

Kankor Widget

ابزار کانکور

جدیدترین تکنالوژی آموزشی در سطح کشور

کار ، انرژی ، طاقت





فهرست مطالب

1	کار، انرژی، طاقت
1	مقدمه
1	کار (Work)
3	واحدها کار
4	(Joule) ژول (1)
4	(Erg) ارگ (2)
5	(Kilo joule) کیلوژول (3)
5	پوندقوه - فوت (pound-foot)
6	سوالات
7	کار چندین قوه یا کار محصله
10	کار قوه وزن یا کار در جهت عمود
11	کار قوه اصطکاک
12	کاری که به وسیله فنر بالای کتله انجام می شود
14	کاری که به وسیله گاز با فشار ثابت بالای پستون اجرا می شود
16	قوه های تحفظی و غیر تحفظی
16	قوه های تحفظی (Conservative forces)
17	قوه های غیر تحفظی (None conservative forces)
18	انرژی (Energy)

- 18 (Kinetic Energy) انرژی حرکتی
- 19 کار و انرژی حرکتی
- 22 انرژی پتانسیلی
- 23 کار و انرژی پتانسیلی
- 25 قانون تحفظ انرژی (Conservation of Energy)
- 26 انرژی میخانیکی (Mechanical Energy)
- 26 قانون تحفظ انرژی میخانیکی (Conservation of Mechanical Energy)
- 29 کار اجرا شده توسط قوه‌های غیرتحفظی
- 31 توان یا طاقت (Power)
- 31 توان متوسط
- 32 توان لحظوی
- 32 واحداث توان
- 33 وات (Watt)
- 33 اِرك بر ثانيه (Erg/second)
- 33 كيلووات (Kilo Watt)
- 34 هارس پاور (Horse power)
- 35 بازده یا مؤثریت (Efficiency)
- 36 معلومات اضافی
- 37 انرژی برقی (Electric Energy)

37 انرژی کیمیاوی (Chemical Energy)

41 انرژی داخلی یا درونی

42 انرژی نورانی

47 مأخذ

کار، انرژی، طاقت

اهدا کننده: ابزار کانکور

منبع: کتابخانه درخت دانش

جواز / دارنده حق چاپ: دامنه عمومی / CC0

کار، انرژی، طاقت

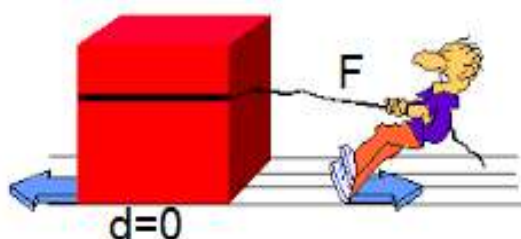
مقدمه

با کلمه انرژی همه آشنا هستیم و آن را به حیث عامل کار معرفی می‌کنیم. این به معنای آن است که وقتی می‌گوییم «ان قدر خسته‌ام که حوصله انجام هیچ کاری را ندارم»، منظور ما آنست که انرژی لازم را برای انجام کاری نداریم. هنگامی که می‌گوییم «سرحال و با نشاطم» می‌توانم خوب درس بخوانم»، منظور ما آن است که انرژی کافی برای درس خواندن داریم.

انسان برای ادامه‌ی حیات به انرژی نیازمند است و این انرژی را از طبیعت به دست می‌آورد. ممکن است انرژی موجود در طبیعت را نتوان مستقیماً مورد استفاده و بهره‌برداری قرار داد. همان‌گونه که نفت، آهن، مس و یا دیگر مواد موجود در یک معدن به صورتی نیست که مستقیماً مورد استفاده انسان قرارگیرد و باید که آن را استخراج کرد تا بتوان از آن استفاده کرد، انرژی موجود در طبیعت را نیز باید به صورتی درآورد که بتوان از آن استفاده کرد. مثلاً باد، دارای انرژی است. ام‌امستقیماً نمی‌توان انرژی باد را مورد استفاده قرار داد و یا انرژی موجود در امواج دریا نمی‌تواند مستقیماً مورد استفاده قرارگیرد و حتی ممکن است به جای سازنده‌گی، مخرب هم باشد. اما انسان می‌تواند انرژی موجود در باد ها و یا امواج را تحت کنترول در آورد و آن را در جهت مفید مورد استفاده قرار دهد. این کار را انسان با علم و فن اوری خود انجام می‌دهد. یکی از بنیادی‌ترین دانش‌های بشری که در این راه انسان را بسیار کمک کرده و می‌کند، علم فزیک است

کار (Work)

زمانی که یک قوه بالای یک جسم عمل می‌کند و آن را به فاصله یا ارتفاع انتقال بدهد، گفته می‌شود کار اجرا شده است، یعنی کار زمانی اجرا می‌شود که قوه وارده باعث تغییر مکان جسم شود. در صورتی که قوه وارد بالای جسمی نتواند باعث تغییر مکان آن شود، از نگاه فزیک کار اجرا نشده است. مثلاً تپله کردن یک دیوار با جودی که یک شخص در تپله نمودن دیوار خسته می‌شود، اما چون دیوار را تغییر مکان نداده است، از نگاه فزیک هیچ کاری انجام نشده است. قسمی که در تصویر (۱) دیده می‌شود، شخصی با وجود زحمت زیاد، نمی‌تواند که جسم را به حرکت در آورد، شخص قوه وارده نموده اما جسم را تغییر مکان نداده است که در این صورت از نگاه فزیک شخص مذکور هیچ نوع کاری را انجام نداده است.

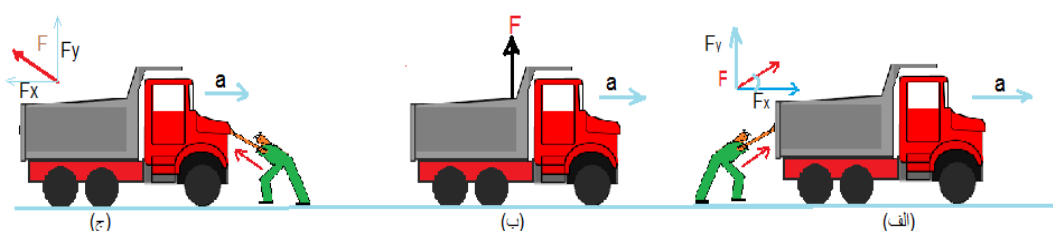


تصویر (۱) نشان می‌دهد با وجود عمل قوه بالای جسم کار اجرانمی‌شود

کاری که بالای یک جسم اجرا می‌شود، مستقیماً متناسب به قوه است، یعنی به هر اندازه که قوه بزرگتر وارد کنیم، به همان اندازه کاری بیشتری انجام داده ایم. برعکس به هر اندازه که قوه کوچکتری وارد کنیم، کاری کمتر انجام داده ایم. وقتی یک جسم را توسط یک قوه تغییر مکان می‌دهیم، به هر اندازه که جسم را به فاصله دورتر انتقال بدهیم، کار زیاد تری انجام داده ایم و در صورتی که جسم را به فاصله کوتاه تر انتقال داده باشیم، کار کمتری انجام داده ایم، یعنی کار اجرا شده با فاصله انتقال جسم نیز رابطه مستقیم دارد. طوری که برای انتقال یک جسم به فاصله دورتر به کار بیشتر و برای انتقال جسم به فاصله کوتاه به کار کمتر ضرورت است. در نتیجه می‌توان گفت که کار، تنها با مقدار قوه و فاصله مرتبط بوده و به جهت قوه و حرکت هیچ رابطه ندارد. در این صورت کار یک کمیت سکالری می‌باشد.

از مباحث بالا می‌توان کار را طور ذیل تعریف نماییم:

(۱) کار عبارت از حاصل ضرب قوه در فاصله تغییر مکان جسم می‌باشد. تنها آن مرکبه قوه که در جهت تغییر مکان عمل می‌کند، باعث اجرا کار می‌شود و مرکبه‌های دیگر قوه که بالای تغییر مکان عمود اند، باعث تغییر مکان نمی‌شوند و کار اجرا شده توسط آن‌ها صفر می‌باشد. یک قوه، کار مثبتی انجام داده در صورتی که یکی از مرکبه‌های آن در جهت تغییر مکان باشد و کار اجرا شده توسط قوه منفی است، در صورتی که مرکبه قوه در جهت مخالف تغییر مکان باشد. یک قوه زمانی که هیچ مرکبه در جهت تغییر مکان نداشته باشد، کار اجرا شده توسط آن صفر می‌باشد. سه حالت مذکور در تصویر (۲) نشان داده شده است.



تصویر (۲) سه حالت، مختلف عمل قوه را بالای موتر نشان می‌دهد.

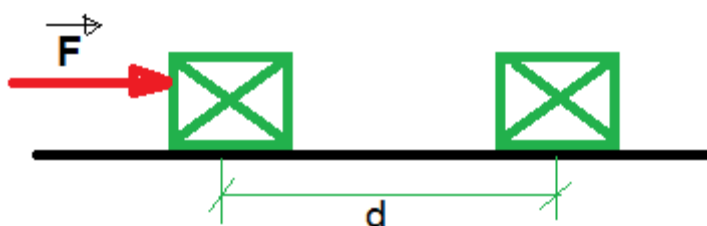
در تصویر فوق در حالت (الف)، قوه‌یی که شخص وارد می‌کند مرکبه افقی آن در جهت تغییر مکان موتر است، که در این صورت کار اجرا شده مثبت است. در حالت (ب)، قوه به طور عمودی وارد شده در حالی که موتر به شکل افقی در حرکت است، که در این صورت قوه بالای مسیر حرکت عمود می‌باشد، و هیچ نوع کاری را اجرا نمی‌کند یعنی کار اجرا شده توسط این قوه عمود صفر است. در حالت (ج) قوه که شخص وارد نموده در جهت مخالف حرکت است، بناً کار اجرا شده توسط شخص بالای موتر کار منفی است.

(۲) کار عبارت از انتقال انرژی به جسم و یا از جسم به بیرون در اثر عمل یک قوه می‌باشد، که اگر انرژی به جسم انتقال داده شده باشد، کار اجرا شده مثبت و اگر از جسم انتقال یافته باشد کار اجرا شده منفی می‌باشد. مثلاً یک شخص موتری را تیله می‌کند، چون انرژی شخص به موتر داده می‌شود، کار اجرا شده بالای موتر مثبت است و در مقابل انرژی از شخص بیرون می‌شود، کار اجرا شده بالای شخص منفی می‌باشد.

برای دریافت فرمول‌های کار، حالت‌های ذیل را در نظر می‌گیریم:

(۱) کاری که توسط قوه ثابت اجرا می‌شود

زمانی که یک قوه ثابت (F) بالای جسم همانند تصویر (۳) وارد شود و آن را به فاصله (d) تغییر مکان دهد، کار اجرا شده عبارت از حاصل ضرب قوه در فاصله تغییر مکان می‌باشد که در رابطه (۱) بیان شده است.



در تصویر (۳) دیده می‌شود که قوه باعث اجرا کار بالای جسم شده و آنرا تغییر مکان داده است.

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} \dots \dots \dots (1)$$

رابطه (۱) نشان می‌دهد که کار عبارت از ضرب نقطوی وکتور قوه و وکتور تغییر مکان می‌باشد. از وکتورها می‌دانیم که حاصل ضرب نقطوی همیشه یک کمیت سکالری می‌باشد. یعنی کار نیز کمیت سکالری است.

واحدهای کار

با استفاده از واحدهای قوه و فاصله می‌توان واحدهای کار را در دو حالت ذیل بیان داشت:

□ **واحدهای علمی کار:** جدول (۱) واحدهای علمی کار را با استفاده از واحدهای قوه و فاصله نشان می‌دهد.

نام واحدکار	واحد کار $W = \vec{F} \cdot \vec{d}$	فاصله	قوه	سیتم اندازه گیری
ژول (Joule)	$J = N \cdot m = Kg \cdot m^2 / s^2$	m	نیوتن (N)	MKS
ارک (Erg)	$erg = dyne \cdot cm = g \cdot cm^2 / s^2$	cm	داین (dyne)	CGS
کیلوژول (Kilo joule)	$Kj = st \cdot m = Ton \cdot m^2 / s^2$	m	ستن (St)	MTS
پوندفوت (pound-foot)	$lb_f \cdot ft = slug \cdot ft^2 / s^2$	ft	پوندفوت (lb_f)	FPS

جدول (۱) واحدهای علمی کار را نشان می دهد.

(۱) ژول (Joule)

ژول واحد کار در سیستم MKS می باشد و مقداری کاری است که قوه یک نیوتن یک جسم را به فاصله یک متر انتقال دهد. یا، زمانی که کتله یک کیلوگرام به شتاب یک متر بر مربع ثانیه به فاصله یک متر انتقال داده شود، گفته می شود یک ژول کار اجرا شده است. پس داریم:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} \rightarrow 1J = 1N \cdot 1m \rightarrow J = Kg \cdot m / s^2 \cdot m = Kg \cdot m^2 / s^2 \Rightarrow J = N \cdot m, J = Kg \cdot m^2 / s^2$$

(۲) ارک (Erg)

ارک واحد کار در سیستم CGS می باشد. ارک مقداری کاری است که قوه یک داین بالای یک جسم عمل نموده و آن را به فاصله یک سانتی متر انتقال دهد. یا، زمانی که کتله یک گرام به فاصله یک سانتی متر با شتاب یک سانتی متر بر ثانیه مربع انتقال داده شود، گفته می شود یک ارک کار اجرا شده است. که می توان نوشت:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} \rightarrow 1erg = 1dyne \cdot 1cm \rightarrow erg = g \cdot cm / s^2 \cdot cm = g \cdot cm^2 / s^2$$

$$\Rightarrow erg = dyne \cdot cm, erg = g \cdot cm^2 / s^2$$

۳) کیلوژول (Kilo joule)

مقداری کاریست که هرگاه قوه یک ستن بالای یک جسم وارد شود وان را به اندازه یک متر تغییر مکان دهد و یا هرگاه کتله یک تن با شتاب یک متر برثانیه مربع به فاصله یک متر انتقال داده شود، گفته می‌شود یک ژول کار اجرا شده است.

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} \rightarrow 1Kj = 1St \cdot 1m \rightarrow Kj = Ton \cdot \frac{m}{s^2} \cdot m = Ton \cdot \frac{m^2}{s^2} \Rightarrow Kj = St \cdot m, Kj = Ton \cdot \frac{m^2}{s^2}$$

- پوندقوه

فوت (pound-foot)

مقداری کاری است که در اثر وارد نمودن یک پوند قوه بالای یک جسم، آن را به فاصله یک فوت تغییر مکان دهد. یا، زمانی که کتله یک سلک با شتاب یک فوت برثانیه مربع به فاصله یک فوت انتقال داده شود، گفته می‌شود یک پوندقوه فوت کار اجرا شده است.

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} \rightarrow 1lb_f \cdot 1ft \rightarrow slug \cdot \frac{ft}{s^2} \cdot ft = slug \cdot \frac{ft^2}{s^2}$$

تبدیل واحدهای کار به یک دیگر

$$1) 1J = N \cdot m = 10^5 dyne \cdot 10^2 cm = 10^7 dyne \cdot cm \Rightarrow 1J = 10^7 erg \Rightarrow 1erg = 10^{-7} J$$

$$2) 1Kj = 1St \cdot m = 10^3 N \cdot m \Rightarrow 1Kj = 10^3 J \Rightarrow 1J = 10^{-3} Kj$$

$$3) 1Kj = 10^3 J = 10^3 \cdot 10^7 erg \Rightarrow 1Kj = 10^{10} erg \Rightarrow 1erg = 10^{-10} Kj$$

$$4) 1lb_f \cdot ft = 4.45N \cdot 0.3048m = 1.356N \cdot m \Rightarrow 1lb_f \cdot ft = 1.356J$$

$$5) 1.356J = 1lb_f \cdot ft / (1.356) \Rightarrow 1J = \frac{1}{1.356} lb_f \cdot ft \Rightarrow 1J = 0.7376 lb_f \cdot ft$$

۲) واحدهای عملی کار: جدول (۲) واحدهای عملی کار را نشان می‌دهد.

نام واحد کار	واحد کار $W = \vec{F} \cdot \vec{d}$	فاصله	قوه	سیتم اندازه گیری
کیلوگرام وزنه ضرب متر	$Kg^* \cdot m$	m	کیلوگرام وزنه	MKS
گرام وزنه ضرب متر	$g^* \cdot cm$	cm	گرام وزنه	CGS
طن وزنه ضرب متر	$Ton^* \cdot m$	m	طن وزنه	MTS
پوند قوه ضرب متر	$lb_f \cdot ft$	ft	پوند قوه	FPS

جدول (۲) واحداث عملی کار را نشان می‌دهد.

تبدیل این واحداث یک به دیگر ساده بوده، تنها به عوض واحداث عملی قوه، مقدار ان‌ها را ازجنس واحداث علمی قوه وضع می‌کنیم.

سوالات

مثال (۱): واحداث ذیل را یک به دیگر تبدیل نمایید؟

$$3) 781 lb_f \cdot ft = ? J$$

$$781 \cdot 1.356 J \Rightarrow 1059.3 J$$

$$1) 231 J = ? KJ$$

$$231 \cdot 10^{-3} KJ \Rightarrow 0.231 KJ$$

$$4) 0.358 lb_f \cdot f = ? erg$$

$$0.358 \cdot 1.356 J \Rightarrow 0.485 J \Rightarrow 0.485 \cdot 10^7 erg$$

$$2) 3780000 erg = ? J$$

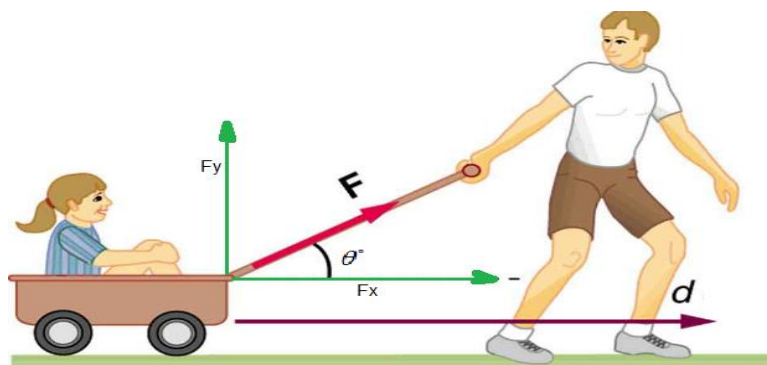
$$3780000 \cdot 10^{-7} J \Rightarrow 0.378 J$$

مثال (۲): شخصی قوه افقی 70N را بر جسمی وارد آورده و انرا به اندازه 10m بیجا می‌کند، شخص چی مقدار کار اجرا نموده است؟

$$\left. \begin{array}{l} F = 70N \\ d = 10m \\ W = ? \end{array} \right\} \quad W = F \cdot d = 70N \cdot 10m = 700N \cdot m \Rightarrow \boxed{W = 700J}$$

در صورتی که قوه بالای یک جسم تحت زاویه وارد شده باشد، تنها مرکبه قوه که در جهت تغییر مکان است باعث اجرا کار می‌شود و مرکبه که در جهت حرکت عمود است هیچ نوع کار را اجرا نمی‌کند. در تصویر (۴) دیده می‌شود که قوه تحت زاویه بالای جسم وارد شده که برای دریافت کار اجرا شده، قوه مذکور را اولاً به مرکبه‌های ان تبدیل می‌نماییم.

بعد از تبدیل قوه به مرکبه‌ها دیده می‌شود که مرکبه افقی در جهت تغییر مکان است، در حالی که مرکبه دیگر آن به جهت تغییر مکان عمود می‌باشد. در این صورت مرکبه‌یی که جسم را تغییر مکان داده و کار را اجرا نموده است مرکبه افقی می‌باشد که می‌توان برای کار فورمول (۲) را دریافت نمود.



در تصویر (۴) شخص قوه را تحت زاویه وارد نموده است.

در تصویر فوق دیده می‌شود که در جهت تغییر مکان تنها مرکبه افقی وجود دارد که باعث اجرای کار می‌شود. مرکبه عمودی قوه هیچ تاثیری بالای حرکت جسم نداشته و بناً کار اجرا شده توسط آن صفر است. برای دریافت کار اجرا شده در این حالت، داریم که:

$$W = F_x \cdot d = (F \cdot \cos \theta) \cdot d$$

$$\Rightarrow W = F \cdot d \cdot \cos \theta \dots \dots \dots (2)$$

از رابطه بالا نتیجه می‌شود. که کار علاوه به دو کمیت قوه و فاصله به زاویه عمل قوه نیز مرتبط است.

مثال (۳): قوه 10N را تحت زاویه 60° به جسمی وارد می‌کنیم، کار قوه مذکور را در فاصله 6m تغییر مکان حساب کنید؟

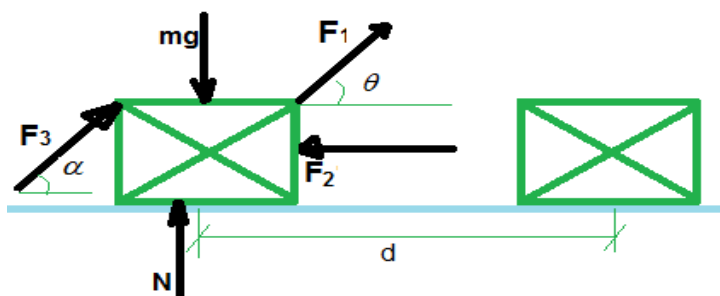
$$\left. \begin{array}{l} F = 10N \\ d = 6m \\ \theta = 60^\circ \\ W = ? \end{array} \right| \begin{array}{l} W = F \cdot d \cdot \cos \theta = 10N \cdot 6m \cdot \cos 60^\circ \\ W = 10N \cdot 6m \cdot \frac{1}{2} = 30N \cdot m \Rightarrow \boxed{W = 30J} \end{array}$$

حل:

کار چندین قوه یا کار محصله

هرگاه بالای یک جسم چندین قوه عمل نموده باشد، برای دریافت کار مجموعی، کار هر یک از قوه‌ها را به طور جدا گانه دریافت نموده، در آخر باهم جمع می‌کنیم، طوری که کار قوه‌های هم جهت حرکت مثبت و کار قوه‌های مخالف جهت

حرکت منفی می‌باشد. در تصویر (۵) مشاهده می‌کنیم که چندین قوه بالای جسم عمل نموده که برای دریافت کار محصله یا مجموعی کار هر یک از قوه‌ها را به طور جداگانه دریافت می‌کنیم. قوه اولی دارای دو مرکبه می‌باشد که تنها مرکبه افقی آن باعث اجرا کار می‌شود و چون مرکبه آن هم جهت تغییر مکان است، کار اجرا شده توسط آن مثبت است. کار قوه دومی، منفی است زیرا قوه مذکور در جهت مقابل تغییر مکان است. قوه سوم نیز دارای دو مرکبه می‌باشد که تنها مرکبه افقی آن باعث اجرا کار می‌شود که کار آن مثبت است. قوه وزن و قوه نارمل با جهت تغییر مکان عمود اند که در این صورت دو قوه مذکور هیچ نوع کار را اجرا نمی‌کنند.



تصویر (۵) نشان می‌دهد که چندین قوه بالای یک جسم باعث اجرا کار می‌شوند.

$$W_{net} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_{net} \quad (3)$$

رابطه (۳) فورمول عمومی برای کار اجرا شده توسط چندین قوه می‌باشد. طوری که برای دریافت کار مجموعی کار هر یک از قوه‌ها را دریافت نموده و باهم جمع می‌کنیم.

که برای تصویر فوق از رابطه اخیر استفاده نموده و داریم که:

$$W_{net} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_{net}$$

$$W_1 = F_{1x} \cdot d = F_1 \cdot d \cdot \cos \theta$$

$$W_2 = F_2 \cdot d = -F_2 \cdot d$$

$$W_3 = F_{3x} \cdot d = F_3 \cdot d \cdot \cos \alpha$$

$$W_N = N \cdot 0 = 0$$

$$W_{mg} = m \cdot g \cdot 0 = 0$$

$$W_{net} = W_1 + W_2 + W_3 + W_N + W_{mg}$$

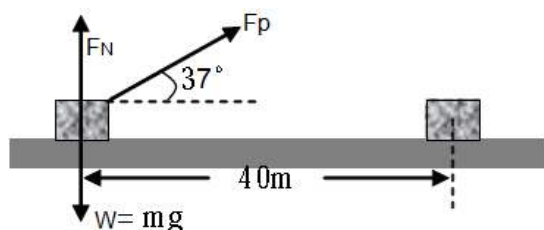
$$W_{net} = F_1 \cdot d \cdot \cos \theta - F_2 \cdot d + F_3 \cdot d \cdot \cos \alpha + 0 + 0$$

$$W_{net} = F_1 \cdot d \cdot \cos \theta - F_2 \cdot d + F_3 \cdot d \cdot \cos \alpha$$

مثال (۴): شخصی با قوه ثابت $F_p = 100N$ ، جسم $50Kg$ را به اندازه $40m$ بیجا می نماید. اگر زاویه وکتور قوه و وکتور تغییر موقعیت 37° و قوه اصطکاک $50N$ باشد.

(۱) کار هر کدام از قوه های راکه بالای جسم عمل می کنند، به دست آورید.

(۲) مجموع کار انجام شده بالای جسم را حساب کنید.



حل:

(۱) کار اجرا شده توسط قوه های وزن و نارمل صفر است، چون قوه های مذکور بالای وکتور تغییر مکان عمود اند.

$$W_g = F \cdot d = m \cdot g \cdot 0 = 0$$

$$W_N = F \cdot d = N \cdot 0 = 0$$

قوه F_p دارای دو مرکبه می باشد، اما تنها مرکبه افقی ان باعث اجرای کار می شود.

$$W_p = F_{p_x} \cdot d = F_p \cdot d \cdot \cos \theta = 100N \cdot 40m \cdot \cos 37^\circ$$

$$W_p = 100 \cdot 40 \cdot 0.8 \cdot N \cdot m \Rightarrow W_p = 3200J$$

کاری که توسط قوه اصطکاک اجرا می شود، مخالف حرکت بوده و یک کار منفی می باشد.

$$W_f = F_f \cdot d = -50N \cdot 40m \Rightarrow W_f = -2000J$$

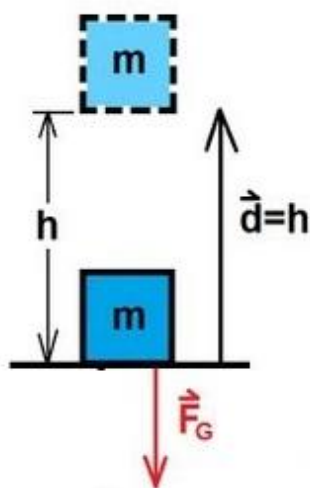
(۲) کار مجموعی انجام شده عبارت است از:

$$W_{net} = W_g + W_N + W_p + W_f$$

$$W_{net} = 0 + 0 + 3200J - 2000J \Rightarrow W_{net} = 1200J$$

کار قوه وزن یا کار در جهت عمود

زمانی که یک جسم را به یک ارتفاع بلند می‌کنیم، کاری را انجام داده ایم که مقدار کار اجرا شده مستقیماً متناسب به وزن جسم و ارتفاعی است که جسم را بلند نموده‌ایم. یعنی، به هر اندازه که جسم بزرگتر را به ارتفاع بلند تر انتقال دهیم، کاری بیشتری انجام داده ایم. کار قوه وزن را با استفاده از تصویر (۴) طور ذیل محاسبه می‌کنیم:



$$W = F_g \cdot d, \quad F_g = m \cdot g, \quad d = h$$

$$W = m \cdot g \cdot h \quad \dots\dots\dots(4)$$

رابطه (۴) کار قوه وزن را نشان می‌دهد. که کار مذکور به دو عامل بستگی دارد، یکی به کتله و دوم به ارتفاع که جسم را بلند نمودیم. یعنی هرگاه یک کتله بزرگ را به ارتفاع بلند انتقال دهیم، کار بیشتری انجام داده ایم.

تصویر (۴) کار قوه وزن را نشان می‌دهد.

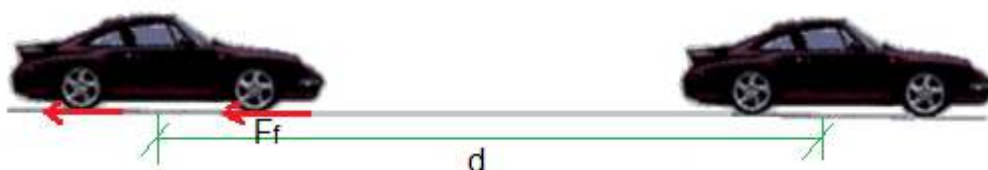
مثال (۵): جسمی با کتله 200Kg به ارتفاع 3m توسط یک ماشین انتقال داده شده است، مقدار کار اجرا

توسط ماشین را محاسبه نمایید؟

$$\left. \begin{array}{l} m = 200Kg \\ h = 3m \\ W = ? \\ g = 9.81 \frac{m}{s^2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} W = m \cdot g \cdot h = 200Kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 3m = 2 \cdot 981 \cdot 3 N \cdot m \\ \Rightarrow W = 5886J \end{array}$$

کار قوه اصطکاک

در بخش قوه یک نوع قوه‌یی که همیشه مخالف حرکت عمل می‌نمود و مانع حرکت جسم می‌شود را مطالعه نمودیم و آن را قوه اصطکاک نامیدیم و بیان داشتیم که اصطکاک دو نوع است یکی اصطکاک سکونی و دیگر آن اصطکاک حرکی. تا زمانی که جسم در حال سکون باشد هیچ نوع کار بالای آن اجرا نشده است، بنابر اصطکاک سکونی باعث اجرا کار نمی‌شود، تنها اصطکاک حرکی باعث اجرا کار می‌شود که آن هم منفی است، زیرا قوه اصطکاک همیشه مخالف جهت تغییر مکان می‌باشد. با استفاده از تصویر (۷) کار قوه اصطکاک را طور ذیل محاسبه می‌نماییم.



تصویر (۷) نشان می‌دهد که موتر به طرف راست در حرکت است، در حالی که قوه اصطکاک در جهت مخالف آن عمل می‌کند.

$$W = F \cdot d, \quad F_f = \mu \cdot N$$

$$W = F_f \cdot d \Rightarrow W_{ff} = \mu \cdot N \cdot d \quad \dots\dots\dots(5)$$

N قوه نارمل را نشان می‌دهد. در صورتی که جسم روی سطح افقی در حرکت باشد، قوه نارمل مساوی به وزن جسم می‌باشد.

مثال (۶): یک جسم با وزن 200N بر یک سطح افقی که ضریب اصطکاک آن 0.1 است، به شکل افقی 2m متر کش می‌گردد، مقدار کار قوه اصطکاک را بیابید؟

$$\left. \begin{array}{l} N = m \cdot g = 200N \\ \mu = 0.1 \\ d = 2m \\ W = ? \end{array} \right\}$$

$$\begin{aligned} W &= \mu \cdot N \cdot d = 0.1 \cdot 200N \cdot 2m \\ W &= 40N \cdot m \Rightarrow W = -40J \end{aligned}$$

مثال (۷): یک جسم که کتله آن 2Kg است، توسط یک قوه 30N در یک سطح افقی با ضریب اصطکاک 0.5 به مقدار 5m کش می‌گردد، در این صورت:

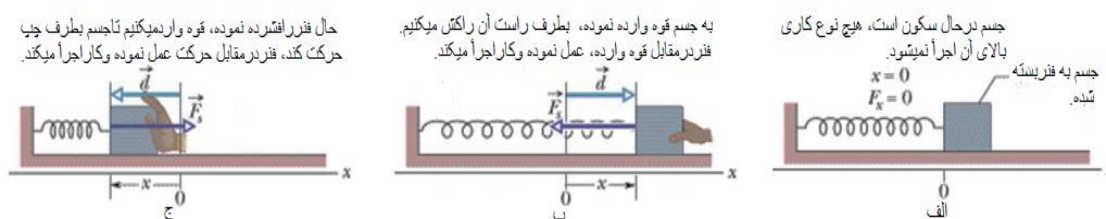
(۱) کار قوه اصطکاک را دریابید؟

(۲) کار مجموعی اجرا شده را محاسبه نمایید؟

$$\left. \begin{aligned} 1) W_f &= \mu \cdot N \cdot d \Rightarrow N = m \cdot g \Rightarrow W_f = \mu \cdot m \cdot g \cdot d & m &= 2Kg \\ W_f &= 0.5 \cdot 2Kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 5m \Rightarrow W_f = -49.05J & F &= 30N \\ & & \mu &= 0.5 \\ 2) W_{net} &= W_F + W_{ff} = F \cdot d + W_{ff} = 30N \cdot 5m - 49.05J & d &= 5m \\ W_{Net} &= 150J - 49.05J \Rightarrow W_{net} = 100.95 & W_{ff} &= ? \\ & & W_{net} &= ? \end{aligned} \right\}$$

کاری که به وسیله فنر بالای کتله انجام می‌شود

زمانی که یک جسم را به فنر بسته نماییم و توسط قوه دست فنر را همانند تصویر (۸) فشرده نموده و کار بالای آن انجام بدهیم، در هر لحظه فنر نیز مقابل قوه ما عمل نموده و قوه وارد می‌کند که این قوه نیز باعث اجرای کار شده که کار مذکور به نام کار قوه فنر یاد می‌شود. همین طور در صورتی که فنر را توسط یک قوه کش نماییم، باز هم فنر در مقابل قوه عمل نموده و قوه بی‌ایجاد می‌کند، که این قوه فنر باز هم در مقابل کار ما، کاری اجرا می‌کند. چون قوه همیشه در جهت مقابل قوه وارده و جهت حرکت جسم می‌باشد، بناً کار اجرا شده توسط، آن منفی می‌باشد. قبلاً قوه فنر را توسط رابطه هوک نشان داده بودیم، حال با استفاده از تصویر (۸) و قانون هوک کار قوه فنر را طور ذیل محاسبه می‌نماییم:



تصویر (۸) دو حالت را نشان می‌دهد، که فنر در مقابل حرکت جسم کار اجرا می‌کند.

قوه فنر را در بخش انواع قوه مطالعه نمودیم و دیده شد که قوه فنر به دو فکتور وابسته است، یکی طول کش شده فنر و

دیگر به نوعیت فنر و داشتیم که:

$$F_s = -k \cdot x \rightarrow$$

که در این رابطه k ثابت فنراست و به نوعیت فنر وابسته است، و x طول کش شده فنر است.

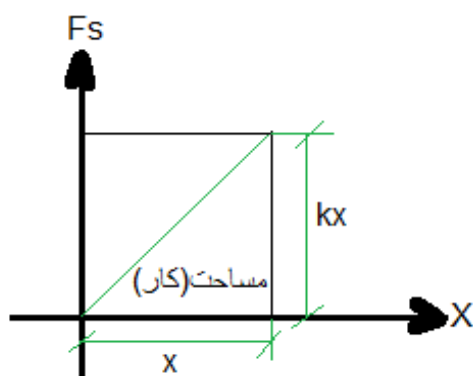
$$W_s = -\frac{1}{2}k \cdot x^2 \quad \dots\dots\dots(6)$$

کار قوه فنر از رابطه (۶) به دست می‌آید.

اثبات رابطه (۶)

برای اثبات رابطه مذکور دو طریق وجود دارد:

(۱) از رابطه قوه فنر می‌دانیم که گراف آن یک خط مستقیم است. طوری که همیشه مساحت تحت منحنی قوه و فاصله عبارت از مقدار کار اجرا شده می‌باشد، در این صورت با استفاده از گراف (۱) مساحت تحت گراف قوه و فاصله فنر که یک مثلث می‌باشد. عبارت از کار اجرا شده است.



$$A = \frac{1}{2} a \cdot b \Rightarrow W = \frac{1}{2} \cdot x \cdot kx$$

$$\Rightarrow \boxed{W = \frac{1}{2} k \cdot x^2}$$

گراف (۱)، گراف قوه فنر نظر به طول کش شده فنر می‌باشد.

(۲) با استفاده از انتیگرال نیز می‌توان کار قوه فنر را طور ذیل محاسبه نمود:

$$W = F \cdot d \Rightarrow \partial w = F_s \cdot \partial x = kx \cdot \partial x$$

$$\partial w = kx \cdot \partial x \Rightarrow \int_0^{w_s} \partial w = \int_0^x kx \cdot \partial x \Rightarrow W \Big|_0^{w_s} = k \frac{x^2}{2} \Big|_0^x$$

$$W_s - 0 = \frac{k}{2} (x^2 - 0) \Rightarrow \boxed{W_s = \frac{1}{2} k \cdot x^2}$$

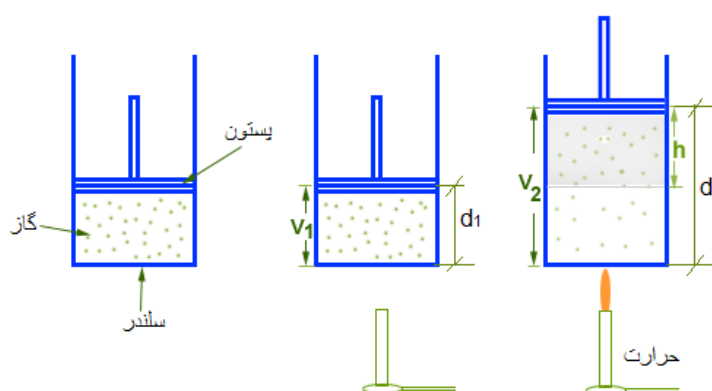
مثال (۸): ضریب ثابت فنر 405 N/m است، چه مقدار کار لازم است تا فنر را به اندازه 3 cm تغییر طول دهیم؟

$$\left. \begin{array}{l} k = 405 \text{ N/m} \\ x = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m} \\ W_s = ? \end{array} \right| \begin{array}{l} W_s = \frac{1}{2} k \cdot x^2 = \frac{1}{2} \cdot 405 \text{ N/m} \cdot (0.03 \text{ m})^2 \\ W_s = \frac{1}{2} \cdot 405 \text{ N/m} \cdot 9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow W_s = 0.182 \text{ J} \end{array} \quad \text{حل:}$$

یاد داشت: در صورتی که چندین فنر به شکل مسلسل یا موازی با هم وصل شده باشند، از قانون قوه فنر استفاده می‌کنیم و ثابت معادل را دریافته بعداً کار اجرا شده را محاسبه می‌کنیم. برای دریافت طریقه‌های ضریب معادل در یک سیستم ترکیب چند فنر به لکچرنوت انواع قوه‌ها مراجعه نمایید.

کاری که به وسیله گاز با فشار ثابت پستون اجرا می‌شود

یک مقدار گاز با فشار ثابت در داخل یک پستون سلندر قرار دارد، فشار گاز مذکور را ثابت نگه می‌داریم. هرگاه به گاز مذکور حرارت بدهیم، حجم گاز داخل سلندر انبساط نموده و پستون را به عقب به حرکت می‌آورد و باعث تغییر مکان آن می‌شود، که در این صورت گاز بالای پستون کار اجرا نموده است، به هر اندازه که درجه حرارت را بلند ببریم، به همان اندازه گاز بیشتر انبساط نموده و باعث کار بیشتری روی پستون می‌شود. می‌توان این موضوع را به طور واضح در تصویر (۹) مشاهده نمود. در تصویر دیده می‌شود، یک مقدار گاز با فشار ثابت در داخل سلندر قرار دارد. زمانی که منبع حرارت، درجه حرارت آنرا بلند می‌برد، حجم گاز انبساط نموده و پستون را به طرف بالا تغییر مکان داده و بالای آن کار اجرا می‌کند.



حجم قبل از حرارت V_1 می‌باشد. بعد از گرفتن حرارت گاز انبساط نموده و حجم آن به V_2 زیاد می‌شود که این انبساط باعث اجرای کار بالای پستون شده است. در تصویر حجم انبساط شده به رنگ تیره نشان داده شده است.

تصویر (۹)، کار اجرا شد توسط گاز بالای پستون را نشان می‌دهد.

کار اجرا شده توسط گاز بالای پستون از رابطه (۷) به دست می‌آید:

$$W = P \cdot \Delta v \quad \dots\dots\dots(7)$$

که این رابطه نشان می‌دهد کار اجرا شده توسط گاز بالای پستون به فشار و مقدار حجم زیاد شده گاز رابطه مستقیم دارد.

اثبات رابطه (۷)

با استفاده از فورمول فشار، در رابطه عمومی کار قیمت قوه را از جنس فشار وضع می‌کنیم و از قوانین هندسه می‌دانیم که حاصل ضرب مساحت قاعده یک استوانه در ارتفاع آن حجم استوانه را به دست می‌دهد.

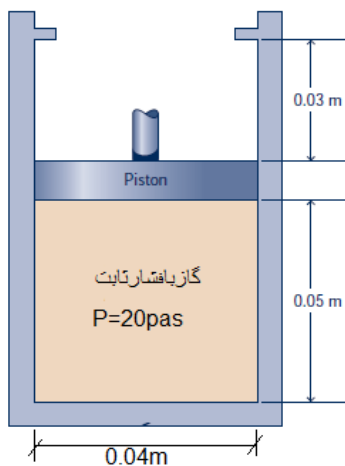
$$W = F \cdot d, \quad P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = P \cdot A, \quad d = h = d_2 - d_1$$

$$W = P \cdot A \cdot (d_2 - d_1) = P(Ad_2 - Ad_1) = P(v_2 - v_1)$$

$$\Rightarrow \boxed{W = P \cdot \Delta v}$$

مثال (۹): مطابق به تصویر ذیل، گاز کاری را بالای پستون انجام می‌دهد، گاز انبساط می‌کند و پستون به بلند ترین نقطه سلندر می‌رسد، مقدار کار را محاسبه نمایید؟

حل:



$$\left. \begin{aligned} P &= 20 \text{ pas} \\ h &= 0.03 \\ d &= 0.04 \text{ m} \\ r &= \frac{d}{2} = 0.02 \text{ m} \\ W &= ? \end{aligned} \right\}$$

$$W = P \cdot \Delta v, \quad \Delta v = A \cdot h, \quad A = \pi \cdot r^2$$

$$W = P \cdot A \cdot h = P \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h = 20 \text{ pas} \cdot 3.14 \cdot (0.02 \text{ m})^2 \cdot 0.03 \text{ m}$$

$$W = 20 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 3.14 \cdot 0.02^2 \text{ m}^2 \cdot 0.03 \text{ m} \Rightarrow W = 7.54 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

$$\Rightarrow \boxed{W = 0.754 \text{ mJ}}$$

قوه‌های تحفظی و غیر تحفظی

قوه‌ها نظر به کاری که اجرا می‌کنند به دو دسته تقسیم می‌شوند:

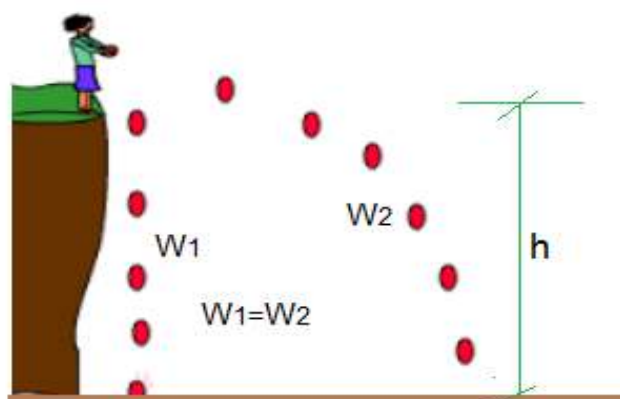
(۱) قوه‌های تحفظی (Conservative forces)

(۲) قوه‌های غیر تحفظی (None conservative forces)

قوه‌های تحفظی (Conservative forces)

عبارت از قوه‌هایی اند که کار اجرا شده توسط آن‌ها وابسته به میسر نبوده و تنها به موقعیت اولی و نهایی جسم مرتبط است، مانند قوه وزن، قوه فنر و غیره. در بخش محاسبه کار این قوه‌ها دیدیم که کار اجرا شده توسط آن‌ها هیچ ارتباطی به مسیر حرکت ندارد. مثلاً در کار قوه وزن، تنها ارتفاع که جسم را انتقال داده بودیم، مهم بود و از هر مسیری که جسم را به ارتفاع مذکور انتقال میدادیم، تاثیری بالای مقدار کار اجرا شده نداشت. قوه‌های تحفظی داری خواص عمده ذیل می‌باشند:

(۱) زمانی که از یک نقطه به نقطه دیگر انتقال نموده و باعث اجرا کار می‌شوند، در صورت برگشت دوباره به نقطه اولی روی هر مسیر که باشد. عین مقدار کار را اجرا می‌کنند. برای وضاحت تصویر (۱۰) را در نظر می‌گیریم، اولاً توپ را به طرف بالا انتقال می‌دهیم که کار W_1 اجرا می‌شود، دوباره توپ روی مسیر دیگری به موقعیت اولی بر می‌گردد که در این صورت کار W_2 اجرا می‌گردد.



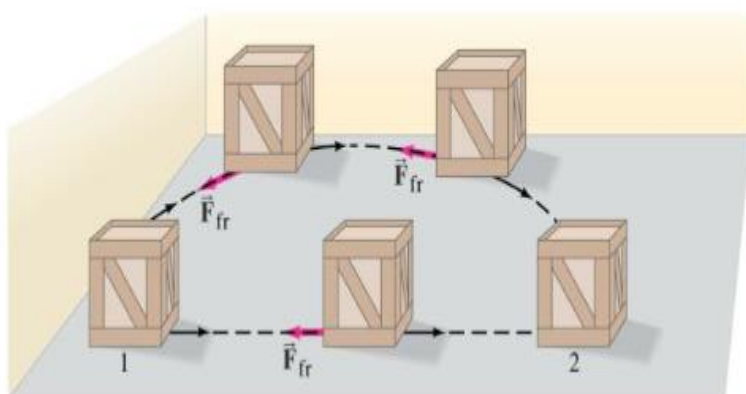
در تصویر دیده می‌شود که در هر دو حالت کار اجرا شده کار قوه وزن بوده، و با هم مساوی می‌باشند چون عین ارتفاع را طی نموده اند. و کار قوه وزن با مسیر هیچ ارتباطی ندارد. بناً قوه وزن یک قوه تحفظی است.

تصویر (۱۰) نشان می‌دهد که کار قوه وزن وابسته به مسیر نمی‌باشد.

(۲) کار اجرا شده توسط قوه های تحفظی بالای یک جسم که در یک دوره بسته حرکت می‌کند صفر است. چون موقعیت اولی و نهایی در یک نقطه قرار می‌گیرند.

قوه های غیر تحفظی (None conservative forces)

عبارت از قوه های اند که کار اجرا شده توسط آنها وابسته به مسیر حرکت می‌باشد، یعنی در صورت تغییر مسیر حرکت در این قوه ها مقدار کار اجرا شده نیز تغییر می‌کند. مانند کار قوه اصطکاک، کار قوه اصطکاک وابسته به مسیر حرکت می‌باشد که با تغییر مسیر حرکت مقدار کار نیز تغییر می‌کند طوری که با طولانی شدن مسیر حرکت مقدار کار قوه اصطکاک نیز زیاد می‌شود. بطور مثال می‌خواهیم صندوقی را مطابق تصویر (۱۱) از یک طرف اتاق به طرف دیگر انتقال دهیم،



که برای انتقال صندوق مذکور می‌توان از دو مسیر استفاده کرد، یکی مسیر منحنی که در این صورت مسیر حرکت طولانی شده، و اصطکاک کار بیشتری را انجام می‌دهد. و مسیر دوم خط مستقیم بوده که کوتاه تر می‌باشد و قوه اصطکاک کاری کمتری را انجام می‌دهد. با در نظر داشت این دو حالت دیده می‌شود، که کار اجرا شده توسط قوه اصطکاک وابسته به مسیر حرکت می‌باشد. بناً قوه اصطکاک یک قوه غیر تحفظی می‌باشد.

تصویر (۱۱) کار اجرا شده توسط قوه اصطکاک را روی دو مسیر حرکت نشان می‌دهد.

انرژی (Energy)

قابلیت و توانایی اجرا کار را انرژی گویند. یعنی زمانی که کاری را انجام می‌دهیم، توانایی که باعث می‌شود ما کار را انجام بدهیم، انرژی نامیده می‌شود. واحداث انرژی همانند واحداث کار می‌باشد، زیرا انرژی قابلیت انجام دادن کار را گویند. انرژی انواع مختلف دارد مانند انرژی برقی، انرژی کیمیاوی، انرژی حرکی، انرژی درونی یا داخلی، انرژی پوتانسیلی و غیره که بعضی انواع آن را تحت مطالعه قرار می‌دهیم.

انرژی حرکی (Kinetic Energy)

تمام اجسام در حال حرکت، به علت سرعتی که دارند، در برخورد به جسم‌های دیگر می‌توانند باعث انجام حرکت شوند. « به این انرژی که یک جسم فقط به علت سرعتش داراست، انرژی حرکی گفته می‌شود ».

شما تفاوت موترهای ساکن و موترهای در حال حرکت را متوجه می‌شوید و به همین دلیل است که از پیشروی موتری که در سرک در حال حرکت است عبور نمی‌کنید. درحالی که بدون هیچ ترسی از پیش روی موتر ایستاده عبور می‌کنید. انرژی حرکی پره‌های ماشین اب میوه و یا انرژی حرکی موجود در تیغه‌ی ماشین گوشت، باعث خرد شدن میوه و میوه شدن گوشت می‌شود.

اگر کتله جسم را به m و سرعت آن را با v نشان دهیم، انرژی حرکی جسم که به K نشان داده می‌شود، از رابطه (۸) محاسبه می‌شود.

$$K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

رابطه (۸) فورمول انرژی حرکی را نشان می‌دهد. دیده می‌شود که انرژی حرکی یک جسم به کتله و سرعت جسم رابطه مستقیم دارد، یعنی به هراندازه که سرعت جسم بزرگ باشد، مقدار انرژی حرکی آن نیز زیاد می‌باشد. نظر به کتله، اجسامی که کتله‌های زیاد دارند انرژی حرکی بیشتری دارند نسبت به اجسامی که کتله کم دارند.

مثال (۱۰): انرژی حرکی توپی به کتله 0.2Kg که با سرعت 5m/s پرتاب می‌شود، در لحظه پرتاب چقدر است؟

$$\left. \begin{array}{l} m = 0.2\text{Kg} \\ v = 5\text{m/s} \\ K = ? \end{array} \right\} \begin{array}{l} K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.2\text{Kg} \cdot (5\text{m/s})^2 = 0.1\text{Kg} \cdot 25\text{m}^2/\text{s}^2 \\ K = 2.5\text{Kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \Rightarrow K = 2.5\text{J} \end{array}$$

مثال (۱۱): کتله یک موتور باربری با بار داخل آن، وقتی با سرعت 25m/s در حرکت است؛ برابر با 20Ton است.

(۱) انرژی حرکتی موتور را محاسبه نمایید؟

(۲) سرعت گلوله‌ی تفنگ با کتله 20g چه قدر باشد، تا انرژی آن برابر به انرژی حرکتی موتور شود؟

حل: $m = 20\text{Ton} = 2 \cdot 10^4 \text{ Kg}, \quad v = 25 \text{ m/s}, \quad m_b = 20\text{g} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Kg}$

$K = ?, \quad v_b = ?$

$$1) K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ Kg} \cdot (25 \text{ m/s})^2 = 10^4 \cdot 625 \text{ Kg m}^2/\text{s}^2$$

$$\Rightarrow K = 6.25 \cdot 10^6 \text{ J} \Rightarrow K = 6.25 \text{ MJ}$$

$$2) K = K_b \Rightarrow 6.25 \text{ MJ} = \frac{1}{2} m_b \cdot v_b^2 \Rightarrow 6.25 \cdot 10^6 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot v_b^2$$

$$v_b^2 = 6.25 \cdot 10^6 / \sqrt{} \Rightarrow v_b = 2500 \text{ m/s}$$

کار و انرژی حرکتی

زمانی که متحرک در حال حرکت است، در جریان حرکت سرعت آن تغییر می‌کند و برای اینکه سرعت آن از V_1 به V_2 برسد، باید یک مقدار کار را اجرا کند، طوری که مقدار کار اجرا شده معادل به تفاوت انرژی حرکتی بین این دو نقطه می‌باشد. برای دریافت رابطه بین انرژی حرکتی و کار از تصویر (۱۲) استفاده می‌کنیم. در تصویر مذکور دیده می‌شود که قوه باعث تغییر سرعت حرکت جسم در امتداد مسیر حرکت شده است. این قوه برای تغییر سرعت متحرک اجرا کار نموده است. مقدار کار اجرا شده معادل به تفاوت انرژی حرکتی بین دو نقطه می‌باشد:



تصویر (۱۲) نشان می‌دهد که قوه باعث اجرا کار شده و سرعت متحرک را تغییر داده است.

معادله (۹) رابطه بین انرژی حرکتی و کار اجرا شده توسط قوه در تصویر (۱۲) نشان داده شده است.

$$W = K_2 - K_1 = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 \quad \dots\dots\dots (9)$$

اثبات رابطه (۹)

برای اثبات رابطه فوق از معادلات حرکت و کار استفاده می‌کنیم. از معادلات حرکت رابطه بین شتاب سرعت و فاصله طی شده عبارت است از:

$$v_2^2 - v_1^2 = 2ad \Rightarrow a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2d}$$

از معادله عمومی کار استفاده نموده و به عوض قوه، رابطه آن را که حاصل ضرب کتله در شتاب است می‌نویسیم:

$$W = F \cdot d, \quad F = m \cdot a, \quad a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2d}$$

$$W = m \cdot a \cdot d = m \cdot \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2d} \right) \cdot d \Rightarrow W = m \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2} \right)$$

$$\Rightarrow W = \frac{mv_2^2 - mv_1^2}{2} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \Rightarrow \boxed{W = K_2 - K_1}, \boxed{W = \Delta K}$$

$K_2 \qquad K_1$

مثال (۱۲): جسمی با کتله 1Kg را از ارتفاع 10m رها می‌کنیم. با استفاده از قضیه کار و انرژی هنگامی که جسم به زمین می‌رسد، انرژی حرکتی آن چقدر است؟ تعیین کنید. اگر $(g = 10 \text{ m/s}^2)$ باشد.

حل: دیده می‌شود که کار اجرا شده عبارت از کار قوه وزن می‌باشد. چون جسم در حال حرکت است، این کار معادل به تفاوت انرژی حرکتی آن می‌باشد. با استفاده از این دو اصل داریم:

$$\left. \begin{aligned} W &= m \cdot g \cdot h = 1\text{Kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1\text{m} = 10\text{Kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} & \left. \begin{aligned} m &= 1\text{Kg} \\ h &= 1\text{m} \end{aligned} \right\} \\ W &= 10\text{J} \Rightarrow W = K_2 - K_1 \Rightarrow K_2 - K_1 = 10\text{J} & \left. \begin{aligned} g &= 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ v_1 &= 0, K_1 = 0 \\ K_2 &= ? \end{aligned} \right\} \\ \Rightarrow K_2 &= 10\text{J} \end{aligned} \right\}$$

مثال (۱۳): موتوری با کتله 1500Kg با سرعت 72Km/h در حرکت است، اگر راننده برک بگیرد، موتوپس از طی مسافتی ایستاده می شود. کار قوه اصطکاک رابه دست آورید؟

حل:

$$\left. \begin{array}{l} m = 1500 \text{ Kg} \\ v_1 = 72 \text{ Km/h} \\ v_2 = 0 \\ W_{ff} = ? \end{array} \right\} \begin{array}{l} v_1 = 72 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = \frac{72 \cdot 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \Rightarrow v_1 = 20 \text{ m/s} \\ W = K_2 - K_1 = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 \\ W = \frac{1}{2} \cdot 1500 \text{ Kg} \cdot 0 - \frac{1}{2} \cdot 1500 \text{ Kg} \cdot (20 \text{ m/s})^2 \\ \Rightarrow W = -300000 \text{ J} \Rightarrow W = -300 \text{ KJ} \end{array}$$

مثال (۱۴): موتوری با کتله 1Ton با سرعت 36km/h در حرکت است، راننده موتور ناگهان برک می کند. اگر ضریب اصطکاک حرکی بین جاده و تایرهای موتور 0.5 باشد، موتور پس از طی چه مسافتی متوقف می شود؟ اگر $g = 10 \text{ m/s}^2$ فرض شود.

حل:

$$m = 1 \text{ Ton} = 1000 \text{ Kg}, \quad v_1 = 36 \text{ Km/h} = 10 \text{ m/s}, \quad v_2 = 0, \quad \mu = 0.5, \quad d = ?, \quad g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$W_{ff} = -\mu \cdot N \cdot d, \quad N = m \cdot g$$

$$W = K_2 - K_1 = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} 1000 \text{ Kg} \cdot 0 - \frac{1}{2} 1000 \text{ Kg} \cdot (10 \text{ m/s})^2$$

$$W = -5 \cdot 10^4 \text{ Kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \Rightarrow W = W_{ff}$$

$$W_{ff} = -5 \cdot 10^4 \text{ Kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \Rightarrow -\mu \cdot m \cdot g \cdot d = -5 \cdot 10^4 \text{ Kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$0.5 \cdot 1000 \text{ Kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot d = 5 \cdot 10^4 \text{ Kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \Rightarrow 0.5d = 5\text{m} \Rightarrow \boxed{d = 10\text{m}}$$

انرژی پوتانسیلی

در نظر بگیرید که جسمی را در ارتفاعی بالای سطح زمین به حال سکون نگه داشته ایم. اگر جسم را رها کنیم، شروع به حرکت می‌کند و به تدریج که پایین می‌آید، به سرعت آن افزوده می‌شود و در لحظه رسیدن به زمین، دارای انرژی حرکتی است. این انرژی حرکتی را جسم از کجا به دست آورده است؟ این انرژی را ابتدا و در لحظه شروع حرکت داشته است. ممکن است تصور شود انرژی داخلی جسم به انرژی حرکتی تبدیل شده است. اما این تصور درست نیست. زیرا اگر جسم، انرژی داخلی را از دست بدهد، باید سرد شود، در حالیکه جسم سرد نشده است. انرژی مذکور انرژی پوتانسیلی جسم می‌باشد.

برعکس، اگر از سطح زمین جسمی را با دادن انرژی حرکتی رو به بالا پرتاب کنیم، به تدریج که بالا می‌رود، از سرعت و انرژی حرکتی آن کاسته می‌شود تا بالاخره در ارتفاعی از زمین، سرعت و انرژی حرکتی آن به صفر می‌رسد. انرژی حرکتی جسم کجا رفته است؟ این انرژی تلف نشده، یعنی به انرژی داخلی تبدیل نشده، زیرا اولاً جسم گرم نشده و ثانیاً جسم در آن ارتفاع، ساکن باقی نمی‌ماند و شروع به پایین آمدن می‌کند و دوباره انرژی حرکتی کسب می‌کند. در هنگام بالا رفتن، انرژی حرکتی به انرژی پوتانسیلی تبدیل می‌شود و در پایین آمدن عمل عکس صورت می‌گیرد یعنی انرژی پوتانسیلی به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود.

هر چه جسم در ارتفاع بیشتری از سطح زمین قرار گیرد، انرژی پوتانسیلی آن بیشتر می‌شود، زیرا اگر جسم رها شود در رسیدن به زمین، سرعت و انرژی حرکتی آن بیشتر از هنگامی می‌شود که از ارتفاع کمتری رها شود. همین طور، به هر اندازه که کتله جسم بیشتر باشد، در یک ارتفاع انرژی پوتانسیلی آن، بیشتر از جسمی با کتله کمتر است. بناً می‌توان انرژی پوتانسیلی را طور ذیل تعریف نمود:

« به انرژی که یک جسم، فقط به علت ارتفاعش از سطح زمین دارد، انرژی پوتانسیلی می‌گوییم ».

اگر کتله جسم m ، ارتفاع آن از سطح زمین h و شتاب جاذبه زمین g باشد، انرژی پوتانسیلی جسم که آن را (U) نشان می‌دهیم، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$U = m \cdot g \cdot h \quad \dots\dots\dots(10)$$

رابطه (۱۰) معادله انرژی پوتانسیلی یک جسم در ارتفاع (h) می‌باشد. مقدار (g) در نقاط مختلف سطح زمین یکسان نیست و در استوا کمترین مقدار را دارد که در حدود 9.78 m/s^2 است. در قطب‌های زمین مقدار آن حد اکثر و در حدود 9.83 m/s^2 است. به طور اوسط مقدار (g) در سطح زمین 9.81 m/s^2 است.

مثال (۱۵): جسمی به کتله 4 kg در ارتفاع 10 m زمین قرار دارد. انرژی پوتانسیلی این جسم چه قدر است دریافت کنید؟

$$U = m \cdot g \cdot h = 4Kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 10m \quad m = 4Kg$$

$$h = 10m$$

$$U = 4 \cdot 98.1Kg \cdot \frac{m^2}{s^2} \Rightarrow U = 392.4J \quad U = ?$$

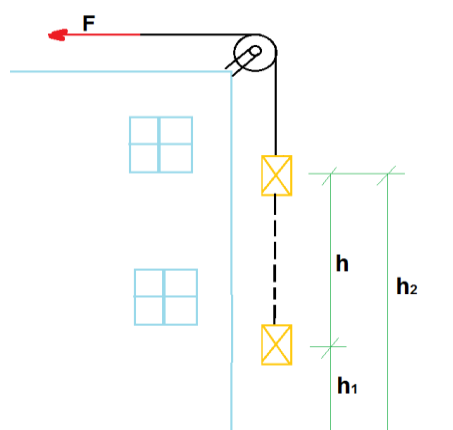
کاروانرژی پوتانسیلی

برای اینکه یک جسم را به یک ارتفاع بلند ببریم، باید کار انجام دهیم. قانون کار و انرژی پوتانسیلی بیان می‌دارد که مقدار کار اجرا شده برای بلند کردن یک جسم به یک ارتفاع مساوی است به مقدار انرژی پوتانسیلی این جسم در ارتفاع مذکور. معادله (۱۱) رابطه بین کار و انرژی پوتانسیلی را نشان می‌دهد.

$$W = U_2 - U_1 = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1 \quad \dots\dots\dots(11)$$

اثبات رابطه (۱۱)

برای اثبات رابطه فوق الذکر، تصویر (۱۳) را در نظر می‌گیریم. می‌خواهیم جسم را از ارتفاع (۱) به ارتفاع (۲) منتقل نماییم. برای اینکه جسم مذکور منتقل شود باید یک مقدار کاری انجام دهیم. که در این صورت داریم:

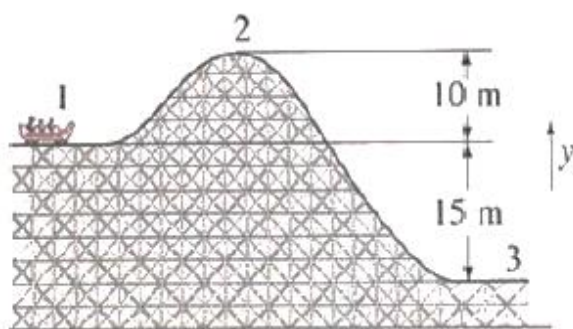


$$W = m \cdot g \cdot h, \quad h = h_2 - h_1$$

$$W = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1) = \underbrace{m \cdot g \cdot h_2}_{U_2} - \underbrace{m \cdot g \cdot h_1}_{U_1}$$

$$\Rightarrow \boxed{W = U_2 - U_1}, \boxed{W = \Delta U}$$

تصویر (۱۳) نشان می‌دهد، که برای بلند نمودن، یک جسم به یک ارتفاع کار اجرا شده است



. مثال (۱۶): مطابق به تصویر متحرکی با کتله 1000Kg

از نقطه 1 شروع به حرکت می‌کند و از نقاط 2 و 3 می‌گذرد.

(۱) انرژی پتانسیلی جاذبه‌یی را در نقطه‌های 1 و 2

به دست آورید؟

(۲) تفاوت انرژی پتانسیلی بین نقطه‌های 2 و 3 را حساب

کنید؟

$$h_1 = 15\text{m}, \quad h_2 = 25\text{m}$$

$$g = 9.81\text{m/s}^2, \quad U = m \cdot g \cdot h$$

$$\begin{aligned} a) U_1 &= m \cdot g \cdot h_1 = 1000\text{Kg} \cdot 9.81\text{m/s}^2 \cdot 15\text{m} \\ U_1 &= 147150\text{J} \Rightarrow U_1 = 147.15\text{KJ} \\ U_2 &= m \cdot g \cdot h_2 = 1000\text{Kg} \cdot 9.81\text{m/s}^2 \cdot 25\text{m} \\ U_2 &= 245250\text{J} \Rightarrow U_2 = 245.25\text{KJ} \end{aligned}$$

$$b) U_2 - U_3 = ?$$

$$U_2 - U_3 = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_3$$

$$U_2 - U_3 = 245.25\text{KJ} - 1000\text{Kg} \cdot 9.81\text{m/s}^2 \cdot 0$$

$$U_2 - U_3 = 245.25\text{KJ} \Rightarrow U_2 - U_3 = 245.25\text{KJ}$$

. مثال (۱۷): جسمی با کتله 10Kg را می‌خواهیم از منزل دوم به بام منزل سوم یک ساختمان بلند نماییم، در

صورتی که ارتفاع هر منزل 3m باشد. چی مقدار کار برای اجرا این عمل نیاز است؟

$$\left. \begin{aligned}
 W &= U_2 - U_1 = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1 \\
 W &= m \cdot g (h_2 - h_1) = 10Kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} (18m - 3m) \\
 W &= 98.1 \cdot 15Kg \cdot \frac{m^2}{s^2} \Rightarrow W = 1471.5J
 \end{aligned} \right\} \begin{aligned}
 m &= 10Kg \\
 g &= 9.81 \frac{m}{s^2} \\
 h_1 &= 3m \\
 h_2 &= 18m \\
 W &=?
 \end{aligned}$$

قانون تحفظ انرژی (Conservation of Energy)

تجربه و آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد که شکل‌های مختلف انرژی به یکدیگر قابل تبدیل اند. ما همه روزه شاهد تبدیل انواع مختلف انرژی یک به دیگر هستیم. مثلاً با مالش کف دست‌ها یک به دیگر، احساس می‌کنید کف دست‌های شما گرم می‌شود. وقتی جریان برق از یک گروپ می‌گذرد، انرژی برقی به انرژی نوری تبدیل می‌شود. ممکن است انرژی یک جسم از شکلی به شکل دیگر تبدیل شود و یا دو یا چند جسم در یک عمل و عکس‌العمل شرکت کنند و انرژی از بعضی جسم‌ها به بعضی دیگر منتقل شود و در این انتقال شکل انرژی نیز تغییر کند. محاسبه‌ی مقدار انرژی جسم‌ها قبل و بعد از عکس‌العمل نشان می‌دهد که در تبدیل انرژی‌ها به یکدیگر و یا انتقال انرژی بین جسم‌ها، مقدار مجموعی انرژی جسم‌ها قبل و بعد از عکس‌العمل با هم برابراند. در این مورد تحقیق و بررسی‌های مختلفی توسط دانشمندان انجام شده است. نتیجه‌ی همه‌ی این تحقیقات نشان دهنده آن است که انرژی جسم‌های شرکت کننده در یک عکس‌العمل کاهش و یا افزایش نمی‌یابد و مقدار مجموعی آن ثابت می‌ماند. این نتیجه به نام قانون تحفظ انرژی شناخته شده و معتبرترین قانون بشری است. قانون تحفظ انرژی به صورت‌های مختلفی بیان شده است که مفهوم تمام آن‌ها یک سان است.

(۱) مجموع انرژی جسم‌های شرکت کننده در یک عکس‌العمل مقداری است ثابت.

(۲) در یک سیستم، انرژی نه به وجود می‌آید و نه از بین می‌رود، ممکن است از یک جسم به جسم دیگری و از شکلی به شکل دیگر تبدیل شود.

(۳) انرژی یک جسم مقداری است ثابت، مگر آن که در طی یک عکس‌العمل مقداری از آن را به جسم دیگری بدهد و یا از آن انرژی بگیرد.

تا کنون، انسان به موردی برخورد نکرده است که در آن انرژی پایدار نمانده باشد. به همین دلیل است که گفته می‌شود قانون تحفظ انرژی معتبرترین قانون بشر است.

ممکن است به موردی برخورد کنید که ظاهراً انرژی پایدار نمانده باشد. اگر با دقت بیشتر به عکس‌العمل و تبدیل انرژی‌ها به یکدیگر و با انتقال انرژی بین جسم‌ها توجه کنید، درمی‌یابید که در آن حالت هم انرژی از بین نرفته و به وجود هم نیامده و قانون تحفظ انرژی برقرار است. مثلاً در پکه برقی، وقتی پکه را روشن می‌کنیم، انرژی برقی توسط جریان برق به پکه منتقل می‌شود. پره‌های پکه شروع به چرخش کرده و انرژی حرکی کسب می‌کنند. سیم و پیچ‌های پکه نیز گرم

می‌شوند. در اینجا انرژی برقی به انرژی حرکی پره‌ها تبدیل شده و مقداری نیز صرف گرم شدن سیم و پیچ‌ها شده است. مجموع انرژی حرکی پره‌ها و انرژی‌یی که صرف گرم کردن سیم و پیچ‌ها شده اند، مساوی به انرژی برقی داده شده به پیکه است.

انرژی میخانیکی (Mechanical Energy)

عبارت از انرژی است که سبب کار میخانیکی می‌شود. و انرژی میخانیکی مجموعه انرژی حرکی و انرژی پوتانسیلی می‌باشد. معادله (۱۲) رابطه انرژی میخانیکی را نشان می‌دهد.

$$ME = PE + KE$$

$$ME = U + K = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad \dots\dots\dots(12)$$

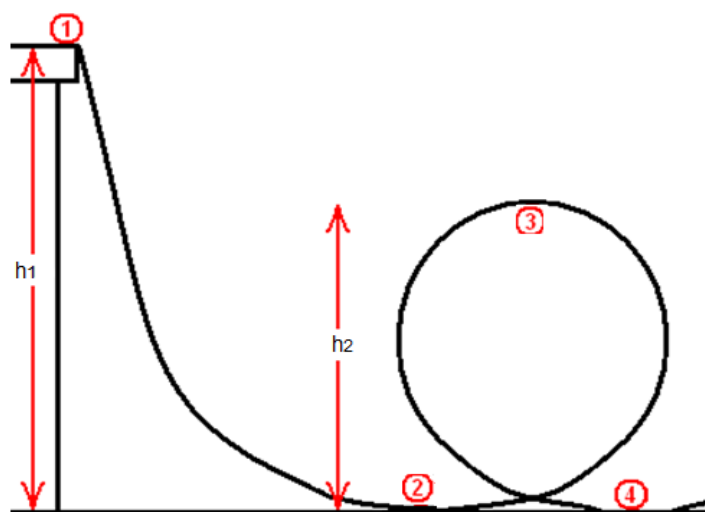
مثال (۱۸): جسمی دارای کتله 6Kg می‌باشد. این جسم را به سرعت 2m/s به ارتفاع 4m بلند مینماییم. اندازه انرژی میخانیکی را محاسبه نمایید؟

$$\left. \begin{array}{l} ME = U + K = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\ ME = 6 \cdot 9.81 \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 2^2 = 235.44 + 12 \\ \Rightarrow ME = 247.44J \end{array} \right\} \begin{array}{l} m = 6Kg \\ v = 2m/s \\ h = 4m \\ g = 9.81m/s^2 \\ ME = ? \end{array}$$

قانون تحفظ انرژی میخانیکی (Conservation of Mechanical Energy)

در صورتی که قوه‌های تحفظی بالای یک سیستم عمل نموده باشند، این قانون بیان می‌دارد که مقدار انرژی میخانیکی یک سیستم در جریان حرکت ثابت باقی می‌ماند. یعنی، در امتداد مسیر حرکت مقدار انرژی حرکی به پوتانسیلی و برعکس پوتانسیلی به حرکی تبدیل می‌شوند، اما مجموعه این دو انرژی که انرژی میخانیکی است، در هر نقطه مسیر حرکت ثابت بوده و باهم مساوی می‌باشند.

در تصویر (۱۴) جسمی از موقعیت (۱) شروع به حرکت نموده و از نقاط (۲)، (۳) و (۴) عبور می‌کند. دیده می‌شود که جسم در موقعیت (۱) ساکن است و انرژی حرکتی آن صفر می‌باشد. اما، در این موقعیت بیشترین ارتفاع را داشته و انرژی پتانسیلی آن اعظمی می‌باشد. زمانی که حرکت می‌کند و مسیر بین موقعیت (۱) و (۲) را طی می‌کند، به تدریج در اثر کم شدن ارتفاع انرژی پتانسیلی آن کاهش می‌یابد. اما، انرژی حرکتی افزایش یافته تا اینکه به موقعیت (۲) رسیده به سرعت اعظمی خود می‌رسد که در نتیجه انرژی حرکتی نیز به حداکثر می‌رسد، اما انرژی پتانسیلی آن در این موقعیت صفر می‌باشد، زیرا که ارتفاع جسم صفر می‌شود. همین طور زمانی که جسم از موقعیت (۲) به طرف موقعیت (۳) شروع به حرکت می‌کند. در جریان مسیری بین دو موقعیت (۲) و (۳) سرعت آن کم می‌شود که باعث که در نتیجه باعث کم شدن انرژی حرکتی می‌شود، اما در مقابل انرژی پتانسیلی در اثر زیاد شدن ارتفاع افزایش می‌یابد تا این که در



تصویر (۱۴) تبدیل انرژی حرکتی به انرژی پتانسیلی و برعکس را نشان می‌دهد

موقعیت (۳) انرژی حرکتی جسم در اثر صفر شدن سرعت صفر می‌شود و انرژی پتانسیلی به اثر رسیدن به بلندترین نقطه به حد اعظمی خود می‌رسد. در صورتی که مجموعه انرژی حرکتی و پتانسیلی را در دو موقعیت (۱) و (۲) دریافت کنیم، دیده می‌شود که مقدار مجموعه در هر دو موقعیت با هم مساوی می‌باشد. در نتیجه می‌توان گفت مقدار انرژی میخانیکی جسم در جریان حرکت ثابت باقی می‌ماند. این ثابت بودن انرژی میخانیکی قانون تحفظ انرژی میخانیکی یاد می‌شود.

برای دریافت رابطه عمومی تحفظ انرژی میخانیکی از تصویر (۱۴) استفاده مینماییم و با استفاده از شرایط بالا می‌توان روابط ذیل را برای تحفظ انرژی میخانیکی نوشت:

$$\left. \begin{aligned} ME_1 &= ME_2 \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \\ ME_2 &= ME_3 \Rightarrow K_2 + U_2 = K_3 + U_3 \\ ME_3 &= ME_4 \Rightarrow K_3 + U_3 = K_4 + U_4 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

برای اثبات رابطه (۱۳) می‌توان از قانون کار- انرژی حرکتی و قانون کار- انرژی پتانسیلی استفاده نمود که در این صورت داریم:

$$W = \Delta K, \quad W = -\Delta U$$

$$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow K_2 - K_1 = -(U_2 - U_1)$$

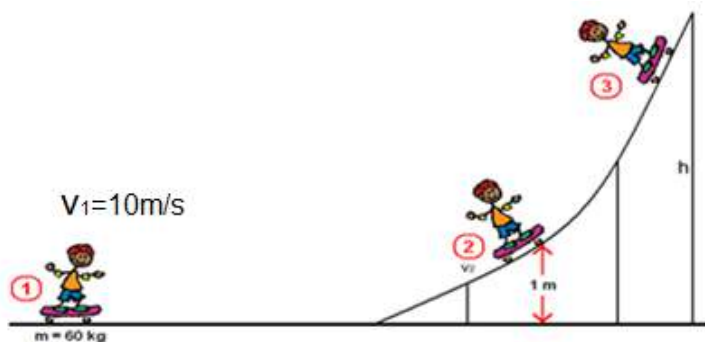
$$K_2 - K_1 = -U_2 + U_1 \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

مثال (۱۹): جسمی با کتله 0.5Kg را از ارتفاع 2m با سرعت 10m/s به بالا پرتاب می‌کنیم. این جسم حد اکثر تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟ ($g = 10\text{m/s}^2$ فرض شود و از مقاومت هوا هم صرف نظر شود)

$$\begin{aligned} & K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \\ \left. \begin{array}{l} m = 0.5\text{Kg} \\ h_1 = 2\text{m} \\ v_1 = 10\text{m/s} \\ h_2 = ? \\ v_2 = 0 \end{array} \right\} & \begin{array}{l} \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot h_1 = \underbrace{\frac{1}{2} m \cdot v_2^2 + m \cdot g \cdot h_2}_0 / \cdot 2 \\ m \cdot v_1^2 + 2m \cdot g \cdot h_1 = 2m \cdot g \cdot h_2 \Rightarrow 10^2 + 2 \cdot 10 \cdot 2 = 2 \cdot 10 \cdot h_2 \\ 20h_2 = 100 + 40 \Rightarrow 20h_2 = 140 \Rightarrow \boxed{h_2 = 7\text{m}} \end{array} \end{aligned}$$

حل:

مثال (۲۰): مطابق به تصویر ذیل سرعت جسم در موقعیت (۲) و ارتفاع موقعیت (۳) را دریابید؟



Position(1, 2)

حل:

$$v_1 = 10\text{m/s}, \quad m = 60\text{Kg}, \quad h_1 = 0, \quad h_2 = 1\text{m}, \quad v_2 = ?$$

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 + \underbrace{m \cdot g \cdot h_1}_0 = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 + m \cdot g \cdot h_2 / \cdot 2$$

$$v_1^2 = v_2^2 + 2 \cdot g \cdot h_2 \Rightarrow v_2^2 = v_1^2 - 2 \cdot g \cdot h_2 \Rightarrow v_2^2 = 10^2 - 2 \cdot 10 \cdot 1$$

$$v_2^2 = 100 - 20 = 80 \Rightarrow \boxed{v_2 = 8.94\text{m/s}}$$

Position(2,3)

$$v_2 = 8.94 \text{ m/s}, \quad m = 60 \text{ Kg}, \quad h_2 = 1 \text{ m}, \quad h_3 = ?, \quad v_3 = 0$$

$$K_2 + U_2 = K_3 + U_3 \Rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 + m \cdot g \cdot h_2 = \underbrace{\frac{1}{2} m \cdot v_3^2}_0 + m \cdot g \cdot h_3 / 2$$

$$v_2^2 + 2g \cdot h_2 = 2 \cdot g \cdot h_3 \Rightarrow (8.94)^2 + 2 \cdot 10 \cdot 1 = 2 \cdot 10 \cdot h_3$$

$$20h_3 = 79.92 + 20 \Rightarrow 20h_3 = 99.92 \Rightarrow \boxed{h_3 \approx 5 \text{ m}}$$

یادداشت: هرگاه یک جسم از سطح زمین به طرف بالا پرتاب شود، زمانی که به بلند ترین نقطه می‌رسد، انرژی پتانسیلی آن مساوی به انرژی حرکتی زمان پرتاب می‌باشد. همچنان زمانی که یک جسم از یک ارتفاع به طرف پایین حرکت می‌کند، مقدار انرژی حرکتی آن در لحظه رسیدن به زمین مساوی به انرژی پتانسیلی آن در لحظه اول حرکت می‌باشد.

کار اجرا شده توسط قوه‌های غیرتحفظی

به قوه‌هایی که کار اجرا شده توسط آن‌ها وابسته به مسیر باشد، قوه‌های غیرتحفظی گفته می‌شود. حال می‌خواهیم کار اجرا شده توسط این قوه را دریابیم. کار قوه‌های غیرتحفظی مساوی به مجموعه انرژی حرکتی و پتانسیلی می‌باشد.

در صورتی که کار اجرا شده توسط قوه‌های غیرتحفظی را به W_{NC} نشان دهیم، رابطه (۱۴) کار قوه‌های غیر تحفظی را نشان می‌دهد.

$$W_{NC} = \Delta K + \Delta U \quad \dots\dots\dots(14)$$

در رابطه فوق دیده می‌شود که کار اجرا شده توسط قوه‌های غیرتحفظی مجموعه انرژی حرکتی و پتانسیلی می‌باشد. برای اثبات رابطه (۱۴)، یک جسمی را در نظر می‌گیریم که چندین قوه بالای آن عمل نموده باشد و جسم تحت تاثیر این قوه‌ها حرکت می‌نماید. در صورتی که تعدادی از این قوه‌ها تحفظی و مابقی قوه‌های غیرتحفظی باشد. در این صورت کار مجموعی انجام داده شده توسط این دو نوع قوه را می‌توان این گونه نوشت:

$$W_{net} = W_C + W_{NC}$$

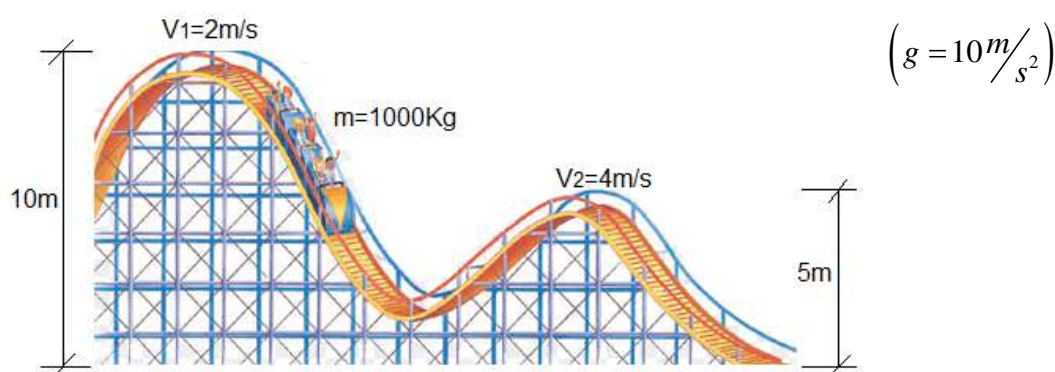
در رابطه مذکور W_C کار قوه‌های تحفظی و W_{NC} کار قوه‌های غیرتحفظی را نشان می‌دهد. با استفاده از رابطه‌های کار با انرژی حرکتی و انرژی پتانسیلی می‌توان نوشت:

$$W_{net} = W_C + W_{NC}, \quad W_{net} = \Delta K, \quad W_C = -\Delta U$$

$$W_C + W_{NC} = \Delta K \Rightarrow -\Delta U + W_{NC} = \Delta K$$

$$\Rightarrow \boxed{W_{NC} = \Delta K + \Delta U}$$

مثال (۲۱): متحرکی مطابق به تصویر ذیل حرکت می‌کند، زمانی که از موقعیت (۱) به موقعیت (۲) می‌رسد، چقدر کار توسط قوه اصطکاک انجام شده است؟



$$\left. \begin{array}{l} h_1 = 10\text{m} \\ v_1 = 2 \text{ m/s} \\ m = 1000 \text{ Kg} \\ v_2 = 4 \text{ m/s} \\ h_2 = 5\text{m} \\ W_{NC} = ? \end{array} \right\}$$

$$W_{NC} = \Delta K + \Delta U = K_2 - K_1 + U_2 - U_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_2 - mgh_1$$

$$W_{NC} = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 4^2 - \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 2^2 + 1000 \cdot 10 \cdot 5 - 1000 \cdot 10 \cdot 10$$

$$W_{NC} = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 16 - \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 4 + 50000 - 100000 = 8000 - 2000 - 50000$$

$$W_{NC} = -44000 \text{ J} \Rightarrow \boxed{W_{NC} = -44 \text{ KJ}}$$

توان یا طاقت (Power)

در یک مسابقه دوش، تمام ورزشکاران از یک نقطه به حرکت شروع می‌کنند و در یک نقطه تمام می‌کنند، یعنی فاصله مساوی را طی نموده و عین کار را انجام داده‌اند. اما، مدال به یک شخص داده می‌شود و برنده اعلان می‌گردد. به همین شکل کارگری یک وزن را به منزل دهم ساختمانی در مدت دو ساعت بلند می‌کند، در حالی که این وزنه را ماشین در مدت کمتر از یک دقیقه بلند می‌کند. کارگر و ماشین هر دو عین مقدار کار را انجام داده‌اند، اما زمان اجرای کار توسط کارگر و ماشین فرق می‌کند، طوری که ماشین به مدت زمان بسیار کوتاه کار دوساعته کارگر را انجام داده است. در این صورت در اجرای کار علاوه به مقدار کار زمان اجرای کار نیز مهم است و کمیت که هر دو کار و زمان را شامل می‌باشد، توان است. یعنی دادن مدال به ورزشکار در مسابقه دوش به اساس توان وی می‌باشد، زیرا در میان ورزشکاران عین کار را در مدت زمان کوتاه انجام داده که گفته می‌شود توان وی نسبت به ورزشکاران دیگر بیشتر است. به همین شکل مقایسه زمان کار ماشین و کارگر نشان می‌دهد که عین مقدار کار را ماشین در مدت زمان کمتر انجام داده است و دارای توان بیشتری نسبت به شخص می‌باشد، بناً توان یا طاقت کمیت فیزیکی است که کار اجرا شده را نظر به زمان نشان می‌دهد. می‌توان، توان یا طاقت را طور ذیل تعریف نمود:

«توان یا طاقت عبارت از مقدار کار اجرا شده در واحد زمان می‌باشد، یا نسبت بین کار اجرا شده بر زمان را توان یاد می‌کنند»

با استفاده از تعریف توان، رابطه (۱۵) معادله توان یا طاقت را نشان می‌دهد.

$$P = \frac{W}{t} \quad \dots\dots\dots(15)$$

به هر اندازه که یک شخص یا ماشین کار بزرگتری را در زمان کمتری اجرا کند، توان بیشتری دارد. توان نیز همانند شتاب و سرعت در جریان حرکت دو نوع است، یکی توان متوسط و دیگر آن توان لحظوی می‌باشد.

توان متوسط

زمانی که یک جسم در امتداد یک مسیر بعد از طی فاصله باعث اجرا کار می‌شود، مقدار توان متوسط نشان دهنده توان در تمام مسیر حرکت در این انتروال زمانی می‌باشد. رابطه (۱۶) معادله توان متوسط می‌باشد.

$$P_{avg} = \frac{W}{\Delta t} \quad \dots\dots\dots(16)$$

توان لحظوی

عبارت از دریافت توان یک شخص یا ماشین در هر لحظه اجرای کار می‌باشد و زمانی توان متوسط به لحظوی تبدیل می‌شود که تفاوت بین دو لحظه کار را تقرب به صفر دهیم که برای تقرب از لیمیت استفاده نموده و لیمیتی که در آن تغییرات متحول تقرب به صفر کند، نشان دهنده مشتق است، پس داریم که:

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{dW}{dt} \dots\dots\dots(17)$$

رابطه فوق بیان می‌دارد که توان عبارت از مشتق اول معادله کار نظریه زمان می‌باشد. زمانی که کلمه توان به تنهایی ذکر می‌گردد، هدف آن توان لحظوی می‌باشد.

با استفاده از معادلات کار می‌توان برای توان روابط ذیل را نیز دریافت نمود:

$$1) P = \frac{W}{t}, \quad W = \vec{F} \cdot \vec{d}, \quad V = \frac{d}{t}$$

$$P = \frac{F \cdot d}{t} = F \cdot \frac{d}{t} \Rightarrow P = F \cdot V \dots\dots\dots(18)$$

$$2) P = \frac{W}{t}, \quad W = F \cdot d \cdot \cos \theta, \quad V = \frac{d}{t}$$

$$P = \frac{F \cdot d \cdot \cos \theta}{t} = F \cdot \frac{d}{t} \cdot \cos \theta \Rightarrow P = F \cdot V \cdot \cos \theta \dots\dots\dots(19)$$

واحدها توان

با استفاده از واحدها کار و زمان، واحدها توان در جدول (۳) نشان داده شده اند:

نام واحد توان	واحد کار $P = \frac{W}{t}$	زمان	کار	سیتم اندازه گیری
Watt وات	$W = \frac{J}{s} = \frac{Kg \cdot m^2}{s^3}$	s	ژول	MKS
Erg/second ارک برثانیه	$\frac{erg}{s} = \frac{g \cdot cm^2}{s^3}$	s	ارک	CGS

MTS	کیلوژول	s	$KW = \frac{KJ}{s} = \frac{Ton \cdot m^2}{s^3}$	Kilo Watt کیلووات
FPS	پوند- فوت	s	$\frac{lb_f \cdot ft}{s} = \frac{slug \cdot ft^2}{s^3}$	پوند قوه - فوت بر ثانیه

جدول (۳) واحدها را نشان می‌دهد

وات (Watt)

وات، توان شخص یا ماشینی است که کار یک ژول را در یک ثانیه انجام دهد.

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = \frac{J}{s} \Rightarrow W = \frac{N \cdot m}{s} \Rightarrow W = \frac{Kg \cdot m^2}{s^3}$$

ارک بر ثانیه (Erg/second)

توان شخص یا ماشینی است که کار یک ارک را در یک ثانیه انجام دهد.

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow \frac{1erg}{s} \Rightarrow \frac{dyne \cdot cm}{s} \Rightarrow \frac{g \cdot cm^2}{s^3}$$

کیلووات (Kilo Watt)

توان شخص یا ماشینی است که کار یک کیلو ژول را در یک ثانیه انجام دهد.

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow 1KW = \frac{1KJ}{s} \Rightarrow KW = \frac{St \cdot m}{s} \Rightarrow W = \frac{Ton \cdot m^2}{s^3}$$

پوند قوه - فوت بر ثانیه (Pound force-foot per second)

توان شخص یا ماشینی است که توسط قوه یک پوند جسمی را به ارتفاع یک فوت در یک ثانیه انتقال دهد.

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow \frac{lb_f \cdot ft}{s} \Rightarrow \frac{slug \cdot ft^2}{s^3}$$

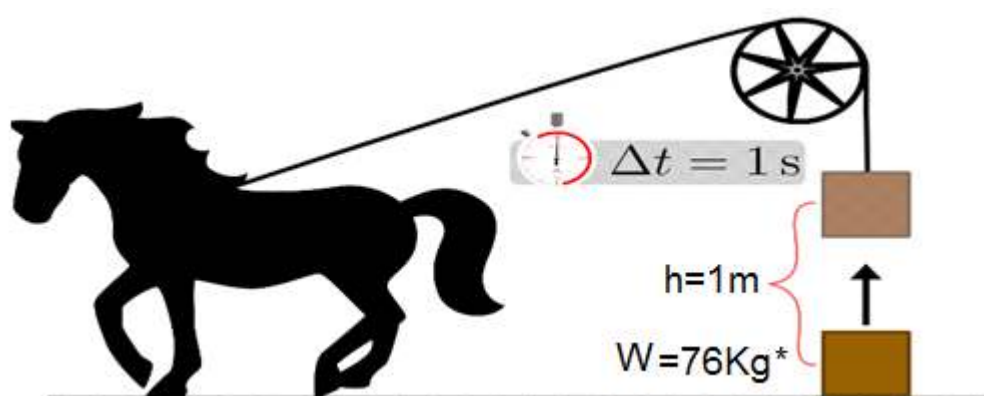
در تکنیک اکثراً از واحدی به نام هارس پاور یا توان اسپ استفاده می‌شود.

هارس پاور (Horse power)

هارس پاور عبارت از توان اسپی است که وزنه $76Kg^*$ را به ارتفاع یک متر در یک ثانیه بلند نماید.

و یا هارس پاور عبارت از توان اسپی است که وزنه $550lb_f$ را به ارتفاع $1ft$ در یک ثانیه بلند نماید.

توان هارس پاور در تصویر (۱۵) نشان داده شده است.



تصویر (۱۵) توان اسپی را نشان می‌دهد که به ارتفاع یک متر وزنه‌ی را بلند نموده است

$$1 \text{ horsepower} = 1hp = 550lb_f \cdot ft / s$$

$$1hp = 550 \cdot 4.45N \cdot 0.3048m / s = 746W$$

$$2) 1hp = 76kg^* \cdot m / s = 76 \cdot 9.81N \cdot m / s = 746 \frac{J}{s} = 746W$$

یادداشت: واحد کار را اکثراً به شکل حاصل ضرب توان با زمان نشان می‌دهند. یکی از واحدها مشهور که برای کار استفاده می‌شود، کیلووات - ساعت یا (Kilowatt - hour) می‌باشد.

$$1 \text{ Kilowatt - hour} = 1KW \cdot h = (10^3W)(3600s)$$

$$\Rightarrow 36 \cdot 10^5 W \cdot s = 3.6 \cdot 10^6 \frac{J}{s} \cdot s \Rightarrow 3.6MJ$$

مثال (۲۲): کوهنوردی با کتله 60Kg در مدت 4s ارتفاع 4.5m را طی می‌کند، توان کوهنورد را به دست آورید؟ در صورتی که $(g = 9.81 m/s^2)$ فرض شود.

حل:

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{W}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{60Kg \cdot 9.81 m/s^2 \cdot 4.5m}{4s} & \begin{aligned} m &= 60Kg \\ h &= 4.5m \\ t &= 4s \\ P &=? \end{aligned} \\ P &= \frac{2646J}{4s} \Rightarrow P = 661.5W \end{aligned} \right\}$$

مثال (۲۳): اسپ با قوه 178N که با افق زاویه 30° را می‌سازد، صندوق را کش می‌نماید. در صورتی که این اسپ صندوق را برای مدت ده دقیقه با سرعت 2 m/s کش نماید، توان اسپ را محاسبه نمایید؟

$$\left. \begin{aligned} F &= 178N \\ \theta &= 30^\circ \\ v &= 2 m/s \\ t &= 10 \text{ min} \\ P &=? \end{aligned} \right\} \quad \begin{aligned} v &= \frac{d}{t} \Rightarrow d = v \cdot t = 2 m/s \cdot 10 \text{ min} = 2 m/s \cdot 10 \cdot 60 s \Rightarrow d = 1200m \\ P &= \frac{W}{t} = \frac{F \cdot d \cdot \cos \theta}{t} = \frac{178N \cdot 1200m \cdot \cos 30^\circ}{600s} = \frac{178\sqrt{3}J}{s} \\ &\Rightarrow P = 308.3W \end{aligned}$$

بازده یا مؤثریت (Efficiency)

زمانی که به یک ماشین یا دستگاه انرژی داده می‌شود، یک مقدار انرژی داده شده در داخل دستگاه به اثر اصطکاک ضایع می‌شود و مقدار باقی مانده را دستگاه به کار تبدیل می‌کند. مؤثریت یا بازده نشان می‌دهد یک یک ماشین یا دستگاه چقدر مقداری از انرژی داده شده را به کار تبدیل نموده و چقدر مقدار را ضایع نموده است. بازده عبارت از نسبت بین کار داده شده بر کار گرفته شده می‌باشد.

(کار داده شده) / (کار گرفته شده) = مؤثریت

نسبت فوق را می‌توان در رابطه (۲۰) نشان داد.

$$E = \frac{W'}{W} = \frac{P'}{P} = \frac{\text{Workoutput}}{\text{Workinput}} = \dots\dots\dots (20)$$

چون همیشه کار داده شده نسبت به کار گرفته شده بزرگ می‌باشد، بناً نسبت فوق همیشه از یک کوچکتر است و آنرا به شکل فیصدی نشان می‌دهند. رابطه (۲۱) موثریت را در شکل فیصدی نشان داده است.

$$E = \frac{W'}{W} \cdot 100 = \frac{P'}{P} \cdot 100 \dots \dots \dots (21)$$

مثال (۲۴): یک ماشین برقی می‌تواند جسمی با کتله 50Kg را در مدت 4s با سرعت ثابت به ارتفاع 5m بلند کند. اگر برای به کار انداختن ماشین 1000W انرژی برقی ضرورت باشد، ثمره ماشین را دریابید؟

$$\left. \begin{aligned} E &= \frac{P'}{P} \cdot 100 \\ P' &= \frac{W}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{50Kg \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 5m}{4s} = 625W \\ E &= \frac{P'}{P} \cdot 100 = \frac{625}{1000} \cdot 100 \Rightarrow E = 62.5\% \end{aligned} \right\} \begin{aligned} m &= 50Kg \\ t &= 4s \\ h &= 5m \\ p &= 1000W \\ E &= ? \end{aligned}$$

مثال (۲۵): لفت با کتله 800Kg در مدت 1s به ارتفاع 4m بالا می‌رود. اگر موثریت لفت 64% باشد توان لفت را دریابید؟

$$\left. \begin{aligned} E &= \frac{P'}{P} \\ P' &= E \cdot P = E \cdot \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = 0.64 \cdot \frac{800Kg \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 4m}{1s} \\ P' &= 2048W \Rightarrow P = 20.48KW \end{aligned} \right\} \begin{aligned} m &= 800Kg \\ t &= 1s \\ h &= 4m \\ E &= 64\% = 0.64 \\ P' &= ? \end{aligned}$$

معلومات اضافی

قسمی که در بخش انواع انرژی تذکر دادیم، انرژی انواع زیادی دارد که بعضی از انواع آن را مطالعه نمودیم. بعضی از انواع دیگر انرژی که با فزیک رابطه کم دارند، مورد مطالعه قرار نگرفتن، اما مطالعه آن‌ها مهم و ضروری است، زیرا روزانه با آن‌ها سروکار داریم که بعضی از این انرژی‌ها را ذیلاً مورد مطالعه قرار می‌دهیم:

انرژی برقی (Electric Energy)

با وسیله‌های برقی زیادی مانند پکه، کولر، ماشین اب میوه، ماشین چرخ گوشت، ماشین لباس‌شویی و غیره آشنا هستید. می‌دانید که اگر دستگاه را به برق وصل کرده و آن را روشن کنیم، شروع به کار می‌کنند. وقتی این دستگاه‌ها در حال کار اند، قسمتی متحرک و در حال حرکت دارند. مثلاً پره‌های پکه یا تیغه‌های چرخ گوشت حرکت می‌کنند و دارای انرژی حرکتی اند. این انرژی را جریان برق به آن‌ها داده است. به این انرژی، انرژی برقی می‌گوییم.

انرژی کیمیاوی (Chemical Energy)

ماشین موتورها با مصرف تیل و استفاده از انرژی حاصل از سوخت تیل کار می‌کنند. سوختن مواد غذایی در بدن، انرژی لازم جهت حرکت انسان را فراهم می‌سازد، تیل، گاز، نفت و مواد غذایی قبل از سوختن دارای انرژی هستند. این انرژی را انرژی کیمیاوی می‌نامیم. هنگام سوختن یک ماده و یا عکس‌العمل مواد کیمیاوی با یکدیگر مانند عکس‌العمل در اثر ترکیب با اسید، تغییر کیمیاوی رخ می‌دهد و انرژی آزاد می‌شود. برای اندازه‌گیری انرژی مواد غذایی و یا مواد سوختی، مقدار معینی از آن را می‌سوزانند و تمام حرارت حاصل از آن را به مقداری اب می‌دهند. با اندازه‌گیری کتله و تغییر درجه حرارت آن، انرژی داده شده به اب را که همان انرژی حاصل از سوختن ماده غذایی یا ماده‌ی سوختی است، به دست می‌آورند.

در جدول (۴)، انرژی حاصل از سوختن یک گرم از ماده‌های مختلف، برحسب کیلو ژول آورده شده است. وقتی گفته می‌شود، انرژی موجود در تخم مرغ 6.8KJ/g است و این به معنای آن است که اگر یک گرم تخم مرغ مصرف کنیم، 6.8KJ/g انرژی بدن رسانده‌ایم.

غذاهای معمولی برحسب (KJ/g)	سیب ۲/۴، حبوبات، غله ۵. مسکه ۳۰/۲، زردک ۱/۸ پنیرتازه ۴/۵، مرغ ۶/۷، شکلات ۲۲/۲. نوشابه ۱/۵، پلو ۴/۶، انگور ۲/۹. گوشت پخته ۹/۴، ایسکریم ۹/۳. چربی ۳۹/۱، شیر ۲/۷. شیرکم چربی ۱/۸، پرتقال ۲/۱. نخود ۳، تخم مرغ ۶/۸. گوشت گوساله بدون چربی ۷. کچالوپخته ۳/۹، پوره ۱۶/۸. رومی ۰/۹، ماهی ۸/۳. نان خشک ۱۱/۳.
----------------------------	---

سوخت های معمولی (KJ/g)	زغال ۳۳/۶، نفت ۴۷/۹، گاز طبیعی ۵۴/۶، چوب ۱۶/۸
------------------------	--

جدول (۴) مقدار انرژی موجود در بعضی مواد غذایی و سوختی را نشان می‌دهد

مثال (۲۶): شخصی در یک وعده غذا 150g نان خشک، 100g گوشت پخته و 150g نوشابه مصرف کند. چند کیلو ژول انرژی از مصرف این غذاها به بدن شخص می‌رسد؟

$$150 \times 11.3 = 1695 \text{ KJ}$$

$$100 \times 9.4 = 940 \text{ KJ}$$

$$150 \times 1.5 = 225 \text{ KJ}$$

حل:

$$\Rightarrow 1695 \text{ KJ} + 940 \text{ KJ} + 225 \text{ KJ} = \boxed{2860 \text{ KJ}}$$

انرژی‌یی که از سوخت بنزین حاصل می‌شود، تماماً توسط موتور به کار تبدیل نمی‌شود و مقداری از آن توسط دودهای خروجی و نیز تماس هوا با بدنه‌ی ماشین، به محیط اطراف داده می‌شود که عملاً تلف شده است. به همین ترتیب انرژی حاصل از سوخت مواد غذایی، تماماً در بدن به مصرف نمی‌رسد و مقداری از این انرژی در تماس بدن با هوا و نیز مقداری همراه با فضولات بدن، تلف می‌شوند، انرژی داده شده به بدن به علت فعالیت‌های انسان به مصرف می‌رسد. اگر فعالیت بدن زیاد باشد، به مصرف مواد غذایی بیشتر نیازمندیم. در غیر این صورت به مواد غذایی کمتری محتاج هستیم. اگر مصرف مواد غذایی انرژی زیاد و فعالیت بدن کم باشد، انرژی اضافی ذخیره می‌شود.

در جدول (۵)، میزان مصرف انرژی برای فعالیت‌های مختلف برحسب کیلو ژول بر دقیقه KJ/min آورده شده است. منظور از مصرف انرژی، مصرف انرژی در یک مدت معین، مثلاً در یک دقیقه است. به عنوان مثال، میزان مصرف انرژی در آرام راه رفتن 16KJ/min است. یعنی اگر به طور آرام پیاده‌روی کنیم، در هر دقیقه مقدار 16KJ انرژی به مصرف می‌رسانیم.

نوع فعالیت	میزان مصرف برحسب (KJ/min)
------------	---------------------------

۵	خواب
۷/۱	نشستن در حال استراحت
۷/۶	ایستادن در حالت معمولی
۱۲/۶	نشستن در صنف
۱۶	به آرامی راه رفتن
۲۳/۹	بایسکل سواری با سرعت ۱۳ تا ۱۸
۴۲	کیلومتر بر ساعت
۱۱۱/۳	بایسکل سواری با سرعت ۲۱ کیلومتر بر ساعت
۲۶/۵	بایسکل سواری در مسابقه
۲۸/۶	تنیس
۴۱/۲	اب بازی
۴۷/۹	بالا رفتن از زینه‌های منازل
	باسکتبال

جدول (۵) میزان مصرف انرژی را برای بعضی فعالیت‌ها نشان می‌دهد

به کمک جدول‌های انرژی مواد غذایی و میزان مصرف انرژی، می‌توان مقدار ماده‌ی غذایی مورد لزوم برای فعالیت‌ها و برعکس انتخاب فعالیت‌هایی که ماده‌ی غذایی خورده شده را در بدن به مصرف می‌رساند، تعیین کرد.

مثال (۲۷): دانش‌آموزی در یک روز حدود ۱۳۵ دقیقه در صنف می‌نشیند، ۰.۵ ساعت راه می‌رود و ۴۵ دقیقه به بازی بسکتبال مشغول بوده است. با انجام این فعالیت به چه مقدار انرژی نیاز دارد. با مصرف چه مقدار شکلات می‌تواند این انرژی را تامین کند؟

انرژی لازم برای نشستن در صنف $135 \times 12.6 = 170 KJ \rightarrow$

انرژی لازم برای راه رفتن $(0.5 \times 60) \times 16 = 480 KJ \rightarrow$

$45 \times 47.9 = 2155.5 KJ \rightarrow$

انرژی لازم برای بازی $170 KJ + 480 KJ + 2155.5 KJ = 4336.5 KJ \rightarrow$
باسکتبال $(4336.5) \div (22.2) \approx 195 g \rightarrow$

انرژی لازم در یک روز

شکلات مورد نیاز

مقدار انرژی مورد نیاز بدن انسان به فعالیت شخص و نوع کار او بستگی دارد. هر چه کار انسان با فعالیت بدنی بیشتر همراه بوده و شخص فعالتر باشد، به انرژی بیشتری و در نتیجه به مواد غذایی بیشتر و انرژی‌زا نیاز دارد. اگر تحرک

شخص کم باشد، به ماده‌ی غذایی کمتری نیاز دارد. شخص فعال و پر کار به حدود 15000KJ در هر روز نیاز دارد. پسر و دختر حدود 15 سال سن به حدود 10000 تا 12000 کیلو ژول انرژی در هر روز نیاز دارند. شخصی با فعالیت معمولی و متوسط به حدود 12000KJ انرژی در هر روز نیازمند است، در حال رژیم به حدود 8000KJ انرژی روزانه نیازمندیم.

همانگونه که قبلاً بیان شده، تمام انرژی‌یی که از مصرف مواد غذایی به بدن می‌رسد، صرف کار مفید نمی‌شود و مقداری از آن تلف می‌شود. به طور متوسط از هر 100J انرژی مصرفی، حدود 25J به کار مفید تبدیل می‌شود و حدود 75J آن تلف می‌شود. یعنی موثریت یا بازده بدن انسان 25% است. در حل مثال‌های قبل فرض کرده‌ایم که تمام انرژی ماده‌ی مصرف شده به بدن می‌رسد، ولی در تعیین ماده‌ی غذایی مورد نیاز بدن باید به موثریت بدن نیز توجه کرد.

مثال (۲۸): موثریت بدن شخص 25% است. این شخص با خوردن چند گرام گوشت پخته می‌تواند 10 دقیقه بایسکل سواری با سرعت متوسط انجام دهد؟

حل: انرژی لازم برای بایسکل سواری

$$10 \times 23.9 = 239KJ \rightarrow$$

$$\text{کار گرفته شده} = \frac{\text{انرژی مصرفی}}{\text{موثریت}}$$

$$0.25 = \frac{(239KJ)}{\text{مصرفی انرژی}}$$

$$\text{انرژی که باید به بدن برسد: } = \frac{(239KJ)}{0.25} = 956KJ$$

هر گرام گوشت پخته در حدود 9.4KJ انرژی به بدن می‌رساند، برای تامین انرژی بالا گوشت مورد لزوم برابر است با:

$$\frac{956KJ}{9.5 \frac{KJ}{g}} \Rightarrow 100.63g$$

مثال (۲۹): دانش آموزی 350g نان خشک، 200g پنیر، 80g مسکه، 300g شیر، 50g شکر و شکلاتی در حدود 50g در صبحانه مصرف کرده است. موثریت بدن او 30% است. این دانش آموز 10 دقیقه پیاده‌روی می‌کند و سه ساعت در صنف می‌نشیند. این دانش آموز چند دقیقه شنا کند، تا تمام انرژی حاصل از مواد غذایی را به مصرف برساند؟

حل: ابتدا انرژی مصرفی دانش آموز را محاسبه می‌کنیم.

$$350 \times 11.3 + 200 \times 4.5 + 80 \times 30.2 + 300 \times 2.7 + 50 \times 16.8 + 50 \times 22.2 \\ \Rightarrow 3955 + 900 + 2416 + 810 + 840 + 1110 \Rightarrow 10031KJ$$

به کمک موثریت یا بازده، انرژی قابل استفاده را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{کار گرفته شده}}{\text{انرژی مصرفی}} = \text{موثریت} \Rightarrow 3009.3KJ = \text{انرژی قابل استفاده} \Rightarrow \frac{\text{انرژی قابل استفاده}}{10031KJ} = 0.30$$

مجموع انرژی مصرفی جهت پیاده روی و نشستن در صنف برابر است به:

مقدار انرژی باقی مانده که باید صرف شنا کردن $10 \times 16 + (3 \times 60) \times 12.6 = 2428KJ$ شود، برابر است با:

$$3009.3 - 2428 = 581.3KJ$$

انرژی داخلی یا درونی

در مبحثه قانون تحفظ انرژی بیان شد، انرژی یک جسم پایدار می ماند، ولی ممکن است از شکلی به شکل دیگر تبدیل شود. مثلاً، در نظر بگیرید که موتوری روی جاده یی افقی به حالت سکون قرار دارد، موتور را روشن کرده و شروع به حرکت می کنیم. در اینجا موتور از جسم دیگری انرژی دریافت نکرده است، اما انرژی حرکی کسب کرده است. بنا بر این می توان نتیجه گرفت قانون تحفظ انرژی صدق نکرده است. اگر با دقت بیشتر به این عمل و موتور، توجه کنیم، متوجه می شویم که برای حرکت موتور مقداری تیل در موتور سوخته است و انرژی حاصل از این سوخت به انرژی حرکی موتور تبدیل شده است. این انرژی در تیل موجود بوده است که وقتی تیل در عمل سوختن شرکت کرده است، انرژی کیمیای به انرژی حرکی موتور تبدیل شده است. به همین ترتیب در نظربگیرید که یک وسیله ی گرم کننده مانند اتو، را به برق وصل کرده و آن را روشن می کنید. به این ترتیب، مقداری انرژی برقی به اتو داده می شود، اما اتو همچنان ساکن می ماند و انرژی حرکی کسب نمی کند. بنابر این انرژی برقی نابود شده و قانون تحفظ انرژی نقض می شود. باز هم با کمی دقت، معلوم می شود که انرژی نابود نشده و باز هم قانون تحفظ انرژی پا بر جاست. در اینجا مانند مثال قبل، با شکل دیگری انرژی رو برو هستیم. می گویم انرژی نابود نشده و به اتو منتقل شده و در داخل آن موجود است. در مورد اتو، این انرژی به شکل گرم شدن اتو خود را نشان می دهد. این شکل جدید انرژی، انرژی درونی یا داخلی نام دارد. معمولاً به اشتباه آن را انرژی حرارتی می نامند.

می دانیم که یک جسم از ذره های کوچکی تشکیل شده که این ذره ها (اتم، مالیکول و غیره) دارای انرژی هستند. مثلاً ذره های یک جسم، در داخل جسم ساکن نیستند و در حال رفت و برگشت اند. بنا بر این، انرژی حرکی دارند. اگر انرژی های ذره های مختلف جسم را محاسبه و با هم جمع کنیم، به مقداری انرژی می رسیم که آن را انرژی داخلی جسم می نامند. بنا بر این انرژی داخلی یک جسم مساوی به مجموع انرژی های تمام ذره های تشکیل دهنده ی آن جسم است.

مثال (۳۰): از سوختن هر گرام تیل حدود 34KJ انرژی حاصل می شود، موتور به کتله 1360Kg از حال سکون روی جاده ی افقی شروع به حرکت می کند. از لحظه ی شروع حرکت تا وقتی سرعت موتور به 20m/s برسد، چقدر مقدار تیل مصرف می شود. موثریت کار موتور را 25% در نظر بگیرید.

حل: از سوختن تیل یک مقدار انرژی حاصل می‌شود. از این انرژی 25% آن به انرژی حرکی موثر تبدیل می‌شود که انرژی قابل استفاده و مفید است. ابتدا این انرژی را محاسبه می‌کنیم.

انرژی مفید یا استفاده شده

$$\left. \begin{array}{l} m = 1360 \text{ Kg} \\ v = 20 \text{ m/s} \\ K = ? \end{array} \right\} K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1360 \cdot 20^2 = 272000 \text{ J} = 272 \text{ KJ}$$

انرژی حاصل از سوخت تیل:

$$E = \frac{E_{use}}{E_{Total}} \Rightarrow 0.25 = \frac{272 \text{ KJ}}{E_{Total}} \Rightarrow E_{Total} = \frac{272 \text{ KJ}}{0.25} \Rightarrow E_{Total} = 1088 \text{ KJ}$$

$$m = \frac{E_{Total}}{E_{1g}} = \frac{1088}{34} \Rightarrow m = 32 \text{ g}$$

انرژی نورانی

در روزهای سرد زمستان، قرار گرفتن در مقابل نور افتاب به انسان حرارت زیادی می‌دهد. هر جسمی که در مقابل تابش شعاع نور افتاب قرار گیرد، گرم می‌شود. یعنی انرژی داخلی جسم افزایش می‌یابد. با توجه به قانون تحفظ انرژی، نور افتاب حامل انرژی بوده است که وقتی به جسم تابیده، به انرژی داخلی آن تبدیل شده است. رشد و نمو گیاهان با تابش شعاع افتاب به آن‌ها عملی می‌شود. مثال‌های مشابه دیگری تایید کننده‌ی آن است که نور حامل انرژی است. به این انرژی، انرژی نورانی گفته می‌شود. منبع اصلی حیات انسان و سایر موجودات زنده حیوانی و نباتی انرژی موجود در نوری است که توسط افتاب تشعشع می‌شود و به زمین می‌رسد. به همین دلیل گفته می‌شود، منبع اصلی انرژی حیات زنده بر روی زمین افتاب است. نور تابشی جسم‌های دیگر، مانند نور افتاب حامل انرژی اند. اگر دست خود را در نزدیکی لامپ رشته‌ای قرار دهید، دست شما گرم می‌شود. ماشین‌های حساب که دارای سلول‌های حساس به نور هستند، در تاریکی و جایی که نور به آن‌ها نمی‌تابد، کار نمی‌کنند. اگر با دست، مانع تابش نور گروپ اتاق به آن‌ها شویم، خاموش می‌شوند. در حالی که در مقابل تابش نور گروپ روشن می‌مانند. در واقع انرژی نورانی به انرژی برقی تبدیل می‌شود.

مسایل

(۱) اگر شخصی قومی برابر با 30N را به جسمی وارد کند و آن را به اندازه 0.5m بالا ببرد، شخص مذکور چه مقدار کار انجام داده است؟

60J (۴)

38J (۳)

75J (۲)

15J (۱)

(۲) 100J مساوی است به:

$$7376lb - ft \quad (1) \quad 7.376lb - ft \quad (2)$$

$$73.76lb - ft \quad (3) \quad 0.7376lb - ft \quad (4)$$

(۳) موتري با سرعت 100Km/h در حرکت بوده، اگر کتله آن 950Kg باشد، انرژی حرکتی آن را دریافت

عبارت است از:

$$3644.675J \quad (1) \quad 364.4675KJ \quad (2)$$

$$364.4675J \quad (3) \quad 3644.675J \quad (4)$$

(۴) شخصی مطابق به تصویر ذیل به ارتفاع 100m بلند رفته است، کار اجرا شده توسط شخص عبارت است از:



$$5000J \quad (1) \quad 50KJ \quad (2)$$

$$500KJ \quad (3) \quad 500KJ \quad (4)$$

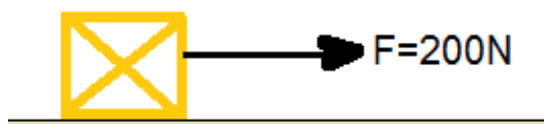
(۵) چه مقدار کار لازم است تا سرعت موتري با کتله 1000Kg از 20m/s به 30m/s برسد؟

$$25000J \quad (1) \quad 250KJ \quad (2) \quad 2500J \quad (3) \quad 25KJ \quad (4)$$

(۶) جسمی را از ارتفاع h رها می‌کنیم. با استفاده از قضیه کار و انرژی سرعت آن را در ارتفاع $\frac{3}{4}h$ عبارت است از:

$$\sqrt{4h} \quad (1) \quad \sqrt{20h} \quad (2) \quad \sqrt{15h} \quad (3) \quad \sqrt{10h} \quad (4)$$

(۷) مطابق شکل، به جسمی با کتله $m=10\text{Kg}$ قوه افقی $F=200\text{N}$ وارد می‌شود و جسم رابه اندازه 20m در استقامت افقی تغییر موقعیت می‌دهد. (قوه اصطکاک حرکتی برابر به 20N است) کار مجموعی مساوی است:



$1600J$ (۲)

$1200J$ (۱)

$160J$ (۴)

$16KJ$ (۳)

۸) جسمی با کتله $2Kg$ را با سرعت ثابت به فاصله $1m$ در مدت $0.2s$ بالا می‌بریم، این کار با چي طاقتي صورت گرفته است:

$25W$ (4)

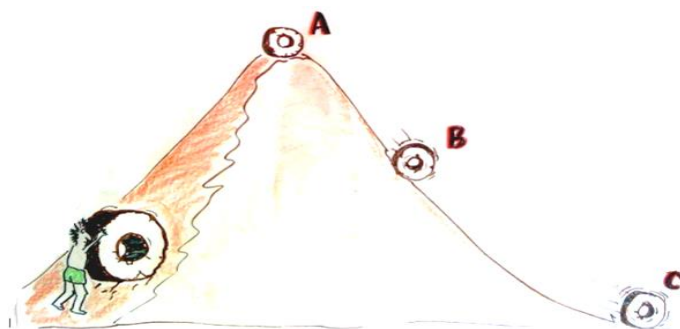
$98.1W$ (3)

$981W$ (2)

$9.81W$ (1)

۹) مطابق به تصوير سرعت جسم در نقطه يی C مساوی است به:

در صورتی که $(g = 10 m/s^2)$ باشد.



$4\sqrt{5h_A}$ (۱)

$\sqrt{18h_A}$ (۲)

$\sqrt{5h_A}$ (۳)

$2\sqrt{5h_A}$ (۴)

۱۰) کدام یک از قوه های ذیل از جمله قوه های غیر تحفظی به شمار می‌رود:

(۴) هر سه درست است

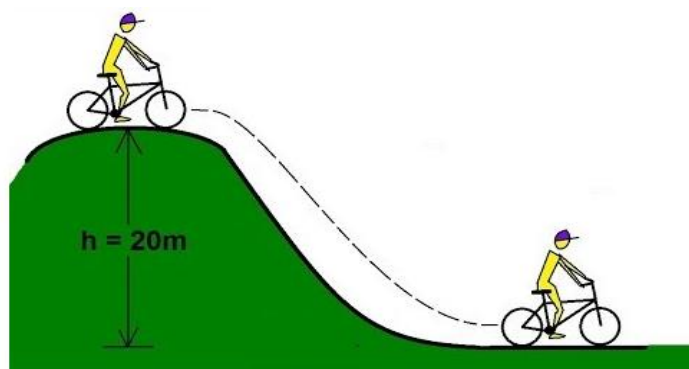
(۳) قومي وزن

(۲) قومي اصطكاك

(۱) قومي فنر

۱۱) مطابق به تصوير ذیل سرعت شخص در پایین تپه مساوی است به:

در صورتی که $(g = 10 \text{ m/s}^2)$ باشد.



$$20 \text{ m/s} \quad (1)$$

$$10 \text{ m/s} \quad (2)$$

$$15 \text{ m/s} \quad (3)$$

$$5 \text{ m/s} \quad (4)$$

(۱۲) فشار ثابت گاز داخل یک سلندر 5000P می‌باشد، در اثر افزایش درجه حرارت پستون در داخل سلندر به اندازه 5cm به عقب رانده می‌شود، در صورتی که قطر پستون 10cm باشد کار اجرا شده گاز بالای پستون مساوی است به:

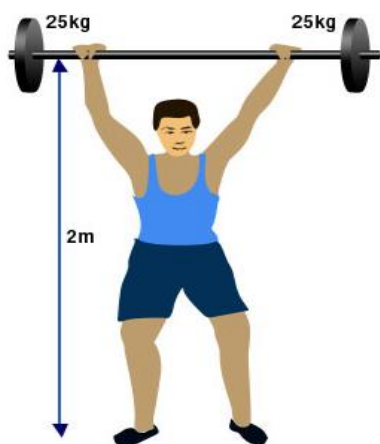
$$1.96J \quad (4)$$

$$19.6J \quad (3)$$

$$196J \quad (2)$$

$$6.91J \quad (1)$$

(۱۳) ورزشکاری مطابق به تصویر وزنه‌یی را در مدت ده ثانیه بلند نموده است، توان شخص مساوی است به:



$$98.1W \quad (2)$$

$$981W \quad (1)$$

$$9.81W \quad (4)$$

$$8.91W \quad (3)$$

(۱۴) برای این که طول یک فنر را از 40cm به 50cm تغییر دهیم، چه مقدار کار لازم است، در صورتی که طول نورمال فنر 30cm و ضریب ارتجاعیت 800N/m باشد؟

$$12J \quad (4)$$

$$4J \quad (3)$$

$$20J \quad (2)$$

$$16J \quad (1)$$

مأخذ

(۱) فصل سوم صنف هفتم. نصاب جدید معارف افغانستان، سال ۱۳۹۵ هجری شمسی.

(۲) فصل پنجم صنف یازدهم. نصاب جدید معارف افغانستان، سال ۱۳۹۵ هجری شمسی.

(۳) Fundamental of physic, Halliday, David, 8th edition, 2008

مأخذ:

این ممد درسی با همکاری کتابخانه درخت دانش به شما اهداء گردیده است.

www.ddl.af



Darakht-e Danesh Information



@AfghanOERs

