فصل هفتم

کار و توان

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ کار را تعریف کند.

۲ــ واحد کار در سیستم SI را شرح دهد.

۳ــ توان را تعریف کند.

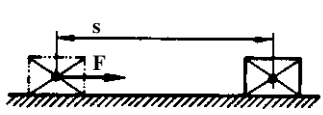
۴ــ واحد توان را شرح دهد.

۵ــ ضریب بهره را تعریف کند.

۷ــ کار و توان

۱ــ۷ــ کار

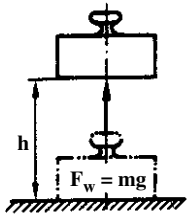
برای بلند کردن بوته ریخته‌گری و یا کشیدن یک چهارچرخه و رندیدن تخته‌های چوب لازم است کار انجام گیرد. برای انجام این فعالیت، باید نیرویی (مانند نیروی وزن بوته، نیروی مقاوم چرخ یا نیروی مقاومت چوب) در یک مسافت جابه‌جا شود. در اینجا یک کار مکانیکی انجام می‌شود و مدت زمان انجام کار نقشی در آن ندارد (شکل ۱ــ۷).



کار می‌تواند همچنین در یک الکتروموتور و یا ماشین حرارتی انجام پذیرد. در این‌صورت، صحبت از کار الکتریکی و یا کار ترمودینامیکی خواهد بود.

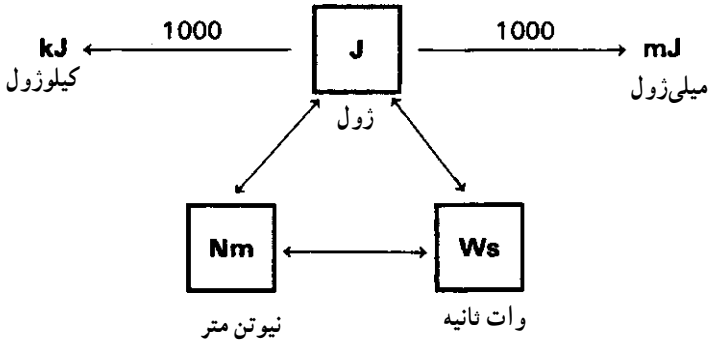
$W = F \times s$ | کار در راستای افق = نیرو × طول مسیر

$W = F_W \times h = mgh$ | کار در راستای قائم = نیروی وزن × ارتفاع



شکل ۱ــ۷

۱ــ۱ــ۷ــ واحد کار در سیستم SI: واحد کار در سیستم SI ژول است و آن عبارت است از تغییر مکان نیروی یک نیوتنی به اندازه یک متر. واحد کار الکتریکی، وات ثانیه است که با ژول برابر است. در شکل ۲ــ۷ واحدهای کار، اجزا و اضعاف آن نشان داده شده است.



شکل ۲ــ۷ ــ اجزا و اضعاف ژول

۲ــ۷ــ توان

در مواردی که صحبت از انجام یک کار در زمان معینی است، صحبت توان به میان می‌آید. هرچه زمان انجام کار کوتاه‌تر باشد، به همان نسبت توان بیشتر خواهد بود (شکل ۳ــ۷).

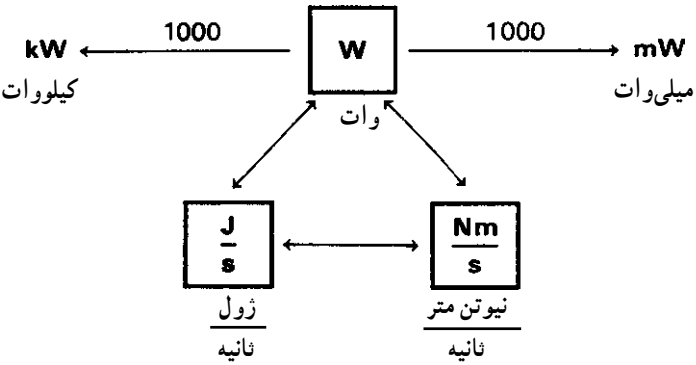
شکل ۳ــ۷ــ توان

$$\text{توان} = \frac{\text{کار}}{\text{زمان}} = \frac{\text{تغییر مکان} \times \text{نیرو}}{\text{زمان}} = \text{نیرو} \times \text{سرعت}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \times s}{t} = F \times v$$

$$P = \frac{F_W \times h}{t} = \frac{mgh}{t}$$

۱ــ۲ــ۷ــ واحد توان: واحد توان در سیستم SI، وات است و آن عبارت است از یک ژول کار انجام شده در یک ثانیه. شکل ۴ــ۷ واحد توان، اجزا و اضعاف آن را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۷ــ اجزا و اضعاف وات

۳ــ۷ــ ضریب بهره

در وسایل انتقال حرکت و یا ماشین‌های مبدل انرژی مقداری از توان گرفته شده صرف برطرف کردن عواملی مانند اصطکاک، مقاومت الکتریکی شده و یا بخشی از آن تبدیل به حرارت می‌شود، و بقیهٔ آن به‌صورت توان گرفته شده یا توان مفید ظاهر می‌شود. نسبت توان گرفته شده به توان داده شده را ضریب بهره، راندمان یا بازده گویند.

$$\text{ضریب بهره} = \frac{\text{توان گرفته شده}}{\text{توان داده شده}} \qquad \eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{{}^{1}P_e}{P_i}$$

مثال: الکتروموتوری باری به وزن ۲۲/۵ کیلو نیوتن را در مدت ۴۵ ثانیه به ارتفاع ۸ متری می‌رساند، مطلوب است محاسبه :

الف) کار انجام شده برحسب کیلوژول　　ب) توان گرفته شده موتور

ج) توان داده شده به موتور اگر ضریب بهره ۰/۸ باشد.

حلّ:

الف) $W = F_W \times h = ۲۲۵۰۰N \times ۸m = ۱۸۰۰۰۰Nm = ۱۸۰kj$

ب) $P_{ab} = \frac{W}{t} = \frac{۱۸۰kj}{۴۵s} = ۴\frac{kj}{s}$

ج) $P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{۴kj}{s \times ۰/۸} = ۵\frac{kj}{s}$

۱ــ P_{ab} = توان گرفته شده　　P_{zu} = توان داده شده

P_e = توان مفید　　P_i = توان اولیه

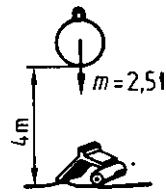
تمرین‌ها

۱ــ یک کوکیل از جنس فولاد ریختگی دارای طول ۵۲۰ میلیمتر، پهنای ۴۶۰ میلیمتر و ارتفاع ۱۲۸۰ میلیمتر است. برای بلند کردن آن تا ارتفاع ۳/۲۵ متر چه مقدار کار مکانیکی برحسب ژول مورد نیاز است؟

$$\rho = ۷/۸ \frac{kg}{dm^۳}$$

$$g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$$

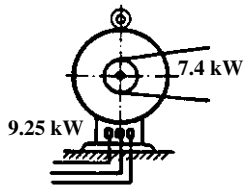
۲ــ برای خرد کردن قراضه‌های ریخته‌گری، وزنه کروی شکل، مطابق شکل ۵ــ۷ را ۶ مرتبه روی آن‌ها رها می‌کنیم. کار انجام شده برحسب کیلوژول چقدر است؟



شکل ۵ــ۷

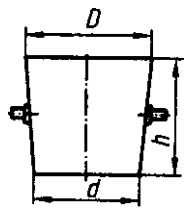
$$g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$$

۳ــ ضریب بهره الکتروموتور در شکل ۶ــ۷ را به‌دست آورید.



شکل ۶ــ۷

۴ــ جرم پاتیل شکل ۷ــ۷، ۱/۲ تن است. قطر بزرگ داخلی بوته ۹۰۰ میلیمتر و قطر کوچک داخلی آن ۸۰۰ میلیمتر و ارتفاع آن ۹۶۰ میلیمتر است. $\frac{۵}{۶}$ حجم آن با مذاب چدن با جرم مخصوص $۶۵۰۰ kg/m^۳$ پر شده است. یک جرثقیل کارگاهی آن را در زمان ۲۶ ثانیه به ارتفاع ۵/۲ متری می‌رساند. اگر ضریب بهره جرثقیل ۰/۷۲ باشد، توان مفید و توان داده شدهٔ آن چند کیلووات است؟



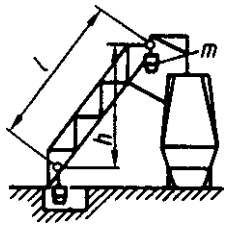
شکل ۷ــ۷

$$g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$$

۵ــ جرثقیل مایل کوره بلند شکل ۸ــ۷ دارای مشخصاتی به شرح زیر است :

$$\eta = ۰/۷ \quad ، m = ۲/۸t \quad ، l:h = ۹:۷ \quad ، l = ۴۵m \ ، \quad g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$$

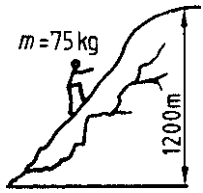
این بالابر در زمان ۲۴ ثانیه به‌طور همزمان ۶ واگن را به مدخل کوره می‌رساند مطلوب است محاسبه :



شکل ۸ــ۷

الف) توان مفید بالابر برحسب kW

ب) توان داده شده بالابر برحسب kW



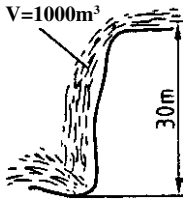
شکل ۹ــ۷

۶ــ با توجه به شکل ۹ــ۷ مطلوب است محاسبه :

الف) برای صعود به کوه چقدر کار مورد نیاز است؟

ب) اگر صعود در مدت زمان ۳ ساعت انجام پذیرد توان مصرفی چند وات است؟

$$g = ۹/۸ \frac{m}{s^۲}$$



شکل ۱۰ــ۷

۷ــ چه توانی برحسب کیلووات از نیروی آب در شکل ۱۰ــ۷ در مدت یک دقیقه حاصل می‌شود.

$$\rho_{آب} = ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$$

$$g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$$