



اندازه گیری و کمیت های فیزیکی

کمیت: هر چیزی که بتوان آن را اندازه گیری کرد و با یک عدد بیان شود، کمیت است.

مانند: طول، دما، گرما، مهربانی، خوشحالی و... کمیت نیستند.

یکا: مقدار معین و قرار دادی از یک کمیت را یکا یا واحد آن کمیت می گویند، که به عنوان مقیاس اندازه گیری انتخاب می شود.

مانند: ثانیه، متر، کیلوگرم، ژول و....

اندازه گیری: مقایسه مقدار یک کمیت را با یکای آن کمیت اندازه گیری می گویند. مثلا وقتی می گوئیم طول یک خودکار 13cm است، یعنی طول خودکار 14 برابر یکای طول است.

* اساس تجربه و آزمایش، اندازه گیری است و برای بیان نتایج اندازه گیری از یک عدد و یکای مناسب استفاده می شود.

ویژگی های یکاها

برای اندازه گیری قابل اطمینان به یکاهای نیاز داریم که دارای این ویژگی ها باشند:

(1) تغییرناپذیری (ثابت بودن)

(2) در دسترس بودن و دارای قابلیت باز تولید در مکان های مختلف



دستگاه بین المللی یکاها

به مجموع یکاهای قابل استفاده و پذیرفته شده، دستگاه یکاها گفته می شود. دستگاه یکاهایی که دانشمندان از آن استفاده می کنند را دستگاه متریک می نامند. این دستگاه از سال ۱۹۶۰ دستگاه بین المللی (SI) نامیده شده است.

کمیت های اصلی

کمیت هایی هستند که یکای آنها به طور مستقل تعریف می شود. مجمع اوزان و مقیاس ها (در فرانسه) هفت کمیت را به عنوان کمیت های اصلی انتخاب کرده است. هفت کمیت اصلی و یکاهای آنها در SI عبارتند از:

کمیت اصلی	طول	جرم	زمان	دما	مقدار ماده	جریان الکتریکی	شدت روشنایی
یکای SI	متر	کیلوگرم	ثانیه	کلوین	مول	آمپر	کندلایا شمع
نماد یکا	m	kg	s	K	mol	A	cd

کمیت های فرعی

کمیت هایی هستند که یکای آنها بر حسب یکای کمیت های اصلی بیان می شود. مثلا تندی یک کمیت فرعی است، چون یکای آن ترکیبی از دو یکای اصلی (متر و ثانیه) است. چند نمونه:



۱) مساحت: عبارت است از حاصلضرب طول در عرض. کمیتی فرعی که یکای آن متر مربع می باشد: (m^2)

۲) حجم: عبارت است از حاصلضرب طول در عرض در ارتفاع؛ کمیتی فرعی که یکای آن متر مکعب می باشد: (m^3)

۳) تندی: عبارت است از تقسیم مسافت بر مدت زمان؛ و یکای آن متر بر ثانیه می باشد: $(\frac{m}{s})$

۴) شتاب: عبارت است از تقسیم تغییر سرعت بر مدت زمان؛ و یکای آن متر بر مجذور ثانیه می باشد: $(\frac{\frac{m}{s}}{s} = \frac{m}{s^2})$

کمیت‌های نرده‌ای و برداری

کمیت نرده‌ای (عددی یا اسکالر): کمیتی که برای بیان آن فقط از یک عدد و یکا استفاده می شود. مثال: دما، جرم، زمان، مسافت، تندی و

کمیت برداری: کمیتی که برای بیان آن، علاوه بر یک عدد و یکا، باید به جهت نیز اشاره کرد. مانند: جابه جایی، سرعت، شتاب، نیرو و

* برای نوشتن کمیت‌های برداری از علامت پیکان بالای نماد آن کمیت استفاده می شود. مانند: شتاب \vec{a} و نیرو \vec{F} .



* اگر علامت پیکان بالای یک کمیت برداری نباید (مثلا به صورت a و F) فقط اندازه آن کمیت برداری بیان شده است.

سازگاری یکاها در دو طرف تساوی

هنگام جایگذاری یکاها در روابط فیزیکی باید به سازگار بودن یکاها در دو طرف رابطه دقت شود. مثلا در رابطه $F=ma$ اگر شتاب بر حسب $\frac{m}{s^2}$ و جرم بر حسب kg باشد، نیرو بر حسب $\frac{kg \cdot m}{s^2}$ که همان نیوتن (N) است، به دست می آید. اما اگر مثلا جرم بر حسب گرم (g) باشد، ابتدا باید گرم را به کیلوگرم تبدیل کنیم و سپس در معادله قرار دهیم.

عوامل موثر بر دقت اندازه گیری

۱) تعداد دفعات اندازه گیری: برای کاهش خطا، معمولا اندازه گیری را چند بار تکرار کرده و میانگین اعداد را به عنوان نتیجه گزارش می کنند. اگر در میان اعداد، یک یا دو عدد پرت و جهود داشته باشد، باید قبل از محاسبه ی میانگین آنها را حذف کنیم.

۲) مهارت شخص آزمایشگر: یکی از مهارت ها، نحوه خواندن نتیجه اندازه گیری است. برای یک گزارش را مشاهده کنیم. مثلا در شکل مقابل، ناظر A مقداری کمتر از مقدار واقعی و ناظر C مقداری بیشتر از مقدار واقعی را اندازه می گیرد. فقط ناظر B که دقیقا در راستای قائم نگاه می کند، مقدار درست را می خواند.



۳) دقت وسیله اندازه گیری: هر چه دقت وسیله اندازه گیری بیشتر باشد (یعنی آن وسیله بتواند اندازه های کوچک تری را بسنجد) دقت اندازه گیری نیز بیشتر خواهد بود. مثلاً دقت خطکش میلی متری بیشتر از دقت خطکش سانتی متری است.

دقت وسیله اندازه گیری، کمترین مقداری است که دستگاه می تواند اندازه بگیرد (کمینه درجه بندی). در دستگاه های دیجیتال (رقمی)، دقت اندازه گیری عبارت است از یک واحد از آخرین رقمی که نشان می دهد.

تبدیل یکا (تبدیل واحد):

دکا	هکتو	کیلو	مگا	گیگا	ترا	پنتا
$da=10^1$	$h=10^2$	$k=10^3$	$M=10^6$	$G=10^9$	$T=10^{12}$	$P=10^{15}$
$d=10^{-1}$	$c=10^{-2}$	$m=10^{-3}$	$\mu=10^{-6}$	$n=10^{-9}$	$P=10^{-12}$	$f=10^{-15}$
دسی	سانتی	میلی	میکرو	نانو	پیکو	فمتو



«نماد علمی»

۱) صحیح یا غلط بودن تبدیل واحدهای زیر را بررسی کنید.

$$1/4 \times 10^3 \mu\text{g} = 1/4 \times 10^{-7} \text{Mg} \quad (1)$$

$$0.1 \text{PF cm}^3 = 1 \text{PF mm}^3 \quad (2)$$

$$5 \text{F} \frac{\text{km}}{\text{h}} = 900 \frac{\text{m}}{\text{min}} \quad (3)$$

$$1 \frac{\text{g}}{\text{L}} = 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (4)$$



۲) چه تعداد از تبدیل واحدهای زیر به صورت نماد گذاری علمی، به درستی انجام شده است؟

الف) $Ms = 34/3 \times 10^{-18} ns$

ب) $79/5 \times 10^{-3} km = 7/95 \times 10^3 pm$

پ) $3/7 cm^3 = 3/7 \times 10^1 mm^3$

ت) $159 \mu s^p = 1/59 \times 10^{-3F} Ts^p$

۱(ف)

۲(س)

۳(پ)

۴(ا)

.....

۳) فاصله‌ی بین دو نقطه برابر با $125 Tm$ است. این فاصله بر اساس نمادگذاری علمی و بر حسب میکرومتر کدام است؟

۲) $1/25 \times 10^{12}$

۱) $12/5 \times 10^{15}$

۴) $1/25 \times 10^{20}$

۳) $1/25 \times 10^{18}$





تیپ‌های مختلف سؤالات اندازه‌گیری

۱) آهنگ

.....

۴) بایک شلنگ، یک بطری ۵/ الیتری در مدت زمان ۳ ثانیه پر می‌شود. آهنگ خروج آب از

شلنگ بر حسب یکای میلی‌متر مکعب بر دقیقه $(\frac{\text{mm}^3}{\text{min}})$ کدام است؟

$$9 \times 10^2 \text{ (۲)}$$

$$9 \times 10^4 \text{ (۱)}$$

$$9 \times 10^8 \text{ (۴)}$$

$$9 \times 10^6 \text{ (۳)}$$





۵) وقتی شیر آب را باز می‌کنیم، در مدت زمان ۵ دقیقه، ۲۰ ظرف که حجم هر کدام ۱۲۰L

است، به طور کامل پر می‌شوند. آهنگ متوسط خروج آب از شیر چند $\frac{\text{mm}^3}{\mu\text{s}}$ است؟

$$۸ \times ۱۰^{-۳} \text{ (۴)}$$

$$۸۰۰ \text{ (۳)}$$

$$۸ \text{ (۲)}$$

$$۰/۸ \text{ (۱)}$$

.....

۲) تبدیل واحدهای خاص:

۶) اگر هر ذرع معادل ۱۰۴ سانتی‌متر و هر فرسنگ معادل ۶۰۰۰ ذرع باشد، ۳۱۲ نانومتر،

معادل با چند فرسنگ است؟

$$۵ \times ۱۰^{-۲} \text{ (۴)}$$

$$۵ \times ۱۰^{-۱} \text{ (۳)}$$

$$۵ \times ۱۰^{-۴} \text{ (۲)}$$

$$۵ \times ۱۰^{-۹} \text{ (۱)}$$





۷) فرلانگ (furlong)، راد (rod) و چین (chain) از واحدهای قدیمی اندازه گیری طول در انگلستان هستند و ذرع و فرسنگ از واحدهای قدیمی اندازه گیری طول در ایران می باشند.

طول معادل با $۹۵/۴$ furlong با چند فرسنگ است؟

(۶۰۰۰ ذرع = ۱ فرسنگ، ۱۶ cm = ۱ ذرع، ۵ m = ۱ rod، ۱ chain = ۱۰ furlong)

۶ (۴)

۴/۵ (۳)

۱/۵ (۲)

۳ (۱)



.....

۳) سوالات مجهول دار:

۸) اگر یکای واحد کمیت فشار در SI بر حسب یکاهای اصلی به صورت

$(\mu)^{\beta} (mm)^{\alpha} (dag)^x$ تعریف شده باشد، در این صورت مقدار x کدام است؟

-۹ (۴)

۹ (۳)

-۱۳ (۲)

۱۳ (۱)





۴) سؤالات مربوط به حجم

۹) مکعب‌های کوچک یکسانی که می‌خواهیم با آن‌ها جعبه‌های بزرگی را پر کنیم. ابعاد مکعب‌های کوچک $۲\text{ cm} \times ۴۰\text{ mm} \times ۲\text{ dm}$ است. با چه تعداد از این مکعب‌ها می‌توان

جعبه‌ی بزرگی به ابعاد $۰/۴\text{ هکتومتر} \times ۰/۲\text{ دکامتر} \times ۴ \times ۱۰^{-۵}\text{ مگامتر}$ را پر کرد؟

$$۱) ۲ \times ۱۰^{۳} \quad ۲) ۲ \times ۱۰^۲ \quad ۳) ۵ \times ۱۰^۲ \quad ۴) ۵ \times ۱۰^۴$$

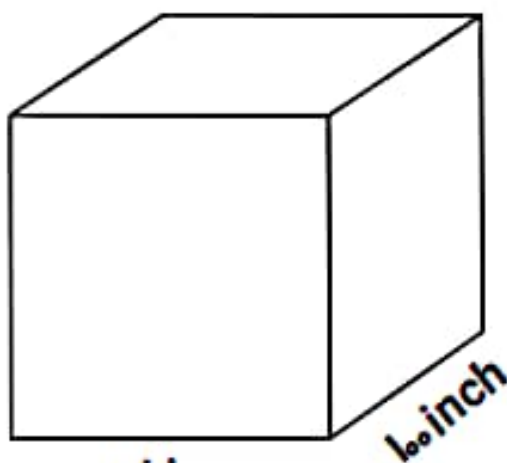


.....

۱۰) حجم هر گالن معادل $۴/۵$ لیتر است. اگر در آکواریوم مکعب مستطیل شکل زیر، ۲۰۰۰

گالن آب بریزیم، ارتفاع آب در آکواریوم چند متر می‌شود؟

($۱\text{ فوت} = ۱۲\text{ inch}$ ، $۳\text{ فوت} = ۱\text{ یارد}$ و $۲/۵\text{ cm} = ۱\text{ inch}$)



۱۰ یارد

$$۱) ۴/۵$$

$$۲) ۲/۵$$

$$۳) ۴$$

$$۴) ۲۵$$





(۵) تست پلاس:

■ اسلاگ (slug) یکای واحد جرم و فوت (ft) یکای واحد طول در سیستم انگلیسی است.

با توجه به تساوی زیر، کدام پیشوند SI به جای ■ قرار گیرد تا تساوی برقرار شود؟

$$(1 \text{ slug} = 14.7 \text{ kg}, 1 \text{ ft} = 0.305 \text{ m})$$

$$5 \times 10^y \text{ slug} \frac{\text{ft}}{\text{s}^p} = 11/9 \times 10^{1y} \text{ mg} \frac{\text{cm}}{\text{s}^p}$$

M (۴)

m (۳)

da (۲)

d (۱)

.....

(۱۲) رابطه‌ی میان چهار کمیت a، b، c و d به صورت $a = \frac{b^p c}{d^q}$ است. اگر یکای کمیت‌های b،

c و d به ترتیب kN، MPa و J باشد، کمیت a کدام است؟

 $10^{-۳} \text{ J}^p$ (۴) $10^{۳} \text{ Pa}^p$ (۳) $10^{-۵} \text{ J}^p$ (۲) $10^{-۳} \text{ Pa}^p$ (۱)

اندازه‌گیری

فصل

۲

بخش ۲: فشار

فشار جامدات:

به نسبت اندازه نیروی عمود بر واحد سطح فشار می‌گویند.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$$

$$\frac{N}{m^2} = Pa \quad \text{یکای فشار بر حسب پاسکال}$$

F همان نیروی عمود بر سطح می‌باشد.

A منظور مساحت سطح تماس جسم مورد نظر و سطح مورد نظر می‌باشد مثلاً وقتی می‌گوییم فشاری که یک شخص به زمین وارد میکند، منظور سطح تماس کف پای شخص با زمین است.

زمانی که در سوال جرم جسم را بر حسب kg دادند از رابطه $\frac{mg}{A}$ و زمانی که نیروی وارد شونده از جسم را بر حسب N دادند از رابطه $\frac{F}{A}$ استفاده می‌کنیم.

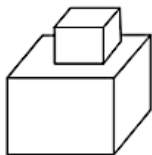
مثال

شخصی به جرم 80 kg روی سطح افقی ایستاده است. اگر مساحت کف کفش‌های شخص 150 cm^2 باشد. فشاری که این شخص به زمین وارد میکند چند پاسکال است؟

مثال آموزشی

تست

مطابق شکل روبه‌رو طول هر ضلع مکعب بالایی 10 cm و جرم آن 2 kg و طول هر ضلع مکعب پایینی 20 cm و جرم آن 4 kg است. فشاری که مکعب بالایی به پایینی وارد می‌کند و فشاری که مکعب پایینی به سطح افقی وارد می‌کند، به ترتیب از راست به چپ چند پاسکال است؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2})$



۱۰۹۲۰ ۲

۱۵۹۲۰ ۱

۱۰۰۰۹۲۰۰۰ ۴

۱۵۰۰۹۲۰۰۰ ۳

تست آموزشی



کپرل آموزشی



رابطه مستقیم و عکس! مستقیماً عکس

در کل فیزیک و فرمول‌های موجود، همیشه یک مولفه ای مثل (فشار) برابر است با مجموعه ای از مولفه های دیگر (که در فشار برابر با می باشد).

هر آنچه که با مولفه اول رابطه مستقیم داشته باشد بالای خط کسری و هر آنچه که رابطه عکس داشته باشد پایین خط کسری نوشته می شود

$$A = \frac{\text{رابطه مستقیم}}{\text{رابطه عکس}}$$



در سال‌های گذشته سوالات کنکور و طراح‌های آزمون‌های آزمایشی سوالاتی را مطرح کردند که از این رابطه می‌توان سوالات را به آسانی حل کرد، در این سوالات می‌توان از دو روش ذهنی و تناسب استفاده کرد.

✓ زمانی که یک جسم را در دو حالت و یا دو جسم را با یکدیگر مقایسه کنند می‌توان از روش زیر در کل فیزیک استفاده کرد.
روش ذهنی:

مثال: جسمی بر روی سطح افق قرار دارد و فشاری را به سطح افق وارد میکند، اگر جرم جسم را ۲ برابر و سطح تماس جسم را نصف کنیم، فشار چه تغییری میکند؟

می‌خواید به سوال کنکور از فیزیک یازدهم حل کنیم؟؟؟

۹۷-۹۸ اگر اندازه بارهای هر یک از دو بار الکتریکی نقطه‌ای را ۳ برابر کنیم و فاصله بین آن‌ها را نیز ۳ برابر کنیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟

- ۱ ۲ ۳ ۴ ۹

روش تناسب:

در این روش با استفاده رابطه بالا می‌توان برای دو حالت مورد سوال به راحتی یک تناسب نوشت. البته این راه حل بیشتر برای نوشتن تشریحی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای مثال در رابطه فشار و یا انرژی جنبشی، تناسب به شکل زیر نوشته میشود:

۹۵-۹۶ مکعبی به ضلع 60 cm پر از آب است. اگر همه‌ی آب این مکعب را درون استوانه‌ای که مساحت قاعده‌ی آن 36 m^2 است بریزیم، فشاری که این آب در کف استوانه ایجاد می‌کند، چند برابر فشاری است که در کف مکعب ایجاد می‌کند؟

- ۱ ۲ ۳ ۴ $\frac{\pi}{2}$



نکته



۹۳-۹۲ دو استوانه‌ی توپروهم وزن A و B روی سطح افقی کنار هم قرار دارند. اگر شعاع قاعده‌ی استوانه‌ی B ، دو برابر شعاع قاعده‌ی استوانه‌ی A باشد، فشار حاصل از استوانه‌ی A چند برابر فشار حاصل از استوانه‌ی B است؟

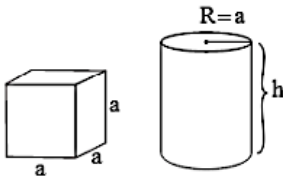
- ۱ ۲ ۳ ۴
- ۱ ۲ ۳ ۴

تست آموزشی

نکته



۹۷-۹۶ در شکل زیر استوانه و مکعب هم‌جنس و هم‌حجم و هر دو توپُر هستند و روی سطح افقی کنار هم قرار دارند. اگر شعاع استوانه برابر هر ضلع مکعب باشد، فشار حاصل از استوانه بر سطح افقی چند برابر فشار حاصل از مکعب روی سطح افقی است؟



- ۱ ۲ ۳ ۴
- ۱ ۲ ۳ ۴

تست آموزشی

نکته



دو استوانه ۱ و ۲ روی سطح افقی کنار یکدیگر قرار دارند، اگر قطر قاعده‌ی استوانه ۱ دو برابر قطر قاعده‌ی استوانه ۲ باشد و جرم استوانه ۲ سه برابر جرم استوانه ۱ باشد، فشار حاصل از استوانه ۱ چند برابر فشار حاصل از استوانه ۲ می‌باشد؟

- ۱ ۲ ۳ ۴

تست آموزشی

کپول آموزشی



وقتی یک جسم متوازی السطوح (یعنی از بالا تا پایین به یک شکل بالا رفته باشد) مانند مکعب و استوانه، از یک ماده همگن و توپُر ساخته شده باشد. و روی یک سطح افقی قرار بگیرد. فشار ناشی از آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} \rightarrow$$



نکته



۹۸-۹۷ مکعب فلزی توپری به ابعاد $2\text{cm} \times 4\text{cm} \times 5\text{cm}$ و چگالی 8g/cm^3 از طرف یکی از وجه‌هایش روی سطح افقی قرار می‌گیرد. بیشترین فشاری که مکعب می‌تواند بر سطح وارد کند، چند پاسکال است؟ ($g = 10\text{N/kg}$)

- ۱ ۲ ۳ ۴
- ۱ ۲ ۳ ۴

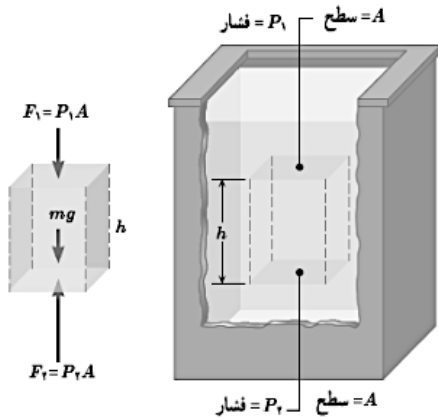
تست آموزشی

فشار در مایع‌های ساکن:

هرگاه درون ظرفی مایعی بریزیم، بدون در نظر داشتن شکل ظرف، فشار مایع در هر نقطه از طرف از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P = \rho gh$$

اثبات فرمول بالا:



در شکل رو به رو مایع ساکنی را نشان داده ایم. در این شکل قسمت فرضی مکعب شکل را از مایع جدا کرده و نیروهای وارد بر آن را رسم کرده ایم. از آنجا که مایع ساکن است، نیروی خالص وارد بر آن صفر می‌شود:

$$F_1 + mg - F_2 = 0 \rightarrow F_1 + mg = F_2$$

$$PA_1 + mg = PA_2 \rightarrow$$

$$P_1 + \rho gh = P_2$$

فشار بالای مکعب فرضی در صورت انتخاب یک نقطه برای محاسبه فشار در آن نقطه، فشار هوا در نظر گرفته می‌شود که در ادامه توضیح خواهیم داد

$$P = \rho gh$$

مثال

قطر داخلی استوانه‌ی بلندی ۲cm است. اگر آن را به طور قائم نگاه‌داشته و ۱۵۷cm^۳ آب در آن بریزیم، فشار حاصل از آب در ته استوانه چند پاسکال می‌شود؟ ($g = 10 \frac{m}{s^2}$, $P_{آب} = 1000 \frac{kg}{m^3}$)

- ۱ ۱۵۰
- ۲ ۳۰۰
- ۳ ۲۵۰۰
- ۴ ۵۰۰۰

مثال آموزشی

نکته

کیپول آموزشی

$$P = \rho gh$$

فشار در مایعات فقط به ارتفاع و چگالی جسم بستگی دارد و به شکل ظرف بستگی ندارد. فشار با ارتفاع و چگالی رابطه مستقیم دارد، یعنی با افزایش ارتفاع فشار نیز بیشتر می‌شود.



مثال

درون سه ظرف مقابل تا ارتفاع یکسان آب ریخته ایم، کدام گزینه صحیح است؟

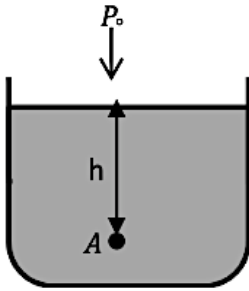


- (۱) $P_1 > P_2 > P_3$
- (۲) $P_1 < P_2 < P_3$
- (۳) $P_1 = P_2 > P_3$
- (۴) $P_1 = P_2 = P_3$

مثال آموزشی



فشار در مایعات با حضور فشار هوا:



در سطح آزاد مایعات هوا وجود دارد، و این هوا به سطح مایع فشار وارد میکند. پس وقتی می‌خواهیم فشار یک نقطه در مایع را محاسبه کنیم، فشار هوا را نیز در رابطه جمع می‌کنیم.

بین هر نقطه A که بیضا است فشارش را محاسبه کنیم. یک ترازو به جاش قرار بده و صحنه که با %CS سرش برد رو جمع کن!

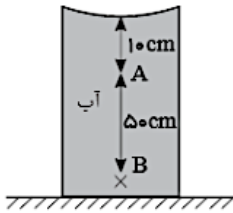
فشار هوا برابر با 10^5 pa یا 1 atm است $\rightarrow P_A = \rho gh + P_0$

مثال

در شکل مقابل، فشار در نقطه‌ی B چند برابر فشار در نقطه‌ی A است؟

۸۸-۸۹

$(P_0 = 9.9 \times 10^4 \text{ pa}, \rho_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$



مثال آموزشی



مثال

در چه عمقی از آب فشار چهار برابر فشار سطح آب می‌شود؟

$(P_0 = 10^5 \text{ Pa}, g \simeq 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \rho_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3})$

مثال آموزشی

اختلاف فشار دو نقطه:



مثال

اختلاف فشار دو نقطه درون آب به عمق‌های 20cm و 60cm چند پاسکال است؟

مثال آموزشی

مثال

اختلاف فشار خون در سر و پای شخصی به قد ۱/۸ متر چند پاسکال است؟ (چگالی خون 1060 kg/m^3 است.)

مثال آموزشی



کار و انرژی

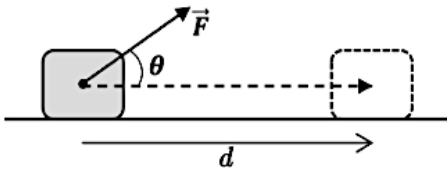
۳

فصل

بخش ۱: کار و انرژی جنبشی

تعریف کار:

با انجام کار، انرژی از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود. اگر بر جسمی نیروی ۱N وارد شود و آن جسم در جهت نیرو به اندازه ۱m جابه‌جا شود، آنگاه ۱J کار انجام شده است. کار یک کمیت نرده‌ای است و از رابطه زیر به دست می‌آید:



$$W = F_x \times d = F \cos \theta \times d$$

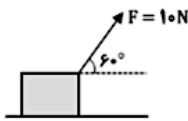
$$\Rightarrow W = Fd \cos \theta$$

W : کار انجام شده بر روی جسم (ژول J) F : نیرو (نیوتن N) d : جابه‌جایی (متر m) θ : زاویه بین F و d

★ در سه صورت کار انجام شده بر روی جسم برابر با صفر می‌شود (یعنی کاری انجام نمی‌گیرد):
 ① اگر نیرویی به جسم وارد نشود: ($F = 0$) .
 ② جابه‌جایی اتفاق نیفتد: ($d = 0$) .
 ③ نیرو بر جابه‌جایی عمود باشد: ($\theta = 90^\circ$) .

مثال

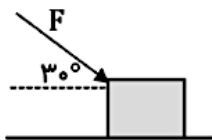
مطابق شکل، جسمی به جرم ۵۰۰g در راستای افقی به اندازه ۲۰cm جابه‌جا شده است. کار نیروی F را به دست آورید.



مثال آموزشی

مثال

شخصی جعبه‌ای به جرم ۵kg را مانند شکل مقابل با نیروی ثابت ۱۶N هل می‌دهد. اگر نیروی اصطکاک بین جسم و زمین $f = ۲N$ باشد، کار هر یک از نیروهای وارد بر جسم را در ۳m جابه‌جایی افقی محاسبه کنید.



مثال آموزشی

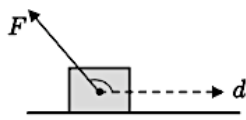




نکته

بررسی علامت کار:

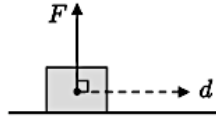
علامت کار می‌تواند مثبت یا منفی نیز باشد:



$$90^\circ < \theta \leq 180^\circ$$

$$\cos \theta < 0$$

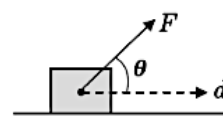
$$W < 0$$



$$\theta = 90^\circ$$

$$\cos \theta = 0$$

$$W = 0$$



$$0 \leq \theta < 90^\circ$$

$$\cos \theta > 0$$

$$W > 0$$

کیول آموزش



کار در حرکت قائم یکنواخت:

فرض کنید می‌خواهیم جسمی را به صورت یکنواخت (یعنی با تندی ثابت) به بالای سر خود ببریم. اگر نیرویی که بر جسم وارد می‌کنیم کمتر از وزن آن باشد، جسم اصلاً بالا نمی‌رود؛ و اگر نیرو بیشتر از وزن جسم باشد، جسم به طور غیریکنواخت بالا می‌رود (در این حالت حرکت جسم یکنواخت نیست، بلکه حرکت شتابدار است و سرعت جسم لحظه به لحظه بیشتر می‌شود).

در نتیجه: اگر بخواهیم جسمی را به طور یکنواخت (با تندی ثابت) بالا ببریم، باید نیرویی برابر با وزن جسم در جهت رو به بالا بر آن وارد کنیم.

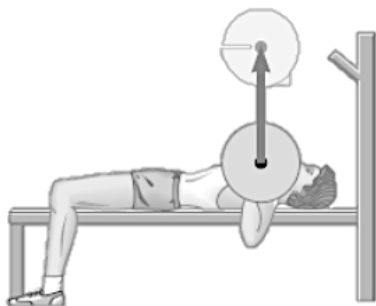
مثال

الف) ورزشکاری وزنه‌ای به جرم 70 kg را در راستای قائم به طور یکنواخت تا ارتفاع 50 cm بالای سر خود می‌برد. کاری که این ورزشکار روی وزنه انجام داده است را محاسبه کنید.

ب) سوال قسمت الف را برای حالتی حساب کنید که ورزشکار با وارد کردن همان نیرو وزنه را 50 cm به آرامی پایین می‌آورد.

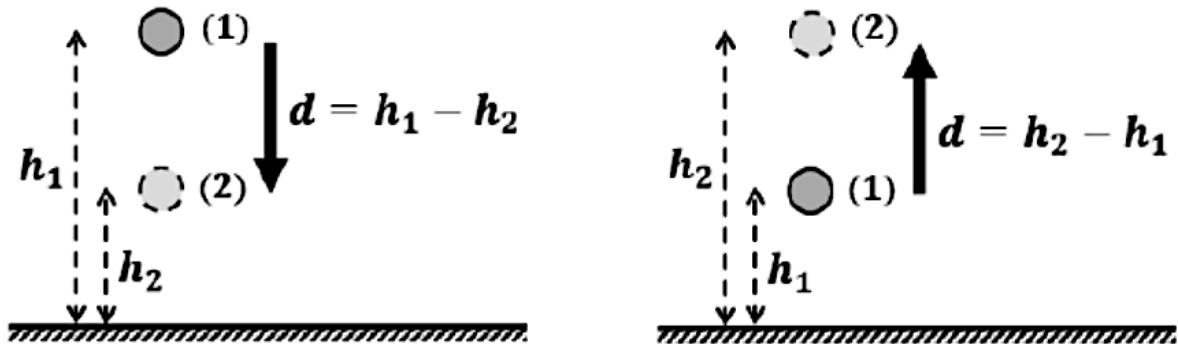
ج) در این دو حالت، چه تفاوتی بین مقادیر به دست آمده برای کار انجام شده توسط ورزشکار وجود دارد؟

د) اگر وزنه‌بردار وزنه را 3 s بالای سر خود نگه دارد، در این مدت چقدر کار انجام داده است؟ ($g = 9.8 \text{ N/kg}$)





کار نیروی وزن:

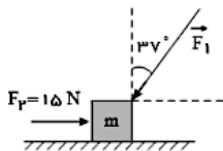


محاسبه کار کل:

اگر به جسمی چند نیرو وارد شود، برای محاسبه کار کل، ابتدا کار هر نیرو را محاسبه می‌کنیم و سپس آنها را با در نظر گرفتن علامت جمع می‌کنیم: $(W_t = W_1 + W_2 + \dots)$

مثال

در شکل زیر جسمی به جرم m روی سطح افقی بدون اصطکاک تحت تأثیر دو نیروی \vec{F}_1 و \vec{F}_2 از حال سکون شروع به حرکت می‌کند. اگر کار برایند نیروهای وارد بر جسم پس از ۲۰ متر جابه‌جایی روی سطح افقی برابر با ۳۶۰ ژول باشد، اندازه \vec{F}_1 چند نیوتون است؟ $(\cos 37^\circ = 0.8)$



- | | | | |
|----------------|---|-----------------|---|
| ۵ | ۲ | ۵۵ | ۱ |
| $\frac{15}{4}$ | ۴ | $\frac{165}{4}$ | ۳ |

مثال آموزشی



انرژی جنبشی:

انرژی وابسته به حرکت جسم را انرژی جنبشی (انرژی حرکتی) می‌گویند: $K = \frac{1}{2}mv^2$

m : جرم برحسب کیلوگرم kg . v : تندی برحسب متربرثانیه m/s . K : انرژی جنبشی برحسب ژول J .

★ انرژی جنبشی کمیتی نرده‌ای است. بنابراین به جهت و مسیر حرکت بستگی ندارد. همچنین، انرژی جنبشی کمیتی همواره مثبت است (زیرا $m, v^2 \geq 0$).

★ هر جسمی که تندتر حرکت کند، لزومی ندارد که حتما انرژی جنبشی بیشتری هم داشته باشد. چون انرژی جنبشی هم به جرم و هم به تندی بستگی دارد. (



تغییر انرژی جنبشی:

اگر مقدار اولیه انرژی جنبشی K_1 و مقدار ثانویه آن K_2 باشد، تغییر انرژی جنبشی (کاهش / افزایش) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Delta K = K_2 - K_1$$

مثال

جرم خودرویی به همراه راننده‌اش 800 kg است. چنانچه تندی این خودرو از $15 \frac{m}{s}$ به $10 \frac{m}{s}$ کاهش یابد، تغییر انرژی جنبشی مجموعه برحسب کیلوژول کدام است؟

مثال آموزشی

- ۱ ۵۰ ۲ ۱۰۰ ۳ -۵۰ ۴ -۱۰۰

رابطه مقایسه ای انرژی جنبشی:

برای مقایسه انرژی جنبشی دو جسم و یا مقایسه انرژی جنبشی یک جسم در دو حالت مختلف، از رابطه نسبت انرژی‌ها استفاده می‌شود:

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{1}{2}m_2v_2^2}{\frac{1}{2}m_1v_1^2} \rightarrow \frac{K_2}{K_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$$

★ در رابطه $K = \frac{1}{2}mv^2$ یکاها باید SI باشند، اما در رابطه نسبت دو انرژی جنبشی $\frac{K_2}{K_1}$ فقط کافی است یکاها یکسان باشند.



مثال

اگر انرژی جنبشی جسمی ۳۶ درصد کاهش یابد، تندی آن چند درصد کاهش یافته است؟ (جرم جسم ثابت است).

مثال آموزشی



مثال

جسمی به جرم ۶ کیلوگرم در حال سکون قرار دارد. اگر به این جسم نیرویی به اندازه ۶ نیوتن وارد شود. تندی آن پس از ۸ متر جابجایی به ۴ می رسد.
الف) کار نیروی ۶ نیوتنی چقدر است؟
ب) انرژی جنبشی جسم در پایان جابجایی چقدر است؟

مثال آموزشی

قضیه کار و انرژی جنبشی:

قضیه کار و انرژی جنبشی: کار کل انجام شده بر روی جسم در یک جابجایی معین، برابر است با تغییر انرژی جنبشی جسم در همان جابجایی (این قضیه برای هر مسیر مستقیم یا خمیده‌ای برقرار است):

$$W_t = \Delta K$$

حالت ۱. اگر نیروی خالص وارد بر جسم با جابه‌جایی هم‌جهت باشد: روی جسم کار انجام می‌شود (کار مثبت). یعنی در طول حرکت به جسم انرژی داده شده و سرعت آن افزایش می‌یابد:

$$\theta = 0 \rightarrow W_t = Fd \cos 0 > 0 \rightarrow \Delta K > 0 \rightarrow K_2 > K_1 \rightarrow v_2 > v_1$$

حالت ۲. اگر نیروی خالص وارد بر جسم در خلاف جهت جابه‌جایی باشد: جسم کار انجام می‌دهد (کار منفی). یعنی در طول حرکت از جسم انرژی گرفته شده و سرعت آن کاهش می‌یابد:

$$\theta = 180 \rightarrow W_t = Fd \cos 180 < 0 \rightarrow \Delta K < 0 \rightarrow K_2 < K_1 \rightarrow v_2 < v_1$$

مثال

جسمی به جرم ۲ کیلوگرم با تندی ۶ در حال حرکت است و پس از ۴ متر جابجایی متوقف می‌شود و مقدار نیروی اصطکاک آن ۹ نیوتون است.
الف) کار نیروی اصطکاک ۹ نیوتونی چقدر است؟
ب) تغییر انرژی جنبشی در این جابجایی چقدر است؟

مثال آموزشی

مثال

جرم یک خودرو به همراه راننده‌اش ۱۰۰۰ کیلوگرم است. وقتی این خودرو از موقعیت A به موقعیت B می‌رود، کار کل انجام شده روی آن ۴۰۰ kJ است. اگر تندی خودرو در موقعیت A برابر با $10 \frac{m}{s}$ باشد، تندی آن در موقعیت B چند متر بر ثانیه است؟

۴۰ ۴ ۳۰ ۳ ۲۰ ۲ ۱۵ ۱

مثال آموزشی



کار و انرژی

۳

فصل

بخش ۲: انرژی پتانسیل و انرژی مکانیکی

انرژی پتانسیل:

به نوعی از انرژی که به دلیل شکل یا موقعیت اجسام نسبت به یکدیگر در آنها ذخیره می‌شود، انرژی پتانسیل (U) می‌گویند. شکل‌های مختلف انرژی پتانسیل (انرژی ذخیره‌ای) عبارتند از:

۱. انرژی پتانسیل گرانشی: اگر جسمی را از سطح زمین بالا ببریم، انرژی پتانسیل گرانشی در سیستم ذخیره می‌شود.
۲. انرژی پتانسیل کشسانی: با کشیدن و یا فشردن فنر یا کش، در آن انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره می‌شود.
۳. انرژی پتانسیل الکتریکی: با نزدیک کردن دو بار الکتریکی هم‌نام به یکدیگر، انرژی پتانسیل الکتریکی در آنها ذخیره می‌شود.

★ یک جسم به تنهایی نمی‌تواند انرژی پتانسیل داشته باشد. زیرا انرژی پتانسیل از ویژگی‌های یک سامانه (سیستم) است و به موقعیت (مکان) جسم نسبت به اجسام دیگر بستگی دارد. مثلاً: انرژی پتانسیل گرانشی جسم به ارتفاع آن از سطح زمین وابسته است. در واقع باید بگوییم: «انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم - زمین». البته گاهی برای سادگی به جای «انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم - زمین»، فقط از عبارت «انرژی پتانسیل گرانشی جسم» استفاده می‌شود.

انرژی پتانسیل گرانشی:

تعریف: انرژی ذخیره شده در اجسام به دلیل داشتن ارتفاع از سطح زمین را انرژی پتانسیل گرانشی در سامانه جسم - زمین می‌گویند. انرژی پتانسیل گرانشی متشکل از زمین و جسمی به جرم m که در ارتفاع h از سطح زمین قرار دارد برابر است با:

$$U = mgh$$

U : انرژی پتانسیل گرانشی (J) m : جرم (kg) g : شتاب جاذبه گرانشی ($\frac{N}{kg}$) h : ارتفاع (m)

تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی:

اگر جسم از ارتفاع h_1 به h_2 نسبت به مبدأ جابه‌جا شود، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی عبارت است از:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = mgh_2 - mgh_1 = mg(h_2 - h_1) \quad \rightarrow \quad \Delta U = mg\Delta h$$

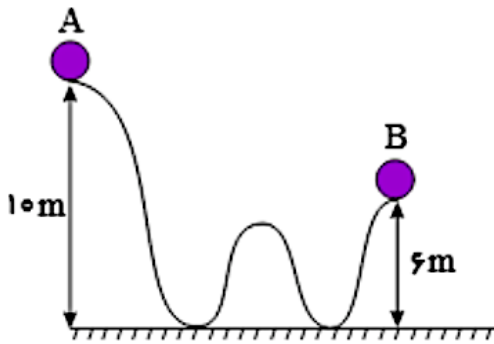
انتخاب مبدأ:

اگر فردی از شما بپرسد که «ارتفاع شما چند متر است؟»، ابتدا از او می‌پرسید «ارتفاع از کجا؟! ارتفاع از سطح دریا؟ ارتفاع از کف زمین؟ ارتفاع از سقف؟...». بنابراین در اندازه‌گیری ارتفاع، قبل از هر چیزی باید نقطه مبدأ را انتخاب کنیم. کمیتی که در فیزیک اهمیت دارد، تغییر ارتفاع بین دو نقطه است، نه مقدار آن در یک نقطه خاص. بنابراین می‌توانیم مبدأ ارتفاع ($h = 0$) را هر جای دلخواه انتخاب کنیم. چون تغییرات ارتفاع (Δh) به مبدأ بستگی ندارد.



مثال

در شکل مقابل گلوله ای به جرم ۴ کیلوگرم رها میشود. انرژی پتانسیل در دو نقطه و تغییرات انرژی پتانسیل را محاسبه کنید



مثال آموزشی



کار نیروی وزن و ارتباط آن با نیروی پتانسیل گرانشی:

قبلا کار نیروی وزن را از رابطه $(W_{mg} = Fd \cos \theta = mgd \cos \theta)$ به دست آوردیم. اکنون می خواهیم ارتباط بین کار نیروی وزن (W_{mg}) و انرژی پتانسیل گرانشی (ΔU) را به دست آوریم. این کمیت ها را در دو حالت بررسی می کنیم: ① وقتی جسم به طرف بالا پرتاب شود. ② وقتی جسم به طرف پایین سقوط کند:

وضعیت	۱. بالا رفتن جسم	۲. پایین آمدن جسم
شکل		
محاسبه	$W_{mg} = Fd \cos 180^\circ = -mgd < 0$	$W_{mg} = Fd \cos 0^\circ = +mgd > 0$
کمیت ها	$\Delta U = mg(h_2 - h_1) = +mgd > 0$	$\Delta U = mg(h_2 - h_1) = -mgd < 0$

★ در هر دو حالت، علامت ΔU با علامت W_{mg} مخالف است. پس کار نیروی وزن برابر است با منفی تغییر انرژی پتانسیل

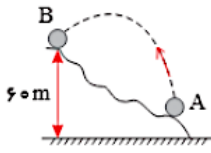
گرانشی سامانه جسم - زمین:

$$W_{\text{وزن}} = -\Delta U$$



مثال

مطابق شکل، جسمی به جرم 3kg را از نقطه A پرتاب می‌کنیم تا به نقطه B برسد. اگر قدر مطلق کار نیروی وزن در این جابجایی 450J باشد، تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم و زمین در این جابجایی چند ژول و ارتفاع نقطه A از سطح زمین برحسب متر به ترتیب از راست به چپ کدام است؟ $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$



۱۵, +۴۵۰

۲

۴۵, -۴۵۰

۱

۴۵, +۴۵۰

۴

۱۵, -۴۵۰

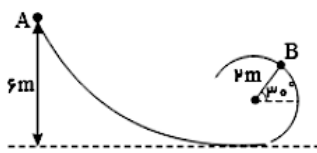
۳



مثال آموزشی

مثال

در شکل زیر، جسمی به جرم 4kg را از نقطه A روی سطح پرتاب می‌کنیم. کار نیروی وزن بر روی جسم در جابه‌جایی از نقطه A تا نقطه B چند ژول است؟ $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$



-۸۰

۲

-۱۲۰

۱

۸۰

۴

۱۲۰

۳



مثال آموزشی