৃথিবীপৃষ্ঠে সব বস্তুর অবস্থান স্বাভাবিক হিসেবে ধরা হয়। অর্থাৎ, ভূপৃষ্ঠে সব বস্তুর স্থিতিশক্তি শূন্য ধরা হয়। ভূপৃষ্ঠের ওপরে তুললে বস্তুর স্থিতিশক্তির মান বাড়ে বা ধনাত্মক হয়। আবার ভূপৃষ্ঠের নীচে (খনিতে) নিলে বস্তুর স্থিতিশক্তির মান কমে বা ঋণাত্মক হয়।



চিত্র **5.13** অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি

● **অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তির পরিমাপ ঃ** স্বাভাবিক অবস্থান বা আকৃতি থেকে পরিবর্তিত অবস্থান বা আকৃতিতে যেতে কোনো বস্তু যে পরিমাণ কার্য করে, তাই ওই বস্তুর স্থিতিশক্তির পরিমাপ।

ধরা যাক, m ভরের কোনো বস্তুকে ভূপৃষ্ঠ থেকে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে h উচ্চতায় তোলা হল।

এখন অভিকর্ষজ ত্বরণ = g হলে, বস্তুটির ওপর ক্রিয়াশীল বল = বস্তুর ওজন = mg।

$\therefore$ বস্তুটির স্থিতিশক্তি = বস্তুটিকে h উচ্চতায় নিয়ে যেতে কৃতকার্য = বল × সরণ = বস্তুর ওজন × সরণ = mgh।

অর্থাৎ, কোনো বস্তুর স্থিতিশক্তি (E_p) = বস্তুর ভর × অভিকর্ষজ ত্বরণ × উচ্চতা = mgh।

উদাহরণ ঃ বাঁধের উঁচু জলাধারে সঞ্চিত জল তার স্বাভাবিক অবস্থানের পরিবর্তনের জন্য স্থিতিশক্তি লাভ করে। ওই জলকে নীচে প্রবাহিত করলে তা কার্য করতে সক্ষম হয় এবং এর সাহায্যে টারবাইন ঘুরিয়ে জলবিদ্যুৎ সৃষ্টি করা হয়।

② **স্থিতিস্থাপক স্থিতিশক্তির উদাহরণ ঃ** স্বাভাবিক আকারে ধনুক থাকলে তা থেকে তির ছোড়া যায় না। বাঁকানো অবস্থায় আনলে ওর মধ্যে স্থিতিশক্তি সঞ্চিত হয়। ফলে ধনুকটি কার্য করতে সক্ষম হয় এবং ধনুক থেকে তির ছোড়া যায়।

2. গতিশক্তি ঃ

Activity

খোলা মাঠে মাটিতে একটি ফুটবল বসাও। এবার বলের কাছে দাঁড়িয়ে থেকেই বলটিতে জোরে লাথি মারো। এবার বলটিকে আবার ঠিক আগের জায়গায় বসাও। এবার দূর থেকে জোরে ছুটে এসে বলটিতে লাথি মারো। কী দেখবে?

প্রথম ক্ষেত্রে বলটি কিছুটা দূরে গিয়ে পড়েছে। কিন্তু দ্বিতীয়বার বলটি আগের থেকে অনেক বেশি দূরে গিয়ে পড়েছে। অর্থাৎ, দুই ক্ষেত্রেই কাজ হয়েছে, কিন্তু দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বেশি কাজ হয়েছে। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে তুমি জোরে দৌড়ে এসেছ, অর্থাৎ দ্বিতীয় ক্ষেত্রে তুমি গতিশীল ছিলে। আর সেইজন্যই দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বেশি কাজ হয়েছে।

চিত্র **5.14** দৌড়ে আসার ফলে গতিশক্তি

ওপরের পরীক্ষাটি থেকে বোঝা যায় গতির জন্য গতিশীল বস্তু কাজ করার সামর্থ্য বা শক্তি লাভ করে। এই শক্তিকে গতিশক্তি বলে।

কোনো গতিশীল বস্তু তার গতির জন্য কার্য করার যে সামর্থ্য বা শক্তি লাভ করে তাকে ওই বস্তুর গতিশক্তি বলে।

● **গতিশক্তির পরিমাপ ঃ** বাইরে থেকে বল প্রয়োগ করে কোনো গতিশীল বস্তুকে থামালে বস্তুটি স্থির অবস্থায় আসার আগে পর্যন্ত ওই বলের বিরুদ্ধে মোট যে পরিমাণ কার্য করে তাই হল বস্তুটির গতিশক্তির পরিমাপ।

কোনো বস্তুর ভর 'm' এবং বেগ 'v' হলে বস্তুর গতিশক্তি $(E_k) = \frac{1}{2}mv^2$

অর্থাৎ, বস্তুর গতিশক্তির পরিমাণ $= \frac{1}{2} \times$ ভর $\times$ (বেগ)^2

● **গতিশক্তির উদাহরণ ঃ** ধরো, নদীর জল বয়ে চলেছে। এই স্রোতে একটি নৌকা ভাসিয়ে দিলে নৌকাটি স্রোতের দিকে ভেসে যাবে। ওই দিকে বাতাসের বেগকে পালে লাগালে নৌকা আরও দ্রুত চলবে।

● **ভরবেগ ও গতিশক্তির মধ্যে সম্পর্ক ঃ** গতিশক্তি $(E_k) = \frac{1}{2}mv^2$

বা, $2E_k = mv^2$ বা, $2mE_k = (mv)^2$ [উভয়পক্ষে 'm' দিয়ে গুণ করে]

বা, $p^2 = 2mE_k$ বা, $p = \sqrt{2mE_k}$ [p = ভরবেগ]

■ স্থিতিশক্তি এবং গতিশক্তির পারস্পরিক রূপান্তর ঃ

স্থিতিশক্তির গতিশক্তিতে রূপান্তর	গতিশক্তির স্থিতিশক্তিতে রূপান্তর
ঘড়িতে দম দিলে ঘড়ির স্প্রিংটি গুটিয়ে সংকুচিত হয়। স্বাভাবিক আকারে ফিরে আসার সময় স্প্রিংটি ঘড়ির কাঁটাকে ঘোরায়। এখানে গোটানো স্প্রিং-এর স্থিতিশক্তি ঘড়ির কাঁটার ও অন্যান্য সচল অংশের গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।	একটি বস্তুকে একটা বেগ দিয়ে ওপরের দিকে ছুড়ে দিলে বস্তুর গতিশক্তি ধীরে ধীরে কমতে থাকে, স্থিতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। সর্বোচ্চ অবস্থানে তার সমস্ত শক্তি স্থিতিশক্তি। প্রসঙ্গত এই অবস্থায় বস্তুটির বেগ শূন্য হলেও বস্তুটির উপর অভিকর্ষজ ত্বরণ কাজ করায় বস্তুটি আবার ভূপৃষ্ঠে নেমে আসে।

চিত্র **5.15** বায়ুপ্রবাহের ফলে নৌকার গতি

শক্তির নিত্যতা সূত্র : *শক্তি অবিনশ্বর, শক্তির সৃষ্টি বা বিনাশ নেই। শক্তিকে কেবল মাত্র একরূপ থেকে অন্যরূপে পরিবর্তিত করা যায়। বিশ্বব্রহ্মাণ্ডে মোট শক্তির পরিমাণ ধ্রুবক।*

যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা : *কোনো বস্তুর যান্ত্রিক শক্তি (স্থিতিশক্তি + গতিশক্তি) সর্বদা স্থির থাকে।*

● **অবাধে পতনশীল বস্তুর যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতার প্রমাণ :** অবাধে পতনশীল বস্তুর যে-কোনো অবস্থানে বস্তুটির মোট যান্ত্রিক শক্তি (স্থিতিশক্তি + গতিশক্তি) সর্বদা স্থির থাকে। অবাধে পতনশীল অবস্থায় বস্তুটির স্থিতিশক্তি কমতে থাকে এবং গতিশক্তি বাড়তে থাকে। কিন্তু যে-কোনো অবস্থায় স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির যোগফল সর্বদা স্থির থাকে।

① ধরা যাক, m ভরের একটি বস্তুকে ভূপৃষ্ঠ থেকে h উচ্চতায় A বিন্দুতে তোলা হল এবং স্থির অবস্থায় রাখা হল। A বিন্দুতে থাকাকালীন বস্তুর সমস্ত শক্তিই স্থিতিশক্তি (mgh)। ওই অবস্থানে বস্তুটি বেগহীন অবস্থায় আছে, তাই বস্তুটির বেগ (v) = 0। সুতরাং, A বিন্দুতে বস্তুটির গতিশক্তি

$= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot 0^2 = 0$

$\therefore$ A বিন্দুতে বস্তুটির মোট যান্ত্রিক শক্তি $= mgh + 0 = mgh$।

② ধরা যাক, বস্তুটি A বিন্দু থেকে d দূরত্ব পড়ে B বিন্দুতে এল। B বিন্দুতে বস্তুটিতে স্থিতিশক্তি এবং গতিশক্তি উভয়ই থাকবে। কারণ বস্তুটি এখনও ভূপৃষ্ঠ থেকে কিছুটা ওপরে আছে এবং ওর কিছুটা বেগ উৎপন্ন হয়েছে।

B বিন্দুতে বস্তুটির স্থিতিশক্তি $= mg(h-d) = mgh - mgd$।

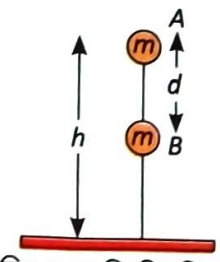
B বিন্দুতে বস্তুটির বেগ v হলে B বিন্দুতে বস্তুটির গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mv^2$।

এখন বস্তুটির প্রারম্ভিক বেগ $u = 0$; $a = g$ এবং $s = d$

কাজেই $v^2 = u^2 + 2as$ সূত্র থেকে লেখা যায়, $v^2 = 0^2 + 2gd = 2gd$

$\therefore$ B বিন্দুতে বস্তুটির গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\cdot 2gd = mgd$

$\therefore$ B বিন্দুতে মোট যান্ত্রিক শক্তি $= mgh - mgd + mgd = mgh = A$ বিন্দুতে বস্তুর মোট স্থিতিশক্তি।



চিত্র **5.16** স্থিতিশক্তির পরিমাপ

③ ভূমি স্পর্শ করার মুহূর্তে ভূপৃষ্ঠ থেকে বস্তুটির উচ্চতা = 0

সুতরাং, ওই সময় বস্তুটিতে স্থিতিশক্তি $= mgh = mg \times 0 = 0$

বস্তুটিতে গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\cdot m \times 2gh = mgh$ [$v^2 = u^2 + 2as$ সূত্র থেকে]

$\therefore$ ভূপৃষ্ঠ স্পর্শ করার মুহূর্তে মোট যান্ত্রিক শক্তি $= 0 + mgh = mgh$

সুতরাং, এটি প্রমাণ করে যে, অভিকর্ষ বলের প্রভাবে অবাধে পতনশীল বস্তুর স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির যোগফল সর্বদা স্থির থাকে।

মসৃণ নততল বরাবর গতিশীল বস্তুর যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতার প্রমাণ : একটি বস্তুকে একটি মসৃণ নততলের ওপরে উঠিয়ে স্থির অবস্থায় রাখলে বস্তুটিতে কেবল স্থিতিশক্তি সঞ্চিত থাকে কোনো গতিশক্তি থাকে না। বস্তুটিকে নততল বরাবর পিছলে পড়তে দিলে বস্তুটির বেগ ক্রমশ বাড়তে থাকে এবং ভূপৃষ্ঠ থেকে উচ্চতা কমতে থাকে। ফলে বস্তুটির গতিশক্তি বাড়তে থাকে এবং স্থিতিশক্তি কমতে থাকে। কিন্তু যে-কোনো অবস্থানে বস্তুটির স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির মোট পরিমাণ সর্বদা একই থাকে।

গাণিতিক উদাহরণ

(1) 1 মিনিটে 20 নিউটন বল প্রয়োগ করে একটি বস্তুকে বলের অভিমুখে 6 মিটার সরানো হল। কৃতকার্যের পরিমাণ কত এবং ক্ষমতা কত?

▶ আমরা জানি, $W = F \times d$ এখানে, W = কৃতকার্য = ? F = প্রযুক্ত বল = 20 নিউটন এবং d = সরণ = 6 মিটার।

∴ কৃতকার্য = (20 × 6) জুল = 120 জুল। ক্ষমতা = $\frac{W}{t} = \frac{120}{1 \times 60}$ ওয়াট = 2 ওয়াট। [সময় = 1 মিনিট = (1 × 60) সেকেন্ড]

(2) 10 গ্রাম ভরের একটি বস্তুকে ভূপৃষ্ঠ থেকে 1 মিটার ওপরে তুলতে কী পরিমাণ কার্য করতে হবে? বস্তুতে কী পরিমাণ শক্তি সঞ্চিত হয়?

▶ কৃতকার্য = স্থিতিশক্তি = mgh। এখানে m = 10 গ্রাম, g = 981 সেমি/সে^{2}, h = 1 মিটার = 100 সেমি।

∴ কৃতকার্য = (10 × 981 × 100) আর্গ = 981000 আর্গ। ∴ বস্তুতে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ হয় 981000 আর্গ।

(3) 60 কিগ্রা ভরের এক ব্যক্তি 10 কিগ্রা ভরের একটি বোঝা 2 মিনিটে 10 মিটার ওপরে তুলল। ওই ব্যক্তি কী পরিমাণ কার্য করল? ব্যক্তিটির ক্ষমতা কত? [g = 9.8 মিটার/সে^{2}]

▶ ব্যক্তি কর্তৃক কৃতকার্য = mgh = (60 + 10) × 9.8 × 10 = 6860 জুল। ব্যক্তির ক্ষমতা = $\frac{\text{কৃতকার্য}}{\text{সময়}} = \frac{6860}{2 \times 60}$ = 57.17 ওয়াট (প্রায়)

(4) একটি হালকা ও একটি ভারী বস্তুর ভর যথাক্রমে m ও M। বস্তু দুটির ভরবেগ সমান হলে কোন্‌টির গতিশক্তি বেশি হবে?

▶ হালকা ও ভারী বস্তুর ভর যথাক্রমে m ও M। ধরি, বস্তু দুটির ভরবেগ = p

হালকা বস্তুর গতিশক্তি (E_1) = $\frac{p^2}{2m}$ ... (i) এবং ভারী বস্তুর গতিশক্তি (E_2) = $\frac{p^2}{2M}$ ... (ii)

∴ $E_1 : E_2 = \frac{p^2}{2m} : \frac{p^2}{2M} = M : m$ যেহেতু, $M > m$ ∴ $E_1 > E_2$ অর্থাৎ হালকা বস্তুর গতিশক্তি বেশি।

(5) 500 ওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন একটি বৈদ্যুতিক ইস্ত্রি দিয়ে তুমি 2 ঘণ্টা ধরে জামা কাপড় ইস্ত্রি করলে। এতে কী পরিমাণ তড়িৎশক্তি ব্যয় হবে?

▶ ক্ষমতা = $\frac{\text{কৃতকার্য}}{\text{সময়}}$ ∴ কৃতকার্য = ক্ষমতা × সময় = 500 ওয়াট × 2 ঘণ্টা = 500 × 2 × 60 × 60 জুল = 3.6 × 10^6 জুল।

সুতরাং, 2 ঘণ্টা ধরে জামা কাপড় ইস্ত্রি করলে 3.6 × 10^6 জুল শক্তি ব্যয় হবে।

(6) 100 পাউন্ড ভরের একটি বস্তুকে একটি ক্রেনের সাহায্যে 5 মিনিটে 300 ফুট উচ্চতায় তোলা হল। ক্রেনটির ক্ষমতা হর্সপাওয়ার এককে কত হবে?

▶ কৃতকার্য = (100 × 300) ফুট-পাউন্ড = 30000 ফুট-পাউন্ড

∴ ক্ষমতা = $\frac{\text{কৃতকার্য}}{\text{সময়}} = \frac{30000}{5 \times 60}$ = 100 ফুট-পাউন্ড সেকেন্ড$^{-1}$ = $\frac{100}{550}$ HP = 0.18 HP

(7) 50 গ্রাম ভরের একটি বুলেট 200 m/s বেগে একটি বন্দুক থেকে নির্গত হল। নির্গত বুলেটটির গতিশক্তির মান নির্ণয় করো।

▶ বুলেটের ভর m = 50 g = $\frac{50}{1000}$ kg = $\frac{1}{20}$ kg; বুলেটটির গতিশক্তি = $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{20} \times 200 \times 200$ = 1000 J

(8) 60 kmh^{-1} বেগে গতিশীল 1500 kg ভরের একটি গাড়িকে থামাতে কত কার্য করতে হবে?

▶ কৃতকার্য = বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তন = $\frac{1}{2}mv^2 - 0 = \frac{1}{2}mv^2$

গাড়ির বেগ v = $\frac{60 \times 1000}{3600} = \frac{50}{3}$ ms^{-1} ∴ গাড়িটি থামাতে কৃতকার্য = $\frac{1}{2} \times 1500 \times \left(\frac{50}{3}\right)^2$ = 208333.3 J

অনুশীলনী

1 সঠিক উত্তরটি নির্বাচন করো (MCQ) : [প্রতিটি প্রশ্নের মান-1]

1. SI পদ্ধতিতে কার্যের পরম একক

(a) জুল (b) আর্গ
(c) গ্রাম-সেন্টিমিটার (d) ওয়াট

2. 1 জুলের মান

(a) 10^9 আর্গ (b) 10^5 আর্গ
(c) 10^7 আর্গ (d) 10^{10} আর্গ

3. বলের বিরুদ্ধে কার্যের উদাহরণ হল

(a) সিড়ি দিয়ে উপরে ওঠা (b) সিড়ি দিয়ে নীচে নামা
(c) সমতল ভূমিতে হাঁটা
(d) কোনো বস্তুকে উপর থেকে নীচে ফেলে দেওয়া

4. কোনো বস্তুকে ভূপৃষ্ঠ থেকে উঁচু স্থানে নিয়ে গেলে ওর স্থিতিশক্তি

(a) কমে (b) বাড়ে (c) একই থাকে (d) কোনোটিই নয়

5. SI পদ্ধতিতে শক্তির একক

(a) জুল (b) আর্গ (c) ওয়াট (d) নিউটন

6. *m* ভরবিশিষ্ট কোনো বস্তুর গতিশক্তি *E* ও ভরবেগ *p* হলে

(a) $p = \sqrt{2mE}$ (b) $p = \sqrt{3mE}$ (c) $p = \sqrt{mE}$ (d) $p = \sqrt{\frac{2m}{E}}$

2 শূন্যস্থান পূরণ করো ঃ

[প্রতিটি প্রশ্নের মান-1]

1. কার্য করার হারকে _____ বলে। 2. ক্ষমতার ব্যবহারিক একক _____ । 3. স্থিতিশক্তি = ভর × _____ × উচ্চতা। 4. CGS পদ্ধতিতে ক্ষমতার পরম একক _____ । 5. কার্য করার সামর্থ্যকে _____ বলে। 6. স্থির ভরের কোনো বস্তুর _____ বাড়লে গতিশক্তি বাড়ে।

3 সত্য না মিথ্যা লেখো ঃ

[প্রতিটি প্রশ্নের মান-1]

1. CGS পদ্ধতিতে কার্যের একক আর্গ। 2. 1 HP = 746 watt। 3. ভূপৃষ্ঠ থেকে কোনো বস্তুকে ওপরের দিকে ছুড়ে দিলে সর্বোচ্চ অবস্থানে গতিশক্তি শূন্য হয়। 4. এক ব্যক্তি সুটকেস হাতে নিয়ে অনুভূমিক রাস্তায় হাঁটলে ওর কার্য শূন্য হয়। 5. ক্ষমতার ব্যবহারিক একক ওয়াট। 6. মহাবিশ্বের মোট যান্ত্রিক শক্তির পরিমাণ সংরক্ষিত।

4 অতি-সংক্ষিপ্ত উত্তরধর্মী প্রশ্নাবলি ঃ

[প্রতিটি প্রশ্নের মান-1]

1. কার্য কী ধরনের রাশি? 2. প্রযুক্ত বলের অভিমুখ এবং বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণের অভিমুখ পরস্পর লম্ব হলে কৃতকার্যের পরিমাণ কত হয়? 3. CGS পদ্ধতিতে কার্যের পরম একক কী? 4. কার্যের ব্যবহারিক একক কী? 5. কার্য করার হারকে কী বলে? 6. ক্ষমতার ব্যবহারিক একক কী? 7. কোনো বস্তুর কার্য করার সামর্থ্যকে কী বলে? 8. শক্তি কী ধরনের রাশি? 9. স্থিতিশক্তি পরিমাপের সূত্র কী? 10. গতিশক্তি পরিমাপের সূত্র কী? 11. বলের প্রয়োগ বিন্দুর সরণ না হলেও কি কার্য সম্পাদিত হওয়া সম্ভব?

12. বামস্তম্ভের সঙ্গে ডানস্তম্ভ মেলাও ঃ

বামস্তম্ভ	ডানস্তম্ভ
(a) 1 অশ্বক্ষমতা	(i) জুল সেকেন্ড$^{-1}$
(b) SI পদ্ধতিতে কার্যের পরম একক	(ii) 10^7 আর্গ
(c) 1 জুল	(iii) জুল
(d) ক্ষমতার একক হল	(iv) 746 ওয়াট

5 সংক্ষিপ্ত উত্তরধর্মী প্রশ্নাবলি ঃ

[প্রতিটি প্রশ্নের মান-2]

1. কার্য কাকে বলে? 2. কার্য পরিমাপ করা হয় কীভাবে? 3. CGS পদ্ধতিতে কার্যের পরম এককের সংজ্ঞা লেখো। 4. SI পদ্ধতিতে কার্যের পরম এককের সংজ্ঞা লেখো। 5. 1 গ্রাম-সেমি বলতে কী বোঝো? 6. SI পদ্ধতিতে কার্যের অভিকর্ষীয় এককের সংজ্ঞা দাও। 7. ক্ষমতা কাকে বলে? 8. ওয়াটের সংজ্ঞা দাও। 9. কার্যহীন বল কাকে বলে? 10. একটি কার্যহীন বলের উদাহরণ দাও। 11. এক ব্যক্তি নদীর স্রোতের বিরুদ্ধে সাঁতার কাটছে, কিন্তু তীরের সাপেক্ষে স্থির রয়েছে। এখানে কার্য হয়েছে কি না বুঝিয়ে বলো। 12. জুল ও আর্গের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করো। 13. ক্ষমতা কাকে বলে? 14. কার্য ও ক্ষমতার সম্পর্ক লেখো। 15. অশ্বক্ষমতা কাকে বলে? 16. শক্তি কাকে বলে? শক্তি কীভাবে পরিমাপ করা হয়? 17. অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি পরিমাপ করা হয় কীভাবে? 18. স্থিতিস্থাপক স্থিতিশক্তির একটি উদাহরণ দাও। 19. স্থিতিশক্তির গতিশক্তিতে রূপান্তরের একটি উদাহরণ দাও। 20. গতিশক্তির স্থিতিশক্তিতে রূপান্তরের একটি উদাহরণ দাও। 21. বস্তুতে বল প্রয়োগ হলেও কী কী অবস্থায় কার্য হয় না?

6 ব্যাখ্যামূলক সংক্ষিপ্ত উত্তরধর্মী প্রশ্নাবলি ঃ

[প্রতিটি প্রশ্নের মান-3]

1. প্রমাণ করো যে, অবাধে পতনশীল বস্তুর যান্ত্রিক শক্তি সর্বদা স্থির থাকে। 2. একটি বস্তুর ওপর 4 নিউটন বল প্রয়োগ করায় বস্তুটির সরণ হয় 25 সেন্টিমিটার। কৃতকার্যের পরিমাণ কত? **[Ans. 1 J]** 3. 60 ওয়াট ক্ষমতাসম্পন্ন একটি যন্ত্র 1 মিনিটে কী পরিমাণ কার্য করে? **[Ans. 3600 J]** 4. 100 গ্রাম ভরের একটি বস্তুকে ভূপৃষ্ঠ থেকে 1 মিটার ওপরে তুলে স্থির অবস্থায় রাখা হল। বস্তুটিতে স্থিতিশক্তির পরিমাণ কত? **[Ans. 0.98 J]** 5. একটি 100 ওয়াট বাল্‌ব 30 মিনিট ধরে জ্বললে কী পরিমাণ কার্য করবে? **[Ans. 180000 J]**