

تعریف اندازه گیری: مقایسه ای که نتیجه آن بدست آوردن عدد باشد اندازه گیری گویند

تعریف کمیت اصلی: به مجموعه کمیت‌های مستقل کمیت‌های اصلی گویند که عبارتند از طول-جرم-زمان-دما و شدت جریان الکتریکی (بار الکتریکی)

تعریف واحدهای اصلی: به واحدهایی گفته میشود که کمیت‌های آنها اصلی باشد و این واحدها (یکاهای مستقل میباشند)

جدول ۱-۱ یکاهای کمیت‌های اصلی در دستگاه بین‌المللی یکاها (SI)

نام کمیت و نماد	یکای آن در SI	نماد یکا
طول (L)	متر	m
جرم (m)	کیلوگرم	kg
زمان (t)	ثانیه	s
دما (T)	کلوین	K
شدت جریان الکتریکی (I)	آمپر	A

تعریف کمیت فرعی: به کمیت‌هایی گفته میشود که از ترکیب کمیت‌های اصلی با یکدیگر بدست می آید.

مانند نیرو-اندازه حرکت-شتاب - سرعت - میدان الکتریکی

تعریف واحدهای فرعی: به واحدهایی گفته میشود که از ترکیب واحدهای اصلی با یکدیگر بدست

می آید. مانند نیوتن $N = kg \frac{m}{s^2}$ و $kg \frac{m}{s}$, $\frac{m}{s^2}$, $\frac{m}{s}$ و

مثال:

در دستگاه بین‌المللی یکاها یکای نیرو را به دست آورید.

پاسخ: نیرو یک کمیت فرعی است زیرا به کمیت‌های دیگری وابسته است. در علوم تجربی سال نهم آموختید:

$$F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

حال اگر بخواهیم یکای نیرو را به عنوان یک کمیت فرعی در دستگاه بین‌المللی یکاها به دست آوریم می‌بایست با توجه به محل قرارگیری هر یک از کمیت‌ها در رابطه بالا، یکای آنها را در محل خود قرار دهیم، یعنی:

$$(F) = kg \times \frac{s}{s} = kg \frac{m}{s^2}$$

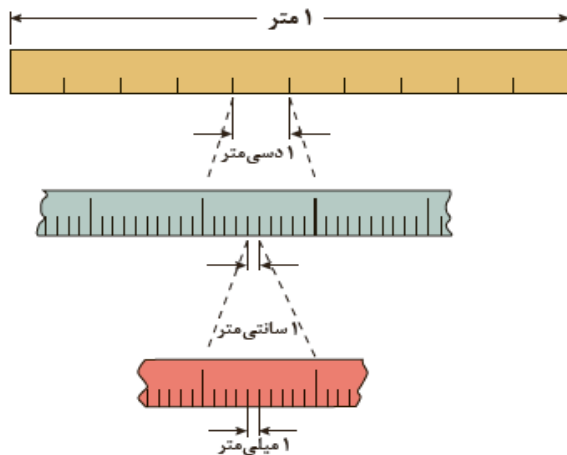
نکته: Δ یعنی تغییرات و میشود دومی منهای اول مثلاً $\Delta v = v_2 - v_1$

توجه داشته باشید که در این کتاب تغییرات یک کمیت را با علامت Δ نشان می‌دهیم. در نتیجه در رابطه صفحه قبل Δv به معنی تغییرات سرعت و Δt به معنی تغییرات زمانی است.

پیشوندها :

جدول ۱-۲ پیشوندهای مورد استفاده در دستگاه SI

پیشوندهای کوچک کننده			پیشوندهای بزرگ کننده		
نماد	پیشوند	مضرب	نماد	پیشوند	مضرب
a	آتو	10^{-18}	E	اگزا	10^{+18}
f	فمتو	10^{-15}	P	پتا	10^{+15}
p	پیکو	10^{-12}	T	ترا	10^{+12}
n	نانو	10^{-9}	G	گیگا	10^{+9}
μ	میکرو	10^{-6}	M	مگا	10^{+6}
m	میلی	10^{-3}	k	کیلو	10^{+3}
c	سانتی	10^{-2}	H	هکتو	10^{+2}
d	دسی	10^{-1}	da	دکا	10^{+1}



شکل ۱-۸ پیشوندهای کوچک کننده یکای متر

توجه : در تبدیلات در واقع همان نسبت مستقیم است که در پودمان ۱ ریاضی اشاره شده است

یاد آوری تبدیلات طول (یک بعدی)

m یعنی متر – cm یعنی سانتیمتر – dm یعنی دسی متر – km یعنی کیلومتر – μm یعنی میکرو متر

$$1m = 100cm$$

$$1m = 1000mm$$

$$1cm = 10mm$$

$$1dm = 10cm$$

$$1m = 10dm$$

$$1km = 1000m$$

$$1\mu m = 10^{-6} m$$

مثال: ۵۰۰ دسی متر چند متر است. چون نسبت مستقیم است

x	۱	m متر
۵۰۰	۱۰	dm دسی متر

$$\Rightarrow x = \frac{500 \cdot 1}{10} = 50m$$

تبدیلات سطح (دو بعدی): طرفین را به توان دو می‌رسانیم

m^2 یعنی مترمربع - cm^2 یعنی سانتیمتر مربع - dm^2 یعنی دسی مترمربع -

km^2 یعنی کیلومتر مربع - μm^2 یعنی میکرو مترمربع - mm^2 میلیمتر مربع

$$1m^2 = 100^2 cm^2$$

$$1m^2 = 1000^2 mm^2$$

$$1cm^2 = 10^2 mm^2$$

$$1dm^2 = 10^2 cm^2$$

$$1m^2 = 10^2 dm^2$$

$$1km^2 = 1000^2 m^2$$

$$1\mu m^2 = (10^{-6})^2 m^2 = 10^{-12} m^2$$

مثال: ۲۰۰ سانتی مترمربع چند متر مربع است.

m^2 مترمربع	۱	x
cm^2 سانتی متر مربع	100^2	۲۰۰

$$\Rightarrow x = \frac{200 \cdot 1}{100^2} = \frac{200}{10000} = 0.02 m^2$$

تبدیلات حجم (سه بعدی): طرفین را به توان سه می‌رسانیم

m^3 یعنی مترمکعب - cm^3 یعنی سانتیمتر مکعب - dm^3 یعنی دسی مترمکعب -

km^3 یعنی کیلومتر مکعب - μm^3 یعنی میکرو مترمکعب - mm^3 میلیمتر مکعب - Lit لیتر

$$1m^3 = 100^3 cm^3$$

$$1m^3 = 1000^3 mm^3$$

$$1cm^3 = 10^3 mm^3$$

$$1lit = 1dm^3 = 10^3 cm^3$$

$$1m^3 = 10^3 dm^3$$

$$1km^3 = 1000^3 m^3$$

$$1\mu m^3 = (10^{-6})^3 m^3 = 10^{-18} m^3$$

مثال: ۵۰ لیتر چند متر مکعب است. میدانیم $1lit = 1dm^3$ بنابر این

$1lit = 1dm^3$ لیتر	10^3	۵۰
m^3 متر مکعب	۱	x

$$\Rightarrow x = \frac{50 \cdot 1}{10^3} = \frac{50}{1000} = 0.05 m^3$$

مثالهای زیر را با جدول تناسب مانند مثالهای قبل به عنوان تمرین حل کنید

تبدیل یکاهای زیر را انجام دهید.

الف) $10^{-6} \text{ g} = ? \text{ mg}$

پاسخ: برای یافتن ضریب تبدیل مورد نیاز، با رجوع به جدول ۱-۲ درمی یابیم که ۱ میلی گرم (۱mg) معادل (10^{-3} g) است. در نتیجه خواهیم داشت:

$$1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g} \Rightarrow \frac{1 \text{ mg}}{10^{-3} \text{ g}} = 1 \quad \text{یا} \quad \frac{10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ mg}} = 1$$

حال با توجه به اینکه در تبدیل یکای خواسته شده، باید یکای گرم (g) حذف و به جای آن یکای میلی گرم (mg) قرار گیرد، کافی است ضریب تبدیل مناسب آن را در مقدار عددی سؤال ضرب کنیم:

$$10^{-6} \text{ g} = ? \text{ mg} \Rightarrow 10^{-6} \text{ g} \times \frac{1 \text{ mg}}{10^{-3} \text{ g}} = 10^{-3} \text{ mg}$$

ب) $25 \text{ mm} = ? \mu\text{m}$

پاسخ: در این مثال ابتدا می بایست، پیشوند یکای میلی (m) برداشته شود و به جای آن پیشوند میکرو (μ) قرار گیرد. در نتیجه با دو ضریب تبدیل مختلف روبه رو هستیم:

$$25 \text{ mm} = ? \mu\text{m} \Rightarrow 25 \text{ mm} \times \frac{10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ mm}} \times \frac{1 \mu\text{m}}{10^{-6} \text{ m}} = 25 \times 10^{-3+6} \mu\text{m}$$

ضریب تبدیل
ضریب تبدیل

تبدیل یکاهای خواسته شده را انجام دهید.

الف) $30 \text{ cm}^3 = ? \text{ nm}^3$

پاسخ:

$$30 \text{ cm}^3 \times \left(\frac{10^{-2} \text{ m}}{1 \text{ cm}} \right)^3 \times \left(\frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}} \right)^3 = 30 \times 10^{-2+27} \text{ nm}^3$$

ب) $72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = ? \frac{\text{m}}{\text{s}}$

پاسخ:

$$72 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

همان روش جدول تناسب هست که در کتاب به این صورت توضیح داده

برای تبدیل یکای اندازه گیری می توان از قاعده زیر نیز استفاده نمود، البته باید در نظر داشت که اصلی ترین راه تبدیل یکاها در فیزیک، استفاده از ضرایب تبدیل است. این قاعده را با حل یک مثال توضیح می دهیم:

$$25 \text{ mm} = ? \mu\text{m} \Rightarrow 25 \text{ mm} = x \mu\text{m} \Rightarrow x = \frac{25 \times 10^{-3} \text{ m}}{10^{-6} \text{ m}} = 25 \times 10^{-3+6}$$

$$\Rightarrow 25 \text{ mm} = 25 \times 10^{-3+6} \mu\text{m}$$

تبدیل واحدهای فرعی

در این تبدیلات جزء جزء واحدها را عوض میکنیم

$$1h = 3600s \text{ و } 1lb = 0/454kg = 454g \text{ و } 1ft = 0/305m \text{ و } 1kg = 1000g \text{ می دانیم:}$$

مثال:

$$72 \frac{km}{h} = ? \frac{m}{s} \Rightarrow 72 \frac{km}{h} = 72 * \frac{1000m}{3600s} = \frac{72000m}{3600s} = 20 \frac{m}{s}$$

$$36 \frac{km}{h} = ? \frac{m}{s} \Rightarrow 36 \frac{km}{h} = 36 * \frac{1000m}{3600s} = \frac{36000m}{3600s} = 10 \frac{m}{s}$$

$$2700 \frac{kg}{m^3} = ? \frac{gr}{cm^3} \Rightarrow 2700 \frac{kg}{m^3} = 2700 * \frac{1000g}{100^3 cm^3} = \frac{2700000g}{1000000 cm^3} = 2/7 \frac{g}{cm^3}$$

$$12 \frac{lb}{ft^3} = ? \frac{kg}{m^3} \Rightarrow 12 \frac{lb}{ft^3} = 12 * \frac{0/454kg}{0/305^3 m^3} = 192/016 \frac{kg}{m^3}$$

نماد گذاری علمی: اعداد خیلی بزرگ یا خیلی کوچک را با نماد علمی بهتر میشود بیان کرد یعنی عدد را به فرم

$$[x = m \times 10^n \quad (1 \leq m < 10)] \text{ در نظر میگیریم که}$$

n یک عدد صحیح مثبت (به ازای تعداد اعشارهایی که به سمت چپ می‌رود) یا منفی (به تعداد

اعشارهایی که به سمت راست می‌رود) فاصله زمین تا ماه ۳۸۴۴۰۰۰۰ متر است که نوشتن و خواندن

این عدد سخت است بنابراین با نماد علمی نشان میدهیم $3/844 * 10^8 m$ یعنی یک عدد از یک تا ۱۰

به عنوان m و تعداد اعشاری که جابجا شده و چون ممیز به سمت چپ یا عقب آمده توان مثبت است

یا اندازه یک باکتری $0/000002m$ است که نماد علمی آن $2 * 10^{-6} m$ میشود. چون

ممیز به سمت راست یا جلو رفته توان منفی است

اندازه گیری کمیتها: هنگام اندازه گیری با کلمات دقت و صحت مواجه میشویم که مفهوم آنها بصورت زیر است

تعریف دقت: دقت به معنای نزدیک بودن مقادیر اندازه گیری به همدیگر است

تعریف صحت: صحت به معنای نزدیکی مقادیر اندازه گیری شده به مقدار واقعی است

تعریف رزولوشن: کوچکترین تقسیم بندی یک وسیله اندازه گیری را قدرت تفکیک یا رزولوشن آن وسیله گویند

دقت وسایل اندازه گیری: دقت اندازه گیری کولیس های متداول ۰/۱ میلی متر - ۰/۰۵ میلی متر و ۰/۰۲ میلی متر است و دقت میکرومترهای متداول یکصدم میلی متر و یکهزارم میلی متر است.

کمیت های برداری و نرده ای:

کمیت نرده ای (اسکالر- عددی):

کمیتی است که برای مشخص شدن تنها به تعیین اندازه و یکای مناسب نیاز دارد و از روشهای جمع و تفریق جبری (ریاضی) پیروی میکند مانند جرم- حجم- کار- و غیره

کمیت برداری

کمیتی است که برای مشخص شدن علاوه بر تعیین اندازه و یکای مناسب به تعیین جهت نیاز دارد و از روشهای جمع و تفریق برداری پیروی میکند

مانند نیرو - سرعت - شتاب - اندازه حرکت و

۱- تبدیل واحدهای زیر را انجام دهید.

$$1) 500 \text{ lit} = ? \text{ cm}^3$$

$$2) 400 \text{ Km}^2 = ? \text{ cm}^2$$

$$3) 5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = ? \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$4) 3400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = ? \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$5) 15 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} = ? \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$6) 144 \frac{\text{km}}{\text{h}} = ? \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$7) 15 \frac{\text{m}}{\text{s}} = ? \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$8) 25 \frac{\text{g}}{\text{lit}} = ? \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

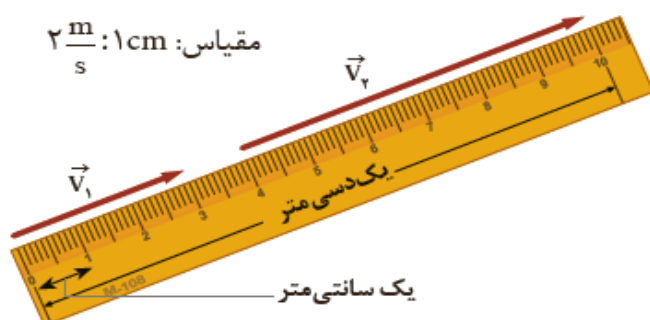
۲- اعداد 000000687 و 234000000 با نماد نمایش دهید

نمایش کمیت های برداری:

برای نمایش ریاضی کمیت های برداری، لازم است نماد آن کمیت را نوشته و در بالای آن علامت بردار بگذاریم.

برای مثال نیرو یکی از کمیت‌های برداری در فیزیک است که آن را به صورت $\vec{F}$ نشان می‌دهند. همچنین برای نشان دادن مقدار (یا اندازه) یک کمیت برداری، از علامت قدر مطلق استفاده می‌شود. یعنی اندازه یک بردار نیرو را به این صورت $|\vec{F}|$ یا بدون علامت بردار F نشان می‌دهند. کمیت‌های برداری، کمیت‌هایی جهت‌دار هستند. در نتیجه آنها را با پاره‌خط‌های جهت‌دار (پیکان) نمایش می‌دهیم. می‌دانیم که هر پیکان دارای اندازه (طول پیکان) و جهت (جهت نمایش داده شده توسط نوک پیکان) و راستای مشخصی است

مثال:



می‌دانیم، سرعت کمیتی برداری است. در نتیجه برای نمایش آن از پاره‌خط‌های جهت‌دار استفاده می‌شود. بر این اساس اگر بخواهیم دو بردار هم جهت سرعت با اندازه‌های $v_1 = 6 \frac{m}{s}$ و $v_2 = 12 \frac{m}{s}$ را نشان دهیم، خواهیم داشت:

مثال:

ب) بردار سرعت
در شکل زیر، خودرویی با سرعت $60 \frac{km}{h}$ در جهت 53° جنوب شرق در حال حرکت است.

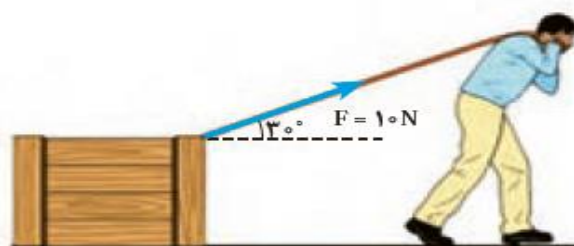


جهت بردارهای خواسته شده را مشخص کنید.

الف) بردار نیرو

پاسخ:

با توجه به شکل، شخص بردار نیرویی به اندازه 10 نیوتن و تحت زاویه 30° درجه بالای افق به جعبه وارد می‌کند.



قواعد جمع برداری:

بردار برابند چند بردار، برداری است که اثر آن به تنهایی مشابه حالتی است که تمامی آن بردارها همراه با هم اثر کنند. اگر بردار برابند دو بردار A و B را با بردار R نمایش دهیم، خواهیم داشت:

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$

که به دو روش صورت می‌گیرد

الف) جمع کمیت‌های برداری به روش چندضلعی: یکی از روش‌های استاندارد جمع کمیت‌های برداری روش چندضلعی است. این روش مخصوص زمانی است که با بیش از دو کمیت برداری روبه‌رو می‌شویم. البته از این روش برای جمع دو بردار نیز می‌توان استفاده کرد که در این صورت آن را «روش مثلثی» می‌نامیم. برای جمع چند بردار به روش چندضلعی مراحل زیر را طی خواهیم کرد:

- ۱) برداری هم‌سنگ^۱ با بردار اول رسم می‌کنیم.
- ۲) از انتهای بردار اول برداری هم‌سنگ با بردار دوم را رسم می‌کنیم و این عمل را تا آخرین بردار ادامه می‌دهیم.
- ۳) در این صورت بردار برآیند این بردارها از لحاظ هندسی، برداری است که از ابتدای بردار اول شروع می‌شود و به انتهای بردار آخر ختم می‌گردد.
- ۴) اگر در ترسیم بردارها، روش اشاره شده در مورد تعیین مقیاس را اجرا کنیم، در آن صورت با اندازه‌گیری طول بردار برآیند می‌توان اندازه آن کمیت برداری را بدست آورد.

تعریف بردار همسنگ:

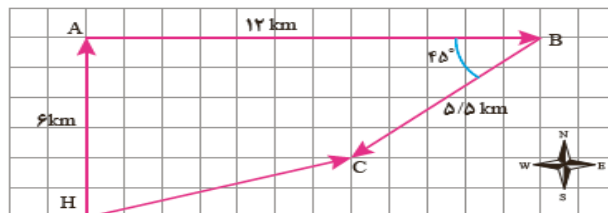
برداری هم‌اندازه، هم‌راستا و هم جهت با یک بردار را هم‌سنگ آن بردار می‌نامیم.

مثال:

تصور کنید که می‌خواهید از منزل خود برای خرید به یک فروشگاه بروید. برای این منظور شما ابتدا به اندازه ۶ کیلومتر به طرف شمال حرکت کرده‌اید و سپس به اندازه ۱۲ کیلومتر به طرف شرق و در نهایت به اندازه ۵/۵ کیلومتر در جهت ۴۵ درجه جنوب غرب حرکت کرده و به فروشگاه می‌رسید. در این صورت مسافت پیموده شده در کل حرکت و جابه‌جایی کل انجام شده توسط شما به صورت زیر محاسبه می‌شود:

● **مسافت طی شده:** همان‌طور که می‌دانید، مسافت، کمیتی نرده‌ای است و از قواعد جمع جبری (ریاضی) پیروی می‌کند، در نتیجه برای محاسبه مسافت طی شده تنها باید تمامی مسافت‌های طی شده را بدون در نظر گرفتن جهت با یکدیگر جمع کنیم:

$$d = 6 + 12 + 5/5 = 23/5 \text{ km}$$



● **جابه‌جایی کل انجام شده:**

همان‌طور که می‌دانید، جابه‌جایی کل، جمع برداری جابه‌جایی‌های انجام شده است. در این صورت با استفاده از دستور جمع برداری به روش چندضلعی، خواهیم داشت:

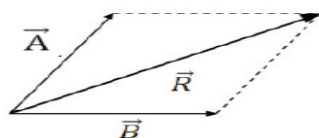
برداری HC برآیند سه بردار

جابه‌جایی HA، AB و BC است. در نتیجه طول آن برابر با جابه‌جایی کل انجام شده توسط شما است. برای رسم این بردارها هر دوخانه کاغذ شطرنجی را معادل ۲ کیلومتر جابه‌جایی در نظر گرفته‌ایم (مقیاس انتخابی در این شکل تقریبی است) در نتیجه با اندازه‌گیری طول بردار برآیند و مقایسه آن با مقیاس انتخابی خواهیم داشت:

$$\frac{(1 \text{ cm طول دوخانه})}{3/6 \text{ cm}} = \frac{2 \text{ km}}{x} \rightarrow x = \frac{2 \text{ km} \times 3/6 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = 7/2 \text{ km}$$

(ب) روش متوازی الاضلاع: در روش نقطه‌ای به نام O را به عنوان مبدا در نظر می‌گیریم و سپس همسنگ (برداری هم مقدار و هم جهت) هر یک از بردارها را رسم می‌کنیم و با آنها تشکیل یک متوازی الاضلاع می‌دهیم که قطر متوازی الاضلاع جمع دو بردار است. برآیند دو بردار A و B رابطه زیر بدست می‌آید

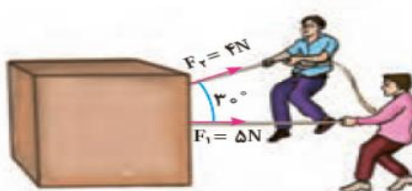
$$|\vec{R}| = |\vec{A} + \vec{B}| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta}$$



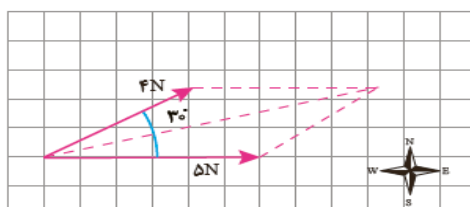
تتا (θ) زاویه بین دو بردار است و می دانیم

$$\cos 0^\circ = 1, \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}, \cos 60^\circ = \frac{1}{2}, \cos 90^\circ = 0$$

مثال :



تصور کنید شما و دوستان برای جابه‌جا کردن یک جعبه توسط دو ریسمان، مطابق شکل نیروهای ۴ و ۵ نیوتن را به جعبه وارد نموده‌اید. در آن صورت همان‌طور که خواهید دید جعبه نه در جهت نیروی ۴ نیوتن حرکت می‌کند و نه در جهت نیروی ۵ نیوتن. بلکه این جعبه در راستای نیروی برآیند این دو نیرو جابه‌جا خواهد شد! برای محاسبه اندازه و جهت این نیروی برآیند به روش



متوازی‌الاضلاع به صورت زیر عمل خواهیم کرد:

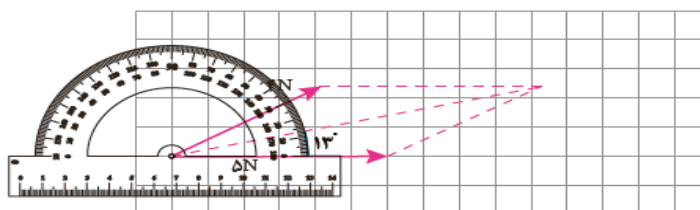
۱- ابتدا هم‌سنگ دو بردار را از یک نقطه رسم می‌کنیم و خط‌چین‌ها را نیز رسم می‌کنیم تا یک متوازی‌الاضلاع تشکیل شود. در آن صورت **بردار برآیند برداری است که از ابتدای دو بردار شروع و به محل برخورد نقطه‌چین‌ها ختم می‌شود.**

۲- همان‌گونه که مشاهده می‌کنید، برای رسم هر

بردار از این مقیاس که هر $1/2$ سانتی‌متر معادل ۲ نیوتن باشد، استفاده کرده‌ایم. در نتیجه با توجه به اینکه طول بردار برآیند به دست آمده در این شکل تقریباً معادل $4/8$ سانتی‌متر شده است، در آن صورت اندازه این نیرو تقریباً معادل ۸ نیوتن خواهد بود.

$$\frac{1/2 \text{ cm}}{2 \text{ N}} = \frac{4/8 \text{ cm}}{x} \rightarrow x = 8 \text{ N}$$

۳- برای محاسبه جهت نیروی برآیند نیز کافی است به کمک نقاله، زاویه آن را با راستای افق (یعنی بردار ۵ نیوتنی) رسم تصویر با قرار دادن نقاله اندازه بگیریم، که در این صورت تقریباً معادل 13° درجه بالایی افق، یعنی در جهت شمال شرق خواهد بود.



روش محاسباتی

$$|\vec{R}| = |\vec{A} + \vec{B}| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta} = \sqrt{4^2 + 5^2 + 2 \cdot 4 \cdot 5 \cdot \cos 30^\circ} = \sqrt{16 + 25 + 40 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = 4/8$$

مثال : برآیند دو بردار ۳۰ نیوتن و ۴۰ نیوتن را در حالت‌های زیر بدست آورید.

(a) دو بردار هم راستا باشند

(b) دو بردار بر هم عمود باشند

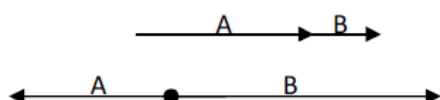
(c) دو بردار با هم زاویه 60° درجه داشته باشند

$$a) |\vec{R}| = |\vec{A} + \vec{B}| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta} = \sqrt{30^2 + 40^2 + 2 \cdot 30 \cdot 40 \cdot \cos 0^\circ} = \sqrt{900 + 1600 + 2400 \cdot 1} = \sqrt{4900} = 70$$

$$b) |\vec{R}| = |\vec{A} + \vec{B}| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta} = \sqrt{30^2 + 40^2 + 2 \cdot 30 \cdot 40 \cdot \cos 90^\circ} = \sqrt{900 + 1600 + 2400 \cdot 0} = \sqrt{2500} = 50$$

$$c) |\vec{R}| = |\vec{A} + \vec{B}| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta} = \sqrt{30^2 + 40^2 + 2 \cdot 30 \cdot 40 \cdot \cos 60^\circ} = \sqrt{900 + 1600 + 2400 \cdot \frac{1}{2}} = \sqrt{2500 + 1200} = \sqrt{3700} = 60.82$$

چند حالت خاص برای بردار برآیند:



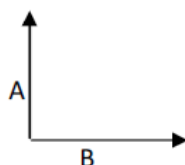
$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} \quad 1. \text{ دو بردار هم جهت باشند}$$

$$\vec{R} = \vec{B} - \vec{A} \quad 2. \text{ دو بردار خلاف جهت باشند}$$

بردار کوچکتر از بردار بزرگتر کسر می گردد.

3. دو بردار عمود باشند.

$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$



مثال: برآیند دو بردار ۶ نیوتن و ۸ نیوتن را در حالت‌های زیر بدست آورید.

(a) دو بردار هم راستا باشند

(b) دو بردار خلاف جهت هم باشند

(c) دو بردار بر هم عمود باشند

$$a) R = |\vec{A} + \vec{B}| = A + B = 8 + 6 = 14$$

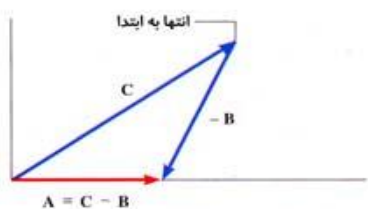
$$b) R = |\vec{A} + \vec{B}| = A - B = 8 - 6 = 2$$

$$c) R = |\vec{A} + \vec{B}| = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{36 + 64} = \sqrt{100} = 10$$

قرینه یک بردار: بردار هم راستا و هم مقدار با بردار مورد نظر که با آن زاویه ۱۸۰ درجه داشته باشد

تفاضل دو بردار: میدانیم $\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$ است بنابر این به روش مثلثی $\vec{A} = \vec{C} - \vec{B}$ به صورت زیر

رسم میشود



تفاضل دو بردار به روش متوازی الاضلاع: در روش نقطه ای به نام O را به عنوان مبدا در نظر میگیریم و سپس همسنگ (بردار هم مقدار و هم جهت) هر یک از بردارها را رسم میکنیم و بردار با علامت منفی قرینه اش را رسم میکنیم و با آنها تشکیل یک متوازی الاضلاع میدهیم که قطر متوازی الاضلاع تفاضل دو بردار است. مقدار تفاضل

$$|\vec{R}| = |\vec{A} - \vec{B}| = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB \cos \theta}$$

دو بردار A و B از رابطه زیر بدست می آید

نکته: جمع و تفریق دو بردار در صورتیکه دو بردار بر هم عمود بر هم باشند با هم برابر هستند.

$$R = |\vec{A} + \vec{B}| = |\vec{A} - \vec{B}| = \sqrt{A^2 + B^2}$$

نکته: جمع و تفریق دو بردار بین جمع و تفریق اسکالر (عددی) آنها قرار دارد یعنی

$$a - b \leq R \leq a + b$$

مثال: برآیند دو بردار ۳۰ نیوتن و ۴۰ نیوتن در چه محدوده ای قرار میگیرد

$$a - b \leq R \leq a + b \Rightarrow 40 - 30 \leq R \leq 40 + 30 \Rightarrow 10 \leq R \leq 70$$

پاسخ مسائل آخر فیزیک ۱ پودمان ۱

- ۱- یکای حجم در SI، متر مکعب (m^3) است. براساس رابطه پیشنهادی یکای حجم m^4 به دست خواهد آمد. بنابراین این رابطه نمی تواند صحیح باشد.
- ۲- خیر. این ادعا همواره صحیح نیست؛ برای مثال اگر کسی ادعا کند حجم یک استوانه از رابطه $V = \pi r h^2$ به دست می آید، براساس این رابطه یکای حجم منطبق با یکای SI آن خواهد بود اما این رابطه به لحاظ ریاضی صحیح نیست!
- ۳- این تابلوها که به طور معمول در کنار جاده های بیرون شهری و اتوبان ها نصب می شود بیانگر شماره بزرگراه و جهت حرکت در آن بزرگراه است. به طور مثال ۲ شرق یعنی اینکه بزرگراه شماره ۲ که با ورود به آن به طرف شرق حرکت خواهید نمود.
- ۴- برای حل این سؤال همه اعداد باید یکای یکسانی داشته باشند در نتیجه:

$$0.032 \text{ kg} = 3/2 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

$$15 \text{ g} = 1/5 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

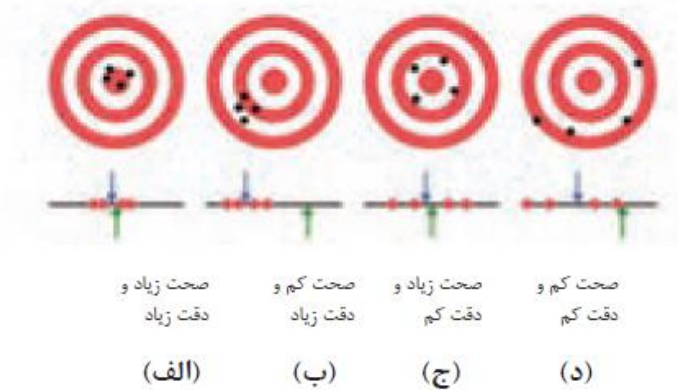
$$2/7 \text{ mg} = 2/7 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$4/1 \times 10^{-8} \text{ Gg} = 4/1 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

$$2/7 \times 10^{-8} \mu\text{g} = 2/7 \times 10^{-11} \text{ kg}$$

بر این اساس بزرگترین عدد $2/7 \times 10^{-8} \mu\text{g}$ است و کوچکترین $2/7 \text{ mg}$ خواهد بود.

-۵



۶- خیر، امکان ندارد. در پاسخ به سؤال دوم باید گفت بله، می شود. در صورتی که برآیند دو بردار، هم اندازه با بردار سوم و در خلاف آن باشد.
۷. هنگامی که دو بردار هم جهت و هم راستا باشند.

جواب مسائل

-۱

$$\frac{7/2 \text{ kg}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 7/2 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\frac{250 \text{ ft}}{\text{s}} \times \frac{0/304}{1 \text{ ft}} \equiv 76/0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\frac{10/0 \text{ inch}}{1} \times \frac{0/0524 \text{ m}}{1 \text{ inch}} \times \frac{10^2 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 25/4 \text{ cm}$$

$$\frac{2 \text{ TB}}{1} \times \frac{10^{12} \text{ B}}{1 \text{ TB}} \times \frac{1 \text{ GB}}{10^9 \text{ B}} = 2 \times 10^3 \text{ GB}$$

-۲

$$\frac{1 \text{ gal}}{1 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \times \frac{3/78 \text{ lit}}{1 \text{ gal}} = 1/05 \times 10^{-1} \frac{\text{lit}}{\text{s}}$$

-۳

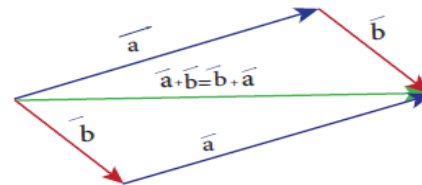
$$V = Ah \rightarrow h = \frac{V}{A} = \frac{7/5 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{25 \text{ m}^2} = 3/0 \times 10^{-4} \text{ m} = 3/0 \times 10^{-2} \text{ cm}$$

$$200 IU = 200 \times 0.025 mg = \Delta mg$$

-۴

$$n = \frac{15 mg}{\Delta mg} = 3$$

-۵



۶- با رسم بر روی کاغذ شطرنجی و انتخاب مقیاسی مناسب می توان طول بردار را به دست آورد.

۷- الف) اندازه سرعت هواپیما ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت خواهد شد و خلبان باید قدرت موتور هواپیما را افزایش دهد تا اندازه سرعت به ۱۵۰ کیلومتر بر ساعت برسد.
ب) اندازه سرعت هواپیما ۱۸۰ کیلومتر بر ساعت خواهد شد و خلبان باید با کاهش قدرت موتورهای هواپیما، اندازه سرعت را به ۱۵۰ کیلومتر بر ساعت برساند.
ج) به دلیل وزش باد به سمت شرق، برای آنکه هواپیما بتواند در همان راستای اولیه و با همان سرعت پرواز کند، خلبان باید مسیر پرواز خود را در راستای تقریبی ۱۱ درجه شمال غرب و با سرعت ۱۴۷ کیلومتر بر ساعت منحرف کند.

$$150 = \sqrt{x^2 + 30^2} \rightarrow x = 147 \frac{km}{h}$$

نمونه سوال پودمان ۱

- ۱- واحدها و کمیت های اصلی را نام ببرید .
 ۲- واحدها و کمیت های فرعی را نام ببرید. و برای آنها مثال بزنید
 ۳- تبدیل واحدهای زیر را انجام دهید

$$1 \text{ mil} \approx 1/6 \text{ km} \quad 1 \text{ ft} \approx 30/48 \text{ cm} \quad 1 \text{ lb} \approx 453 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} 1) 50 \cdot \text{lit} &= ? \text{ cm}^3 & 2) 40 \cdot \text{Km}^3 &= ? \text{ cm}^3 & 3) 5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} &= ? \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ 4) 340 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} &= ? \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} & 5) 15 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} &= ? \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & 6) 144 \frac{\text{km}}{\text{h}} &= ? \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ 7) 15 \frac{\text{m}}{\text{s}} &= ? \frac{\text{km}}{\text{h}} & 8) 25 \frac{\text{g}}{\text{lit}} &= ? \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & 9) 9 \cdot \frac{\text{mil}}{\text{min}} &= ? \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

۴) اعداد ۰/۰۰۰۰۰۰۲۴۵ و ۳۵۷۰۰۰۰۰۰ با نماد علمی نمایش دهید.

۵) کمیت نرده ای و کمیت برداری را تعریف کنید و برای هر کدام مثالی بزنید

۶- جمع دو بردار ۳۰ نیوتن و ۴۰ نیوتن که با یکدیگر زاویه ۶۰ ساخته اند را به روش

ترسیم شکل (متوازی الاضلاع) و روش محاسباتی بدست آورید

۷- برآیند دو بردار ۱۲ نیوتن و ۱۶ نیوتن را در حالات زیر بدست آورید

الف) دو بردار هم راستا و هم جهت باشند

ب) دو بردار هم راستا و خلاف جهت هم باشند

پ) دو بردار عمود بر هم باشند

ج) دو بردار زاویه ۶۰ درجه با هم ساخته باشند

۸- برآیند دو بردار ۷۰ نیوتن و ۱۰۰ در چه محدوده ای قرار میگیرد؟

۹- در چه صورت مجموع و تفاضل دو بردار باهم برابر هستند با ذکر دلیل توضیح دهید.

۱۰- تفاضل دو بردار ۳۰ نیوتن و ۴۰ نیوتن که با یکدیگر زاویه ۶۰ ساخته اند را به روش

ترسیم شکل (متوازی الاضلاع) و مثلثی و روش محاسباتی بدست آورید.

۱۱- برآیند سه بردار مساوی ۱۰ نیوتن که با هم زاویه ۱۲۰ درجه ساخته اند را بدست

آورید.

$$\sin 30 = \cos 60 = \frac{1}{2}, \quad \sin 60 = \cos 30 = \frac{\sqrt{3}}{2}, \quad \sin 37 = \cos 53 = 0/6, \quad \sin 53 = \cos 37 = 0/8$$

فیزیک ۱ پودمان ۲

تعریف علم مکانیک: شاخه ای از علم فیزیک است که در مورد چگونگی حرکت (سینماتیک) و علت حرکت اجسام (دینامیک) بحث میکند

سینماتیک: شاخه ای از علم فیزیک است که در باره چگونگی حرکت اجسام بحث میکند

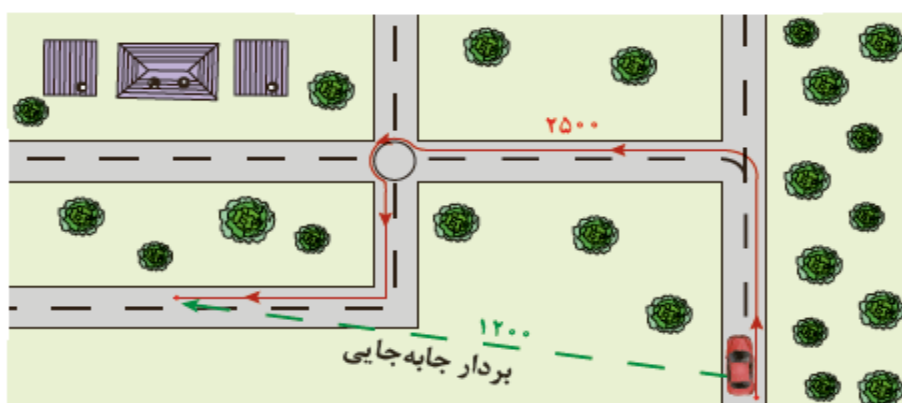
دینامیک: شاخه ای از علم فیزیک است که در باره علت حرکت اجسام بحث میکند

مسافت: به طول مسیری که توسط متحرک پیموده میشود مسافت گویند (محیط حرکت) و با حرف d نشان میدهیم واحد آن در سیستم SI متر است. و کمیتی نرده ای است

جابجایی: برداری که مبداء را به مقصد متصل میکند جابجایی گویند و با حرف Δx نشان میدهیم. واحد آن در

سیستم SI متر است. و کمیتی برداری است $\Delta x = x_f - x_i$

$x_i = x_1 = x_0$ مکان (نقطه) اول $x_f = x_2$ مکان (نقطه) آخر



شکل ۲-۴ تفاوت بین مسافت و جابه جایی

مسیر قرمز رنگ مسافت و خط چین سبز بردار جابجایی است

بازه زمانی: مدت زمانی که طول می کشد که یک عمل (کار) انجام گیرد و با Δt نشان می دهیم و واحد در سیستم SI ثانیه

است $\Delta t = t_f - t_i$

$t_f = t_2$ زمان آخر (پایان) $t_i = t_1 = t_0$ زمان اولیه (شروع)

تندی متوسط: مسافت طی شده در واحد زمان را تندی متوسط گویند و با حرف $\bar{U}$ نشان میدهیم و واحد آن در سیستم SI ,

$\frac{m}{s}$ است و از رابطه $\bar{U} = \frac{d}{t}$ بدست می آید و کمیتی نرده ای است

سرعت متوسط: جابجایی در واحد زمان را سرعت متوسط گویند و با حرف $\bar{V}$ نشان می‌دهیم و واحد آن در سیستم SI

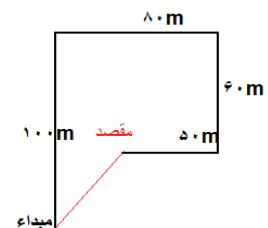
$\frac{m}{s}$ است و از رابطه $\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$ بدست می آید. و کمیتی برداری است

مثال: شخصی ۱۰۰ متر در جهت شمال ۸۰ متر در جهت شرق و ۶۰ متر در جهت جنوب و ۵۰ متر در جهت غرب در مدت ۲۰۰ ثانیه حرکت کرده است تعیین کنید

الف) تندى ب) جابجایی پ) تندى متوسط ت) سرعت متوسط

الف) $d = 100 + 80 + 60 + 50 = 290m$

ب)



$$y = 100 - 60 = 40$$

$$x = 80 - 50 = 30$$

$$\Delta x = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = \sqrt{900 + 1600} = \sqrt{2500} = 50m$$

پ) $\bar{U} = \frac{d}{t} = \frac{290}{200} = 1/45 \frac{m}{s}$

ت) $\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{50}{200} = 0/25 \frac{m}{s}$

نکته: در صورتی که متحرک روی خط راست حرکت مسافت و جابجایی برابرند و در نتیجه تندى و سرعت برابر میشود.

مثال: متحرکی روی محیط یک دایره به شعاع ۱۰ متر در مدت ۵۰ ثانیه به اندازه ۹۰ درجه حرکت میکند تعیین کنید الف) تندى متوسط ب) سرعت متوسط $\pi \approx 3$

$$d = \frac{2\pi r}{4} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10}{4} = 15m$$

(الف)

$$\bar{U} = \frac{d}{t} = \frac{15}{50} = 0.3 \frac{m}{s}$$

(جواب)



$$\Delta x = \sqrt{10^2 + 10^2} = \sqrt{10^2(1+1)} = 10\sqrt{2}$$

$$\text{ب) } \bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10\sqrt{2}}{50} = 0.2\sqrt{2} \frac{m}{s}$$

معادله حرکت: منظور از معادله حرکت معادله ای است که مکان متحرک هر لحظه از زمان حرکت نشان میدهد

$$\bar{V} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} \Rightarrow x_f - x_i = \bar{V} * (t_f - t_i) \Rightarrow x_f = \bar{V} * t + x_i$$

$$x_2 = \bar{V} * t + x_1, \quad x = \bar{V} * t + x_0$$

نکته: در حرکت یکنواخت سرعت لحظه ای و متوسط برابر هستند بنابراین میتوان نوشت یعنی $\bar{V} = V$

$$x_f = V * t + x_i, \quad x_2 = V * t + x_1, \quad x = V * t + x_0$$

مثال: متحرکی با سرعت ثابت ۲۰ متر بر ثانیه از نقطه ای به فاصله ۵۰ متر از مبدأ به حرکت در می آید معادله

حرکت متحرک را بنویسید و محاسبه کنید پس از ۱۰ ثانیه متحرک در چه فاصله ای از مبدأ قرار میگیرد.

$$V = \bar{V} = 20 \frac{m}{s} \quad x_0 = 50m \quad t = 10s$$

$$x = \bar{v} * t + x_0 \Rightarrow x = 20 * t + 50$$

$$x = 20 * t + 50 \Rightarrow x = 20 * 10 + 50 = 200 + 50 = 250m$$

سوال: متحرکی ۱۰۰ متر جهت شمال و ۸۰ متر در جهت غرب و ۴۰ متر در جهت جنوب در مدت ۵۰ ثانیه حرکت

کرده است تعیین کنید الف) تندی متوسط ب) سرعت متوسط

$$\text{الف) } d = 100 + 80 + 40 = 220m \Rightarrow \bar{U} = \frac{d}{t} = \frac{220}{200} = 1.1 \frac{m}{s}$$

(ب)

$$y = 100 - 40 = 60$$

$$x = 80$$

$$\Delta x = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{80^2 + 60^2} = \sqrt{6400 + 3600} = \sqrt{10000} = 100m \Rightarrow \bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100}{50} = 2 \frac{m}{s}$$

انواع حرکت :

(۱) حرکت یکنواخت: در این حرکت سرعت متحرک ثابت در این حرکت سرعت لحظه ای و متوسط برابر است

(۲) غیر یکنواخت (شتابدار)

(ب) غیر یکنواخت تند شونده: در این حرکت با گذشت زمان سرعت متحرک افزایش میابد

(پ) غیر یکنواخت کند شونده: در این حرکت با گذشت زمان سرعت متحرک کاهش میابد

الف) در این شکل، فاصله بین عکس‌های مختلف و در لحظه‌های متفاوت ثابت باقی می‌ماند، پس دوندۀ در حال دویدن با سرعت ثابت می‌باشد. حرکت او یکنواخت و برآیند نیروهای وارده بر آن صفر است. دوندۀ در این حالت دارای **تعدادل دینامیکی** است.

ب) در این شکل، فاصله بین عکس‌ها در طول زمان در حال افزایش است. این به آن معناست که سرعت دوندۀ در طول زمان افزایش یافته است. این حرکت را **غیر یکنواخت و تندشونده** می‌نامیم.

پ) در این شکل، فاصله بین عکس‌ها در طول زمان در حال کاهش است، به این معنا که سرعت دوندۀ در طول زمان کاهش یافته است، این حرکت را **غیر یکنواخت و کندشونده** می‌نامیم.



تعریف شتاب متوسط: تغییرات بردار سرعت در واحد زمان را شتاب متوسط گویند کمیتی برداری است واحد آن

$$\frac{m}{s^2} \text{ است و از رابطه زیر بدست می آید. که در آن } v = v_2 = v_f \text{ سرعت نهایی بر حسب } \frac{m}{s} \text{ و } v_0 = v_1 = v_i$$

$$\text{سرعت اولیه سرعت نهایی بر حسب } \frac{m}{s} \text{ و } t - t_0 \text{ بازه زمانی که در آن تغییر سرعت رخ داده است } t = t_2 = t_f$$

$$\text{زمان آخر بر حسب } S \text{ و } t_0 = t_1 = t_i \text{ زمان اولیه بر حسب } S$$

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0}$$

مثال: متحرکی با سرعت $72 \frac{km}{h}$ در حرکت است ناگهان متوجه مانعی شده ترمز کرده پس از ۴ ثانیه می ایستد شتاب متوسط را بدست آورید.

$$v_0 = 72 \frac{km}{h} = 72 * \frac{1000m}{3600s} = 72 \div 3 / 6 = 20 \frac{m}{s}$$

$$v = 0$$

$$t = 4s$$

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 20}{4} = -5 \frac{m}{s^2}$$

نکته: چون علامت شتاب منفی است یعنی سرعت کاهش میابد

مثال: متحرکی روی محیط دایره در مدت ۵ ثانیه به اندازه ۹۰ درجه میگردد و سرعتش از $6 \frac{m}{s}$ به $8 \frac{m}{s}$ میرسد شتاب حرکت را بدست آورید.

توجه: در حرکت دایره ای بردار سرعت مماس بر مسیر حرکت است و چون جهت بردار سرعت تغییر کرده دارای تغییرات سرعت هستیم و حرکت شتابدار است و چون ۹۰ درجه چرخیده دو بردار عمود بر هم هستند و تفاضل آنها از قضیه فیثاغورث بدست می آید.

$$v_0 = 6 \frac{m}{s}, t = 5s$$

$$v = 8 \frac{m}{s}$$

$$\vec{\Delta v} = \vec{v} - \vec{v}_0 = \sqrt{v^2 + v_0^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = \sqrt{36 + 64} = \sqrt{100} = 10 \frac{m}{s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10}{5} = 2 \frac{m}{s^2}$$

مثال: متحرکی روی محیط دایره در مدت $\sqrt{2}$ ثانیه با سرعت ثابت $v = 5 \frac{m}{s}$ به اندازه ۹۰ درجه میگردد شتاب حرکت را بدست آورید

توجه: در حرکت دایره ای بردار سرعت مماس بر مسیر حرکت است و چون جهت بردار سرعت تغییر کرده دارای تغییرات سرعت هستیم و حرکت شتابدار است هر چند مقدار سرعت ثابت است.

$$v = v_0 = 5 \frac{m}{s}, t = \sqrt{2}s$$

$$\overrightarrow{\Delta v} = \vec{v} - \vec{v}_0 = \sqrt{v^2 + v_0^2} = \sqrt{v^2 + v^2} = \sqrt{2} * v^2 = v \sqrt{2} \frac{m}{s} = 5\sqrt{2} \frac{m}{s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 5 \frac{m}{s^2}$$

معادله سرعت در حرکت شتابدار:

$$a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow at = v - v_0 \Rightarrow v = at + v_0$$

$$v \text{ سرعت نهایی بر حسب } \frac{m}{s} \quad v_0 \text{ سرعت اولیه بر حسب } \frac{m}{s} \quad a \text{ شتاب بر حسب } \frac{m}{s^2}$$

t زمان بر حسب s

مثال: متحرکی از حال سکون با شتاب $2 \frac{m}{s^2}$ به راه می افتد سرعت متحرک را پس از $10s$ بدست آورید

$$v_0 = 0$$

$$v = ?$$

$$a = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$t = 10s$$

$$v = at + v_0 = 2 * 10 + 0 = 20 \frac{m}{s}$$

سوال ۱: متحرکی روی محیط یک دایره در حرکت است پس از 90° درجه چرخش سرعت آن از 12 متر بر ثانیه به 16 متر بر ثانیه در مدت 5 ثانیه میرسد شتاب حرکت را بدست آورید.

$$v = 16v_0 = 12 \frac{m}{s}, t = 5s$$

$$\overrightarrow{\Delta v} = \vec{v} - \vec{v}_0 = \sqrt{v^2 + v_0^2} = \sqrt{16^2 + 12^2} = \sqrt{256 + 144} = \sqrt{400} \frac{m}{s} = 20 \frac{m}{s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20}{5} = 4 \frac{m}{s^2}$$

سوال ۲: متحرکی با سرعت 36 کیلومتر بر ساعت در حرکت است در اثر اعمال نیرویی سرعت آن به 72 کیلومتر بر ساعت در مدت 5 ثانیه میرسد شتاب حرکت را بدست آورید.

$$v_0 = 36 \frac{km}{h} = 36 * \frac{1000m}{3600s} = 36 \div 3 / 6 = 10 \frac{m}{s}$$

$$v = 72 \frac{km}{h} = 72 * \frac{1000m}{3600s} = 72 \div 3 / 6 = 20 \frac{m}{s}$$

$$t = 5s$$

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{20 - 10}{5} = 4 \frac{m}{s^2}$$

مراحل محاسبه مسافت طی شده در حرکت شتابدار با شتاب ثابت:

$$1) v = at + v_0$$

$$2) \bar{v} = \frac{v + v_0}{2}$$

$$3) \Delta x = \bar{v} * t$$

$$v: \text{سرعت نهایی} \quad v_0: \text{سرعت اولیه} \quad \bar{v}: \text{سرعت متوسط} \quad \frac{m}{s}$$

$$x: \text{مسافت} \quad m \quad t: \text{زمان} \quad s \quad a: \text{شتاب} \quad \frac{m}{s^2}$$

مثال: متحرکی از حال سکون با شتاب $2 \frac{m}{s^2}$ به راه میافتد پس از ۱۰ ثانیه متحرک چه مسافتی را طی میکند.

$$v_0 = 0, a = 2 \frac{m}{s^2}, t = 10s, x = ?$$

$$1) v = at + v_0 = 2 * 10 + 0 = 20 \frac{m}{s}$$

$$2) \bar{v} = \frac{v + v_0}{2} = \frac{20 + 0}{2} = 10 \frac{m}{s}$$

$$3) \Delta x = \bar{v} * t = 10 * 10 = 100m$$

دقت کنید اگر مکان اولیه یعنی x نداشته باشیم $x = \Delta x$ است

معادله حرکت شتابدار با شتاب ثابت :

سه مرحله بالا را تبدیل یک به رابطه میکنیم تا با آن مکان متحرک در هر لحظه از زمان حرکت مشخص باشد

$$1) v = at + v_0$$

$$2) \bar{v} = \frac{v + v_0}{2} = \frac{(at + v_0) + v_0}{2} = \frac{at + 2v_0}{2} = \frac{1}{2}at + v_0$$

$$3) \Delta x = \bar{v} * t = \left(\frac{1}{2}at + v_0 \right) * t \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 * t$$

مثال: اتومبیلی از مبدا مکان از حال سکون با شتاب $4 \frac{m}{s^2}$ شروع به حرکت میکند پس از ۲۰ s چه مسافتی را طی میکند.

$$v_0 = 0, a = 4 \frac{m}{s^2}, t = 20s, x = ?$$

$$\Delta x = x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 \cdot t = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 20^2 + 0 \cdot 20 = 800m$$

معادله مستقل از زمان :

کاربرد این معادله در حل مسائلی است زمان داده نشده باشد

$$1) a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a}$$

$$2) \bar{v} = \frac{v + v_0}{2}$$

$$3) \Delta x = \bar{v} \cdot t \Rightarrow \Delta x = \left(\frac{v + v_0}{2} \right) \cdot \left(\frac{v - v_0}{a} \right) \Rightarrow \Delta x = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$\Rightarrow v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta x$$

مثال : اتومبیلی با سرعت $72 \frac{km}{h}$ در حرکت است ناگهان متوجه مانعی شده با شتاب $5 \frac{m}{s^2}$ ترمز میکند مسافت طی شده تا توقف کامل اتومبیل را بدست آورید

$$v_0 = 72 \frac{km}{h} \div 3.6 = 20 \frac{m}{s}$$

$$a = -5 \frac{m}{s^2}$$

$$x = ?$$

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta x \Rightarrow 0 - 20^2 = 2 \cdot (-5) \cdot \Delta x \Rightarrow -400 = -10 \Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{-400}{-10} = 40m$$

قانون اول نیوتن :

هر گاه بر آیند نیروهای وارد بر یک صفر باشد جسم ساکن , ساکن می ماند و جسم در حال حرکت به حرکت مستقیم الخط یکنواخت خود ادامه می دهد. به این قانون لختی یا اینرسی نیز گویند.

قانون دوم نیوتن:

هر گاه به جسمی نیرویی وارد شود جسم در راستای نیرو شتابی میگیرد که با نیرو رابطه مستقیم و با جرم جسم

$$\vec{a} = \frac{\vec{f}}{m} \quad \text{نسبت عکس دارد یعنی :}$$

که در این رابطه a : شتاب $\frac{m}{s^2}$ نیرو f : N جرم m kg

مثال: جسمی به جرم 5 kg را از حال سکون با نیروی 10 N روی سطح افقی بدون اصطکاک میکشیم تعیین کنید

(۱) شتاب حرکت (۲) سرعت جسم پس از 10 s (۳) مسافت طی شده در این مدت

$$m = 5\text{ kg}$$

$$f = 10\text{ N}$$

$$v_0 = 0$$

$$t = 10\text{ s}$$

$$a, v, x = ?$$

$$1) a = \frac{f}{m} = \frac{10}{5} = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$2) v = at + v_0 = 2 \cdot 10 + 0 = 20 \frac{m}{s}$$

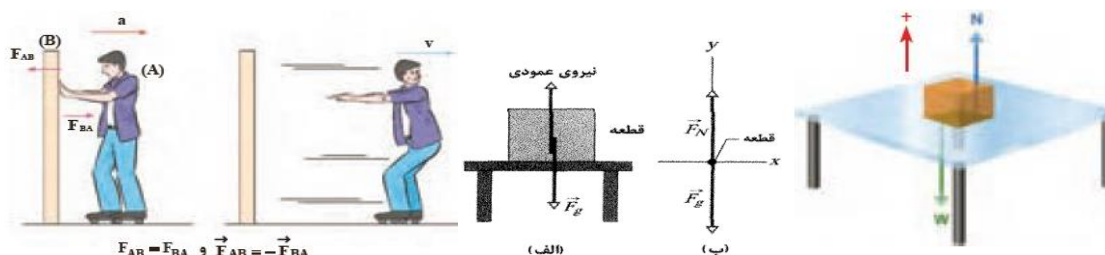
$$3) x = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10 = 100\text{ m}$$

قانون سوم نیوتن:

هر عملی را عکس العملی است مساوی و مخالف جهت

W : وزن جسم (عمل یا کنش) N : عکس العمل سطح (واکنش)

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow w + N = 0 \Rightarrow w = -N$$



مثال: جسمی به جرم 4 kg را از حال سکون با نیروی 20 N روی سطح افقی بدون اصطکاک میکشیم تعیین کنید

(۱) شتاب حرکت (۲) سرعت جسم پس از 5 s (۳) مسافت طی شده در این مدت

$$m = 4\text{kg}, v_0 = 0, t = 5\text{s}, a, v, x = ?$$

$$1) a = \frac{f}{m} = \frac{20}{4} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$2) v = at + v_0 = 5 \cdot 5 + 0 = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$3) x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 5^2 + 0 \cdot 5 = 62.5\text{m}$$

تعریف وزن: نیرویی که از طرف زمین به جرم جسم وارد می شود و با حرف W نشان می دهیم و از رابطه زیر بدست می آید $W = mg$ که W : وزن بر حسب نیوتن (N) و m : جرم بر حسب (kg) و g : شتاب جاذبه یا گرانش بر حسب

$$\frac{\text{N}}{\text{kg}} \text{ یا } \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

تفاوت های جرم با وزن را بنویسید.

۱- جرم در تمام نقاط ثابت است ولی وزن متفاوت است

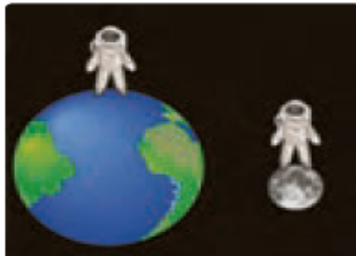
$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{mg_2}{mg_1} \Rightarrow \frac{W_2}{W_1} = \frac{g_2}{g_1}$$

۲- جرم یک کمیت اسکالر است ولی وزن کمیتی برداری است

۳- واحد جرم اصلی است (kg) ولی واحد وزن فرعی است (N)

۴- جرم را با ترازوی شاهین دار اندازه گیری میکنند ولی وزن را با نیروسنج

مثال:



شتاب گرانشی سیارات مختلف، به دلیل جرم و شعاع متفاوتی که دارند، متفاوت است برای مثال شتاب گرانشی در کره ماه تقریباً برابر با $\frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \frac{1}{6}$ است. وزن یک فضاورد با تجهیزات را در کره زمین و ماه با هم مقایسه کنید. جرم فضاورد به همراه تجهیزات برابر $10^2 \times \frac{1}{2} \text{ kg}$ است.

$$W = mg = 10^2 \times \frac{1}{2} \text{ kg} \times 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 980 \text{ N}$$

$$W' = mg' = 10^2 \times \frac{1}{2} \text{ kg} \times 1.6 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 160 \text{ N}$$

$$\frac{W'}{W} = \frac{160}{980} \approx \frac{1}{6}$$

وزن فضاورد در کره ماه تقریباً یک ششم وزن آن در کره زمین است.

روش دوم

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{mg_2}{mg_1} \Rightarrow \frac{W_2}{W_1} = \frac{g_2}{g_1} \Rightarrow \frac{W_2}{W_1} = \frac{1/6}{9/8} \approx \frac{1}{6}$$

مراحل حل مسائل با استفاده از قوانین نیوتن:

۱- محورهای مختصات را رسم میکنیم یکی به موازات سطح و دیگری عمود بر سطح و یک جهت را به عنوان

جهت مثبت در نظر میگیریم

۲- نیروهای وارد بر جسم را رسم میکنیم و نیروی اصطکاک همیشه خلاف جهت حرکت رسم میشود

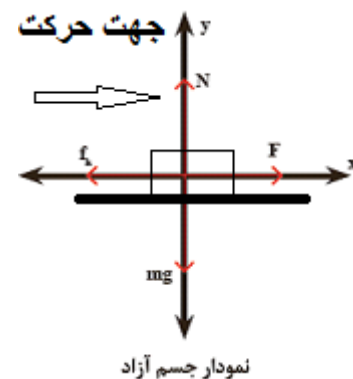
۳- برآیند نیروها در راستای حرکت را بدست می آوریم و با F_T یا $(\sum F)$ نشان میدهیم.

۴- شتاب را با استفاده از قانون دوم نیوتن بدست می آوریم $a = \frac{F_T}{m}$ یا $a = \frac{\sum F}{m}$

مثال:

جسمی به جرم 5kg را از حال سکون با نیروی افقی 24N را روی سطح افقی میکشیم اگر نیروی اصطکاک در مقابل این حرکت 4N باشد تعیین کنید

۱- شتاب حرکت ۲- سرعت جسم پس از 10s ۳- مسافت طی شده در این مدت



$$m = 5\text{kg} \quad v_0 = 0 \quad F = 24\text{N} \quad f_k = 4\text{N} \quad t = 10\text{s}$$

$$a = ? \quad t = 10\text{s} \quad v = ? \quad x = ?$$

$$1) a = \frac{F_{TX}}{m} = \frac{F - f_k}{m} = \frac{24 - 4}{5} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$2) v = at + v_0 = 4 * 10 + 0 = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$3) x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 * t = \frac{1}{2} * 4 * 10^2 + 0 * 10 = 200\text{m}$$

نیروی اصطکاک

نیروی اصطکاک بر دو نوع است

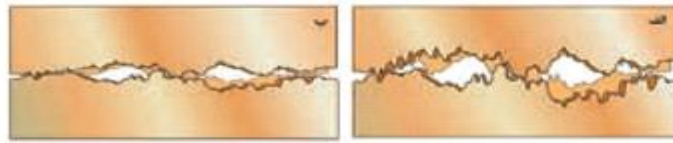
الف- نیروی اصطکاک آستانه حرکت (f_s): این نیرو در لحظه ابتدایی شروع حرکت ظاهر میشود که به علت پستی و بلندیهای روی دو جسم بیشینه اصطکاک است و تا وقتی نیروی محرک بزرگتر از این مقدار نباشد جسم شروع به حرکت نمیکند و مقدار آن از رابطه $f_s = \mu_s \cdot N$ بدست می آید و متناسب با نیروی عمودی سطح است

f_s : نیروی اصطکاک آستانه حرکت μ_s : ضریب اصطکاک آستانه حرکت یا ایستایی بدون واحد N :

نیروی عمودی سطح **ب-** نیروی اصطکاک در حال حرکت (f_s): این نیرو هنگام حرکت ظاهر میشود که به علت پستی و بلندیهای روی دو جسم است که نسبت به نیروی اصطکاک آستانه حرکت کوچکتر است و مقدار آن از رابطه $f_k = \mu_k \cdot N$ بدست می آید و متناسب با نیروی عمودی سطح است

f_k : نیروی اصطکاک جنبشی μ_k : ضریب اصطکاک جنبشی یا در حال حرکت بدون واحد N : نیروی عمودی سطح

$$\mu_s \geq \mu_k \Leftrightarrow f_s \geq f_k$$

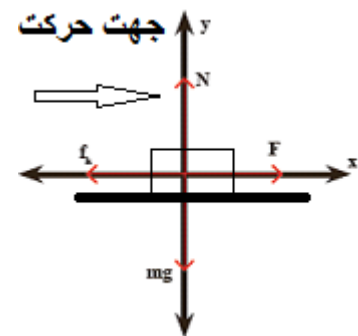


این شکل تأثیر نیروی عمودی تکیه‌گاه بر نیروی اصطکاک را نشان می‌دهد. در شکل الف نیروی عمودی تکیه‌گاه کمتر از شکل ب است و سطح تماس در مقیاس ریز کمتر بوده و نیروی اصطکاک کمتر است.

مثال: جسمی به جرم 2 kg که با سرعت ثابت $5 \frac{m}{s}$ در حرکت است با نیروی افقی 12 N را روی سطح افقی

میکشیم اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح $0/2$ باشد تعیین کنید.

۱- نیروی اصطکاک ۲- شتاب حرکت ۳- سرعت جسم پس از 5 s ۴- مسافت طی شده در این مدت



$$m = 2\text{ kg} \quad v_0 = 5 \frac{m}{s} \quad F = 12\text{ N} \quad \mu_k = 0/2 \quad f_k = ?$$

$$a = ? \quad t = 5\text{ s} \quad v = ? \quad x = ?$$

$$1) F_{Ty} = 0 \Rightarrow N - mg = 0 \Rightarrow N = mg = 2 \cdot 10 = 20\text{ N}$$

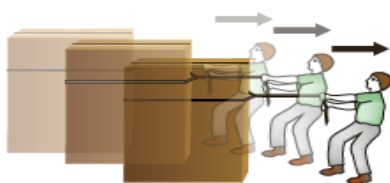
$$f_k = \mu_k \cdot N = 0/2 \cdot 20 = 4\text{ N}$$

$$1) a = \frac{F_{Tx}}{m} = \frac{F - f_k}{m} = \frac{12 - 4}{2} = 4 \frac{m}{s^2}$$

$$2) v = at + v_0 = 4 \cdot 5 + 5 = 25 \frac{m}{s}$$

$$3) x = \frac{1}{2} at^2 + v_0 \cdot t = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 5^2 + 5 \cdot 5 = 50 + 25 = 75\text{ m}$$

مثال:



اگر یک جعبه چوبی به جرم 12 کیلوگرم را با نیروی افقی 30 نیوتن و با سرعت ثابت روی زمین بکشیم ضریب اصطکاک جنبشی بین جعبه و زمین چه اندازه خواهد بود؟

پاسخ: همان‌طور که در متن مثال آمده است، جعبه با سرعت ثابت حرکت می‌کند، پس در حال تعادل دینامیکی است. و برآیند نیروهای وارد بر آن صفر خواهد بود.

$$F_{Ty} = N - W = N - mg = 0 \Rightarrow N = mg = 12\text{ kg} \times 9/8 \frac{N}{\text{kg}} = 1/176 \times 10^3\text{ N}$$

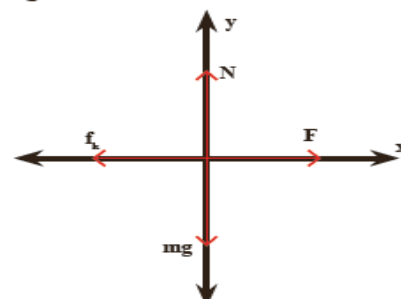
$$f_k = \mu_k N \quad (1)$$

$$F_{Tx} = F - f_k = 0 \Rightarrow F = f_k \quad (2)$$

$$1, 2 \Rightarrow F = \mu_k N \Rightarrow \mu_k = \frac{F}{N} = \frac{30\cancel{N}}{1/176\cancel{N}} = 0/25$$

برایند نیروها روی محور x ها: F_{Tx}

برایند نیروها روی محور y ها: F_{Ty}



مثال: جسمی به جرم $100g$ روی محیط دایره به شعاع $40cm$ میچرخد پس از $10s$ به اندازه 90° درجه میچرخد و سرعت آن از $6\frac{m}{s}$ به $8\frac{m}{s}$ میرسد نیروی وارد بر جسم را به دست آورید.

$$V_1 = 6\frac{m}{s} \quad V_2 = 8\frac{m}{s} \quad t = 10s$$

$$m = 100g \div 1000 = 0.1kg$$

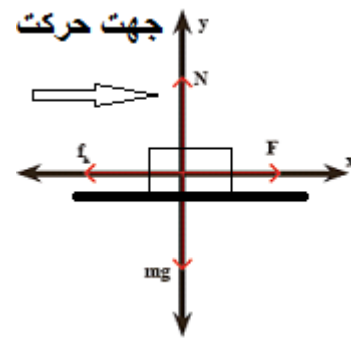
$$\Delta V = \vec{V}_2 - \vec{V}_1 = \sqrt{6^2 + 8^2} = \sqrt{36 + 64} = \sqrt{100} = 10\frac{m}{s}$$

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{10}{10} = 1\frac{m}{s^2}$$

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow F = m.a = 1 \cdot 0.1 = 0.1N$$

سوال: جسمی به جرم $5kg$ را از حال سکون با نیروی افقی $20N$ را روی سطح افقی میکشیم اگر ضریب اصطکاک جنبشی جسم و سطح 0.2 باشد تعیین کنید.

۱- نیروی اصطکاک ۲- شتاب حرکت ۳- سرعت جسم پس از $5s$ ۴- مسافت طی شده در این مدت



$$m = 5kg \quad v_0 = 0\frac{m}{s} \quad F = 20N \quad \mu_k = 0.2 \quad f_k = ?$$

$$a = ? \quad t = 5s \quad v = ? \quad x = ?$$

$$1) F_{TY} = 0 \Rightarrow N - mg = 0 \Rightarrow N = mg = 5 \cdot 10 = 50N$$

$$f_k = \mu_k \cdot N = 0.2 \cdot 50 = 10N$$

$$1) a = \frac{F_{TX}}{m} = \frac{F - f_k}{m} = \frac{20 - 10}{5} = 2\frac{m}{s^2}$$

$$2) v = at + v_0 = 2 \cdot 5 + 0 = 10\frac{m}{s}$$

$$3) x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 \cdot t = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 5^2 + 0 \cdot 5 = 25 + 0 = 25m$$

حرکت آسانسور:

حرکت آسانسور را در سه حالت بررسی میکنیم

(۱) آسانسور با شتاب تند شونده به طرف بالا حرکت کند.

در این حالت شخص درون آسانسور احساس وزن بیشتر میکند چون شتاب ظاهری افزایش میابد

$g + a$: شتاب ظاهری M : جرم مجموعه کابین m : جرم شخص w : وزن ظاهری

g : شتاب جاذبه a : شتاب حرکت a_y : شتاب محور y ها T : کشش طناب

$$\sum_y F = ma_y$$

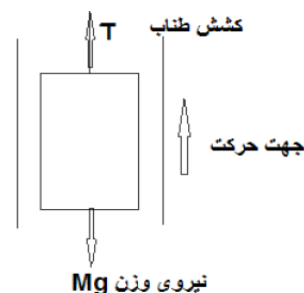
$$a_y = a$$

$$T - Mg = Ma$$

$$T = Mg + Ma$$

$$T = M(g + a)$$

$$w = m(g + a)$$



(۲) آسانسور با سرعت ثابت به طرف بالا یا پایین حرکت کند.

در این حالت شخص درون آسانسور احساس وزن عادی خود را دارد چون شتاب ظاهری و جاذبه با هم برابرند

$$\sum_y F = ma_y$$

$$a_y = a = 0$$

$$T - Mg = Ma = 0$$

$$T = Mg$$

$$T = Mg$$

$$w = mg$$

(۳) آسانسور با شتاب تند شونده به طرف بالا حرکت کند.

در این حالت شخص درون آسانسور احساس وزن کمتر میکند چون شتاب ظاهری کاهش میابد

$$\sum_y F = ma_y$$

$$a_y = a$$

$$Mg - T = Ma$$

$$T = Mg - Ma$$

$$T = M(g - a)$$

$$w = m(g - a)$$



نکته: اگر گفته شود آسانسور با شتاب کند شونده به طرف بالا حرکت میکند وزن شخص کاهش می یابد چون علامت شتاب منفی است و اگر گفته شود آسانسور با شتاب کند شونده به طرف پایین حرکت میکند وزن شخص افزایش می یابد

مثال: شخصی به جرم ۷۰ کیلوگرم درون آسانسور روی ترازو ایستاده است وزن شخص (عددی که ترازو نشان میدهد) را در حالات زیر محاسبه کنید

(۱) آسانسور با شتاب ۲ متر بر مجذور ثانیه بالا برود

(۲) آسانسور با سرت ثابت بالا برود

(۳) آسانسور با شتاب ۳ متر بر مجذور ثانیه پایین برود

$$m = 70 \text{ kg}$$

$$g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$1) w = m(g + a) = 70 * (10 + 2) = 840 \text{ N}$$

$$2) w = mg = 70 * 10 = 700 \text{ N}$$

$$3) w = m(g - a) = 70 * (10 - 3) = 490 \text{ N}$$

مثالهای کتاب و جواب تمرینهای کتاب پودمان ۲

مثال ۱:

نمودار زیر، مسیر حرکت خودرویی است که با سرعت ثابت در یک مسیر مستقیم در حال حرکت است. اگر فاصله زمانی بین هر دو نقطه یک ثانیه باشد:



الف) معادله مکان - زمان حرکت را به دست آورید.

ب) با توجه به معادله مکان - زمان محاسبه کنید که خودرو چند ثانیه پس از شروع حرکت به اندازه ۲۰۰ متر جابه جا شده است.

پاسخ: با توجه به اطلاعات نمودار مسیر حرکت مکان اولیه خودرو ۲۰ متری مبدأ بوده است، و می توان سرعت متوسط (که برابر با سرعت لحظه ای می باشد) آن را محاسبه کرد:

$$\left. \begin{array}{l} t_i = 0 \text{ s}, x_i = 20 \text{ m} \\ t_f = 2 \text{ s}, x_f = 60 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow \bar{v} = v = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{60 \text{ m} - 20 \text{ m}}{2 \text{ s} - 0} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

با توجه به معادله ۶-۲ خواهیم داشت:

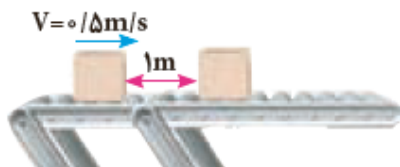
$$\left. \begin{array}{l} x_0 = 20 \text{ m} \\ v = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{array} \right\} \Rightarrow x = vt + x_0 \Rightarrow x = 20t + 20$$

(ب) با توجه به معادله ۱-۲ می توان نوشت:

$$\Delta x = x_f - x_i \Rightarrow 200 \text{ m} = x_f - 20 \text{ m} \Rightarrow x_f = 220 \text{ m}$$

$$x = vt + x_0 \Rightarrow 220 \text{ m} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} t + 20 \text{ m} \Rightarrow t = 10 \text{ s}$$

مثال ۲:



در یک کارخانه تولید قطعه های لوازم خانگی بسته های تولیدی روی تسمه نقاله مطابق شکل با سرعت ثابت ۰/۵ m/s در حال حرکت هستند. اگر فاصله بین هر دو بسته ۱ m باشد، فاصله زمانی برداشتن بسته ها چند ثانیه باید باشد تا بسته ای روی تسمه نقاله باقی نماند.

مطابق رابطه ۵-۲ خواهیم داشت:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x = 1 \text{ m} \\ \bar{v} = v = 0.5 \text{ m/s} \end{array} \right\} \Rightarrow v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{1 \text{ m}}{0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2 \text{ s}$$

مثال ۳:



شکل روبه رو بازی چوگان ایرانی را نشان می دهد، اگر توپ چوگان حرکت خود را با سرعت ۴ m/s و با شتاب ثابت ۱۰ m/s² آغاز کرده باشد، سرعت آن ۲ s پس از شروع حرکت چقدر خواهد شد؟ برایند نیروهای وارد بر این توپ ۱۲۷ g، چقدر است؟

پاسخ:

$$v = v_0 + at$$

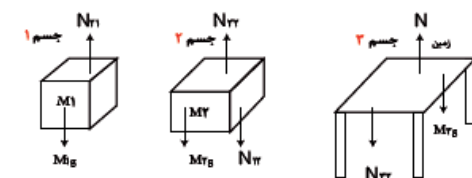
$$\left. \begin{array}{l} v_0 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ a = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{array} \right\} \Rightarrow v = v_0 + at \Rightarrow v = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} + (10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})(2 \text{ s}) = 24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m = 127 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} = 127 \times 10^{-3} \text{ kg} = 1/27 \times 10^{-1} \text{ kg}$$

$$F = ma = 1/27 \times 10^{-1} \text{ kg} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1/27 \frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2} = 1/27 \text{ N}$$

جواب پرسشهای آخر فصل:

۱. الف) دوندۀ B سریع تر است چون شیب خط آن بزرگ تر است.
ب) دو دوندۀ به هم رسیده و از کنار هم عبور کرده اند.
۲. الف) در بازه های زمانی: صفر تا t_1 ، t_1 تا t_2 و t_2 تا t_3 در حال دور شدن از مبدأ است. ب) دوبار در لحظات t_1 و t_2 ج) در جهت محورها بوده است.
- ۳.



$$1- N_{11} = Mg \quad 2- N_{22} = Mg + N_{12} \quad 3- N_{33} = N_{23} + Mg$$

$$2- N_{12} = N_{21} \quad N_{12} = N_{21}$$

$$1 \text{ و } 2 \Rightarrow N_{22} = Mg + Mg = (M_1 + M_2)g$$

$$3 \text{ و } 4 \Rightarrow N_{33} = (M_1 + M_2)g + Mg = (M_1 + M_2 + M_3)g$$

$$N_{33} > N_{22} > N_{12}$$

۴. نیروی وارد شده بر هردو طبق قانون دوم نیوتن باهم برابر است

۵. نیروهای کنش و واکنش هم جنس و هم راستا و خلاف جهت هستند. به لحاظ اندازه هم با هم برابرند؛ ولی به یک جسم وارد نمی شوند که برآیند صفر داشته باشند.

پاسخ مسائل:

۱. این مسئله مربوط به حرکت با سرعت ثابت است، اتومبیل اول (شما) را با شماره ۱ و اتومبیل دوم (دوستان) را با شماره ۲ نام گذاری می کنیم، مدت زمان مسافرت برای هر دو را محاسبه کرده و پس از آن اختلاف زمان را محاسبه می کنیم. اختلاف زمان همان مدتی است که دوستان صبر کرده تا شما برسید.

$$V = \bar{V} = \frac{\Delta X}{\Delta t} \Rightarrow \begin{cases} v_1 = \frac{\Delta X_1}{\Delta t_1} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{\Delta X_1}{v_1} = \frac{50}{90} = \frac{5}{9} h \\ v_2 = \frac{\Delta X_2}{\Delta t_2} \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{\Delta X_2}{v_2} = \frac{50}{90} = \frac{10}{18} h \end{cases}$$

و برای مدت زمان انتظار خواهیم داشت:

۲. حرکت با سرعت ثابت انجام می گیرد؛ پس می نویسیم:

$$\left. \begin{array}{l} x_0 = 250 \text{ m} \\ v = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{array} \right\} \Rightarrow x = vt + x_0 = 5t + 250$$

$$x(60) = 5 \times 60 + 250 = 550 \text{ m} \quad (\text{ب})$$

$$\Delta X = x(60) - x(0) = 550 - 250 = 300 \text{ m} \quad (\text{پ})$$

۳. نمودار مسیر مربوط به حرکت یکنواخت است. فواصل زمانی یک‌دهم ثانیه و فواصل مکانی یک‌دهم متر است. کافی است دو نقطه متفاوت از حرکت را داشته باشیم تا معادله حرکت یکنواخت را بنویسیم:

$$\frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} \Rightarrow \frac{X - 0}{t - 0} = \frac{0/5 - 0}{0/5 - 0} \Rightarrow x = t$$

بنابراین در ثانیه پنجم حرکت داریم: $x(5) = 5 \text{ m}$

۴. برای محاسبه نیروی خالص وارد بر خودرو ابتدا به محاسبه شتاب ثابت آن با استفاده از رابطه زیر می پردازیم:

و سپس از طریق قانون دوم نیوتن مقدار نیروی خالص وارد بر آن را محاسبه کنید.

$$F=ma \Rightarrow F = (873)(44/57) = 38909/16 \text{ N}$$

۵. نیروی بالابرنده هلیکوپتر به سمت بالا و نیروی وزن هلیکوپتر به سمت پایین است:

$$F-W=ma \rightarrow F=W+ma=mg+ma = 4500 \times 10 + 4500 \times 2 = 45000 + 9000 = 54000 \text{ N}$$

۶. وزن جسم از رابطه روبرو محاسبه می شود: $W = mg = 50 \times 10 = 500 \text{ N}$

ب) حداقل نیروی لازم برای حرکت جسم به اندازه بیشترین اصطکاک ایستایی است:

$$F_{Ty} \rightarrow 0 \text{ N} - W = 0 \rightarrow N = W = 500 \text{ N}$$

ج) اگر قرار باشد جسم با سرعت ثابت

حرکت کند، نیروی وارد شده بر آن باید با نیروی اصطکاک جنبشی برابر باشد:

$$F_k = \mu_s N = 0/25 \times 500 = 125 \text{ N}$$

د) از رابطه قانون دوم نیوتن خواهیم داشت: $F=ma = 50 \times 3 = 150 \text{ N}$

۷. ابتدا جرم مجموع قایق ران ها و قایق کانو را محاسبه می کنیم:

$$m=m_1 + m_r + m_r = 70 + 75 + m + 20 = 165 \text{ Kg}$$

سپس برآیند نیروهای وارد بر قایق را محاسبه می کنیم. واکنش نیروهای قایق رانان به آب، به سمت جلو و نیروی اصطکاک (مقاوم) آب به سمت عقب است:

$$F_T = F_1 + F_r + F_r = 400 + 420 - 380 = 440 \text{ N}$$

طبق قانون دوم خواهیم داشت:

$$a = \frac{F_T}{m} = \frac{440}{165} = 2/6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

نمونه سوالهای فیزیک ۱ پودمان ۲

تعاریف :

۱- مکانیک سینماتیک و دینامیک را تعریف کنید.

۲- اصطلاحات زیر را تعریف کنید فرمول و واحد و نوع کمیت هر کدام را بنویسید.

الف) جابجایی ب) مسافت پ) سرعت متوسط ت) تندى متوسط ج) شتاب متوسط

۳- قوانین نیوتن را تعریف کنید.

۴- جرم و وزن را تعریف کنید و تفاوتهای جرم و وزن را بنویسید.

۵- اصطکاک بر چند نوع است ؟ نام ببرید و رابطه هر کدام را بنویسید.

مسائل $g_e \approx 10 \frac{m}{s^2}$ شتاب جاذبه زمین

۱- متحرکی با سرعت ثابت ۱۰ متر بر ثانیه از نقطه ای به فاصله ۳۰ متر از مبدا به حرکت در می آید معادله حرکت متحرک را بنویسید و محاسبه کنید پس از ۵ ثانیه متحرک در چه فاصله ای از مبدا قرار میگیرد

۲- متحرکی ۱۵۰ متر در جهت شمال و ۷۰ متر در جهت غرب و ۳۰ متر در جهت جنوب و ۱۲۰ متر در جهت شرق در مدت ۱۰۰ ثانیه حرکت کرده است تعیین کنید الف) تندى متوسط ب) سرعت متوسط

۳- متحرکی روی محیط دایره ای به ۲ متر در مدت ۳۰ ثانیه به اندازه ۹۰ درجه حرکت می کند تعیین کنید.

الف) تندى متوسط ب) سرعت متوسط

۴- متحرکی روی محیط یک دایره در حرکت است پس از ۹۰ درجه چرخش سرعت آن از ۸ متر بر ثانیه به ۶ متر بر ثانیه در مدت ۲ ثانیه میرسد شتاب حرکت را بدست آورید.

۵- متحرکی با سرعت ۳۶ کیلومتر بر ساعت در حرکت است در اثر اعمال نیرویی سرعت آن به ۷۲ کیلومتر بر ساعت در مدت ۵ ثانیه میرسد شتاب حرکت را بدست آورید. مسافت طی شده تا توقف چند متر است؟

۶- اتومبیلی با سرعت ۱۰۸ کیلومتر بر ساعت در حرکت است. ناگهان متوجه مانعی می شود و با شتاب ۵ متر بر مجذور ثانیه ترمز می کند مسافت طی شده تا توقف را بدست آورید.

۷- جسمی به جرم ۵ kg را از حال سکون با نیروی ۳۰N روی سطح افقی بدون اصطکاک می کشیم تعیین کنید .

۱) شتاب حرکت ۲) سرعت جسم پس از ۴s ۳) مسافت طی شده در این مدت

۸- جسمی به جرم 4kg را از حال سکون با نیروی افقی 30N روی سطح افقی میکشیم اگر ضریب اصطکاک جنبشی جسم و سطح 0.2 باشد تعیین کنید.

۱- نیروی اصطکاک ۲- شتاب حرکت ۳- سرعت جسم پس از 10s ۴- مسافت طی شده در این مدت

۹- وزن جسمی در کره زمین 50 نیوتن است. تعیین کنید وزن جسم در کره ماه

$$\text{شتاب جاذبه زمین } g_m = \frac{1}{6} g_e \text{ شتاب جاذبه ماه}$$

۱۰- شخصی به جرم 60 کیلوگرم درون آسانسور روی ترازو ایستاده است وزن شخص (عددی که ترازو نشان میدهد) را در حالات زیر محاسبه کنید

(۱) آسانسور با شتاب کند شونده 3 متر بر مجذور ثانیه بالا برود

(۲) آسانسور با سرعت ثابت پایین برود

(۳) آسانسور با شتاب کند شونده 2 متر بر مجذور ثانیه پایین برود

۱۱- کتابی به جرم 300 گرم را روی دیوار قائم با نیروی افق F نگاه می داریم اگر ضریب اصطکاک بین دیوار و سطح 0.2 باشد حداقل نیروی F را بدست آورید.

فیزیک ۱ پودمان ۳

تعریف چگالی:

جرم واحد حجم را چگالی گویند و با ρ (رو) نشان می‌دهیم واحد آن در سیستم SI کیلوگرم بر متر مکعب ($\frac{kg}{m^3}$) است و از رابطه $\rho = \frac{m}{v}$ به دست می‌آید.

مثال: جسمی به جرم ۵۰۰ گرم دارای حجم ۲۰۰ سانتی متر مکعب است چگالی آن را در سیستم SI بدست آورید.

$$m = 500g \quad v = 200cm^3$$

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{500}{200} = 2/5 \frac{g}{cm^3}$$

$$1 \frac{g}{cm^3} = 1000 \frac{kg}{m^3} \Rightarrow \rho = 2/5 * 1000 = 2500 \frac{kg}{m^3}$$

مثال: وزن جسمی به حجم $4m^3$ و چگالی $5 \frac{g}{cm^3}$ را بدست آورید

$$v = 4m^3 \quad \rho = 5 \frac{g}{cm^3}$$

$$1 \frac{g}{cm^3} = 1000 \frac{kg}{m^3} \Rightarrow \rho = 5 * 1000 = 5000 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho = \frac{m}{v} \Rightarrow m = \rho v \Rightarrow m = 5000 \frac{kg}{m^3} * 4m^3 = 20000kg$$

$$w = mg = 20000 * 10 = 200000N = 2 * 10^5 N$$

مثال: مجسمه‌ای به جرم ۸۰ گرم را درون یک استوانه مدرج که حاوی $20cm^3$ آب است می‌اندازیم و حجم آب به $30cm^3$ می‌رسد چگالی جسم را در سیستم SI بدست آورید.

$$v_1 = 20cm^3 \quad v_2 = 30cm^3 \quad m = 80g$$

$$v = v_2 - v_1 = 30 - 20 = 10cm^3$$

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{80}{10} = 8 \frac{g}{cm^3}$$

$$1 \frac{g}{cm^3} = 1000 \frac{kg}{m^3} \Rightarrow \rho = 8 * 1000 = 8000 \frac{kg}{m^3}$$

تعریف چگالی نسبی: نسب چگالی یک جسم به جسم دیگر را چگالی نسبی گویند و بدون واحد است چون نسبت

دو کمیت نوع را نشان می‌دهد و از رابطه $d = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ بدست می‌آید. d: چگالی نسبی بدون واحد

ρ_2 : چگالی جسم دوم ρ_1 : چگالی جسم اول واحد چگالی ها باید یکی باشد

جدول ۱-۳ چگالی چند ماده مختلف در فشار یک اتمسفر بر حسب $(\frac{kg}{m^3})$

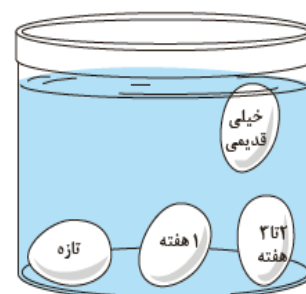
جامد	چگالی	مایع	چگالی	گاز (در دمای $20^\circ C$)	چگالی
طلا	۱۹۳۲۰	جیوه	۱۳۶۰۰	کالر	۲/۹۹۴
سرب	۱۱۳۰۰	گلیسرین	۱۲۶۰	کربن دی اکسید	۱/۹۸
مس	۸۹۰۰	خون	۱۰۵۰	کربن مونو اکسید	۱/۴۶۵
فولاد	۷۹۰۰	چدن مذاب	۶۸۰۰	اکسیژن	۱/۴۳
آلومینیوم	۲۷۰۰	آب در $4^\circ C$	۱۰۰۰	هوا	۱/۲۹
پودرسیمان	۱۸۰۰	آلومینیوم مذاب	۲۳۵۰	آمونیاک	۰/۷۷
یخ	۹۲۰	روغن ذرت	۹۰۰	متان	۰/۶۶۸
چوب گردو	۶۵۰	نفت	۸۳۰	هلیوم	۰/۱۶۶
چوب پنبه	۲۵۰	الکل	۸۰۰	هیدروژن	۰/۰۸۹

نکته: اگر جسمی با چگالی ρ_2 درون مایعی با چگالی ρ_1 قرار گیرد سه حالت امکان دارد رخ دهد
یعنی $d < 1$ شناور $d > 1$ ته نشین $d = 1$ معلق

$$\left\{ \begin{array}{l} 1) d = \frac{\rho_2}{\rho_1} < 1 \quad \text{شناور} \\ 2) d = \frac{\rho_2}{\rho_1} > 1 \quad \text{ته نشین} \\ 3) d = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 1 \quad \text{معلق} \end{array} \right.$$



ب) تفاوت محل قرارگیری چوب پنبه و آهن در داخل آب



الف) استفاده از مفهوم چگالی در تشخیص میزان تازگی تخم مرغ

مثال: چگالی نسبی جسمی نسبت به الکل ۵ می باشد جرم $80 cm^3$ آن را در سیستم SI بدست آورید. اگر

چگالی الکل $\frac{g}{cm^3} 0.8$ باشد.

$$d = \frac{\rho_2}{\rho_1} \Rightarrow \rho_2 = d \cdot \rho_1 \Rightarrow \rho_2 = 0.8 \frac{g}{cm^3} * 5 = 4 \frac{g}{cm^3}$$

$$\rho_2 = \frac{m_2}{V_2} \Rightarrow m_2 = \rho_2 V_2 = 4 \frac{g}{cm^3} * 80 cm^3 = 320 g \div 1000 = 0.32 kg$$

چگالی آلیاژها:

آلیاژ یا مخلوط از ترکیب چند جسم با یکدیگر درست میشود بنابراین چگالی آن جرم کل بخش بر حجم کل میشود.

$$\rho_1 = \frac{m_1}{V_1} \Rightarrow m_1 = \rho_1 V_1, m_2 = \rho_2 V_2, m_3 = \rho_3 V_3$$

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \rho_3 V_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots}$$

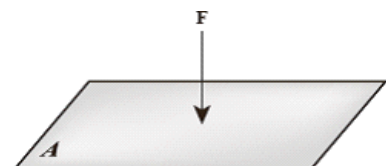
مثال: سه جسم با چگالی های به ترتیب $\rho_1 = 4 \frac{g}{cm^3}$ ، $\rho_2 = 3 \frac{g}{cm^3}$ ، $\rho_3 = 6 \frac{g}{cm^3}$ و حجم های $V_1 = 6 cm^3$ ، $V_2 = 5 cm^3$ ، $V_3 = 9 cm^3$ چگالی آلیاژ حاصل را بدست آورید.

$$\rho = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \rho_3 V_3}{V_1 + V_2 + V_3} = \frac{4 * 6 + 3 * 5 + 6 * 9}{6 + 5 + 9} = \frac{24 + 15 + 54}{20} = \frac{93}{20} = 4.65 \frac{g}{cm^3}$$

سوال ۱: وزن جسمی به حجم $0.5 m^3$ و چگالی $4 \frac{g}{cm^3}$ را بدست آورید.

سوال ۲: چگالی نسبی جسمی نسبت به روغن ازت ۳ میباشد وزن $50 cm^3$ آن را در سیستم SI بدست آورید. اگر چگالی روغن ازت $900 \frac{kg}{m^3}$ باشد.

تعریف فشار: نیروی عمودی وارد و بر یکای سطح را فشار گویند کمیتی نرده ای است و با حرف p نشان میدهیم واحد آن در سیستم SI پاسکال (pa) میباشد.



$$p = \frac{F \perp}{A} \quad [pa] = \left(\frac{N}{m^2} \right) \quad 10^5 pa \approx 1 atm$$

مثال:

جسمی به جرم ۵۰۰ گرم که سطح تکیه گاه آن 2 cm^2 است چه فشاری بر سطح وارد میکند؟

در این گونه مسائل نیروی وزن باعث ایجاد فشار میشود

$$g = 9/8 \frac{N}{kg} \approx 10 \frac{N}{kg}$$

$$A = 2 \text{ cm}^2 = 2 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$m = 500 \text{ g} \div 1000 = 0.5 \text{ kg}$$

$$F = w = mg = 0.5 \times 10 = 5 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{5}{2 \times 10^{-2}} = \frac{500}{2} = 250 \text{ pa}$$

مثال:

فشار هوای درون یک هواپیمای مسافربری در ارتفاع $7/5 \times 10^3 \text{ m}$ از سطح دریا، تقریباً 0.4 اتمسفر از فشار هوای بیرون آن، بیشتر است. در این صورت چه نیرویی بر حسب نیوتن به هر پنجره $(30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm})$ آن وارد می شود؟ ($1 \text{ atm} \equiv 10^5 \text{ Pa}$)

پاسخ: بیشتر بودن فشار هوای درون هواپیما نسبت به بیرون آن عامل وارد شدن نیرویی به درها و پنجره های آن از داخل هواپیما می شود، و براساس رابطه **فشار** این نیرو برابر است با:

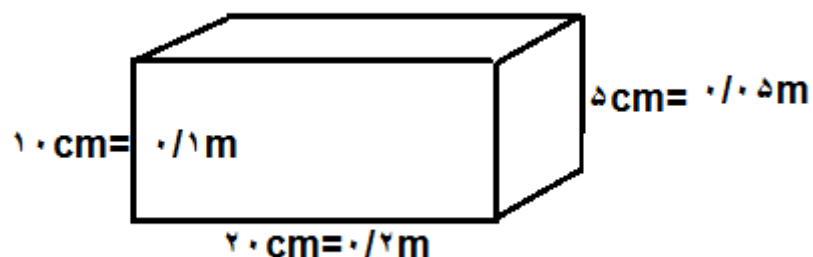
$$A = 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 9 \times 10^2 \text{ cm}^2 = 9 \times 10^2 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 9 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$P = 0.4 \text{ atm} = 0.4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$F = P \times A = 0.4 \times 10^5 \text{ Pa} \times 9 \times 10^{-2} \text{ m}^2 = 3/6 \times 10^3 \text{ N}$$

مثال: آجری به ابعاد $5 \times 10 \times 20$ سانیمتر و چگالی $5 \frac{g}{\text{cm}^3}$ داریم تعیین کنید

۱- نیروی وزن ۲- بیشترین فشار ۳- کمترین فشار



1)

$$v = 5\text{cm} \times 10\text{cm} \times 20\text{cm} = 1000\text{cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{v} \Rightarrow m = \rho \times v = 5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 1000\text{cm}^3 = 5000\text{g} \div 1000 = 5\text{kg}$$

$$w = mg = 5\text{kg} \times 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 50\text{N}$$

فشار با سطح مقطع رابطه عکس دارد

$$2) p_{\max} = \frac{F}{A_{\min}} = \frac{50}{0.05 \times 0.1} = \frac{50}{0.005} = 10000\text{pa}$$

$$3) p_{\min} = \frac{F}{A_{\max}} = \frac{50}{0.1 \times 0.2} = \frac{50}{0.02} = 2500\text{pa}$$

نکته: بیشترین فشار مربوط به کوچکترین سطح کمترین فشار مربوط به بزرگترین سطح است

اثبات: رابطه فشار حاصل از مایعات را بدست آورید.

$$p = \frac{F}{A} = \frac{w}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{(\rho)g}{A} = \frac{\rho(Ah)g}{A} = \rho gh$$

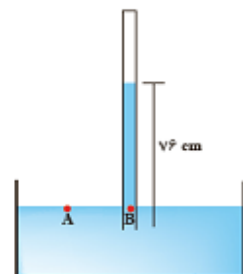
$$\rho: \text{چگالی بر حسب } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad h: \text{ارتفاع بر حسب } m \quad g: \text{شتاب جاذبه } \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

بنابراین فشار حاصل از مایع به سطح مایع بستگی ندارد و به ارتفاع وابسته است.

مثال:

فشار هوا در نقطه ای بر اساس آزمایش توریچلی ۷۶cm جیوه است فشار هوا در این نقطه را بر حسب پاسکال

$$\text{بدست آورید. چگالی جیوه } 13.6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \text{ و شتاب جاذبه } 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

آزمایش محاسبه فشار هوا
توسط آزمایش توریچلی

$$\rho = 13.6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 1000 = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad h = 76\text{cm} \div 100 = 0.76\text{m}$$

$$p = \rho gh = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \times 0.76\text{m} = 101292.8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \approx 10^5 \text{pa}$$

نکته: فشار در سطح آزاد دریا تقریباً برابر است با

$$p_0 = 10^5 \text{ pa} = 1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg}$$

بنابراین میتوان گفت فشار کلی در هر نقطه از مجموع فشار حاصل از جسم و فشار هوا بست می آید و فشار کلی حاصل از مایعات از رابطه زیر محاسبه میشود

$$p_t = \rho gh + p_0$$

$$p_t: \text{فشار کلی} \quad \rho: \text{چگالی بر حسب } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad h: \text{ارتفاع بر حسب } \text{m} \quad g: \text{شتاب جاذبه } \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

مثال: استخری تا ارتفاع ۴m آب ریخته ایم فشار کلی وارد به کف استخر چقدر است؟

$$\rho = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$p_t = \rho gh + p_0 = 1000 \times 10 \times 4 + 10^5 = 140000 \text{ pa}$$

سوال: جسمی به شکل مخروط ناقص و حجم 50 cm^3 که شعاع کوچک ۵cm و شعاع بزرگ ۲۰cm از آلیاژی با

چگالی $6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ساخته شده است بیشترین فشار و کمترین فشار را محاسبه کنید.

$$\pi = 3g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

یادآوری: همانگونه که میدانیم فشار کلی از رابطه $p_t = \rho gh + p_0$ بدست می آید

مثال: درون استخری به ابعاد 10×50 متر تا ارتفاع سه متر آب ریخته ایم تعیین کنید. $\rho = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

(۱) فشار حاصل از آب (۲) فشار کلی وارد به کف استخر (۳) نیروی کل وارد به کف استخر

$$A = 10 \times 50 = 500 \text{ m}^2, h = 3 \text{ m}, p_0 = 10^5 \text{ pa}$$

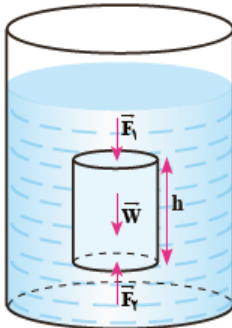
$$1) p = \rho gh = 1000 \times 10 \times 3 = 30000 \text{ pa}$$

$$2) p_t = \rho gh + p_0 = 1000 \times 10 \times 3 + 10^5 = 30000 + 100000 = 130000 \text{ pa} = 1/3 \times 10^5 \text{ pa} = 130 \text{ kpa}$$

$$3) p_t = \frac{F_t}{A} \Rightarrow F_t = p_t \times A = 1/3 \times 10^4 \times 500 = 6/5 \times 10^6 \text{ N}$$

محاسبه اختلاف فشار دو نقطه در مایع ساکن:

با استفاده از رابطه ρgh بدست می آید. یعنی $p_2 - p_1 = \rho gh$

**مثال:**

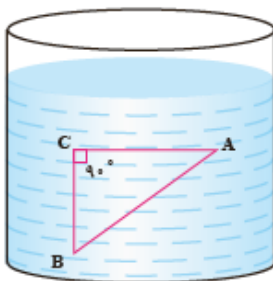
فشار در عمق ۹ متری آب درون یک دریاچه، چه مقدار از فشار در عمق ۱ متری بیشتر است؟

(چگالی آب دریاچه را $\rho = 10^3 \frac{kg}{m^3}$ در نظر بگیرید.)

پاسخ:

$$h = 9m - 1m = 8m$$

$$P_2 - P_1 = \rho gh \Rightarrow P_2 - P_1 = 10^3 \frac{kg}{m^3} \times 10 \frac{N}{kg} \times 8m = 8 \times 10^4 Pa$$

مثال

در شکل رو به رو، اختلاف فشار بین دو نقطه A و B چند کیلو پاسکال است؟

چگالی مایع $\rho = 8 \times 10^3 \frac{g}{lit}$ ، $AB = 13cm$ ، $AC = 12cm$ است.

$$\rho = 8000 \frac{g}{lit} = 8000 \times \frac{10^{-3} kg}{10^{-3} m^3} = 8000 \frac{kg}{m^3}$$

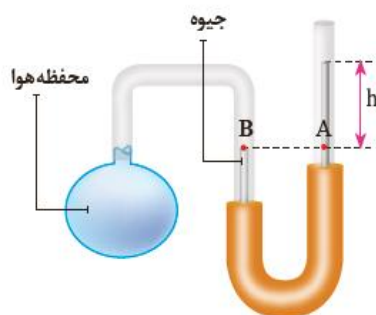
$$AB^2 = AC^2 + BC^2 \Rightarrow h = BC = \sqrt{AB^2 - AC^2} = \sqrt{13^2 - 12^2} = \sqrt{169 - 144} = \sqrt{25} = 5cm = 0.05m$$

$$p = \rho gh = 8000 \times 10 \times 0.05 = 4000 Pa = 4kPa$$

فشار پیمانه ای : اختلاف فشار شاره با فشار محیط را فشار پیمانه ای گویند مانند فشار خون یا فشار باد

لاستیک ماشین یا فشار کپسولها $p - p_0 = \rho gh$ = **فشار پیمانه ای** که p فشار شاره و p_0 فشار

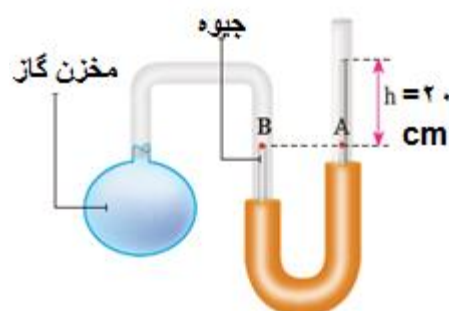
محیط میباشد



فشارسنج‌های U شکل



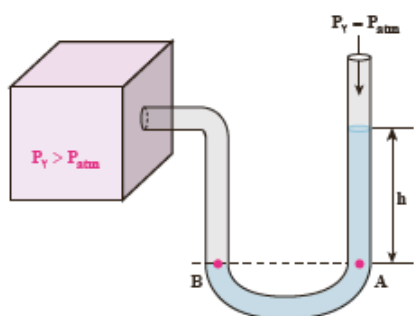
مثال: در شکل زیر فشار مخزن چند پاسکال است



$$\rho_{Hg} = 13600 \frac{kg}{m^3}$$

$$p = \rho gh + p_0 = 13600 \times 10 \times 0.2 + 10^5 = 127200 \text{ Pa}$$

مثال:



مطابق شکل روبه‌رو، فشارسنج ساده‌ای را به مخزن گازی وصل و شیر مخزن را باز می‌کنیم، مشاهده می‌شود سطح جیوه در شاخه‌ای که دهانه آن باز است، ۴۷/۵ cm بالاتر از سطح جیوه در شاخه دیگر قرار می‌گیرد.

$$(g = 10 \frac{N}{kg}, P_0 = 76 \text{ cmHg})$$

الف) فشار پیمانه‌ای گاز را بر حسب سانتی‌متر جیوه و پاسکال محاسبه کنید.

ب) فشار مخزن گاز چند سانتی‌متر جیوه است؟

پاسخ: الف) چون نوع مایع جیوه است، اختلاف ارتفاع جیوه در دو شاخه لوله، یعنی h معرف فشار پیمانه‌ای بر حسب سانتی‌متر جیوه است:

$$\Delta P = 47.5 \text{ cmHg}$$

$$\Rightarrow \Delta P = \rho gh = (13600 \times 10 \times 0.475) \left(10 \frac{N}{kg} \right) (0.475 \times 10^{-1} \text{ m}) = 6460 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = P_{\text{گاز}} - P_0 \Rightarrow P_{\text{گاز}} = \Delta P + P_0 = 47.5 \text{ cmHg} + 76 \text{ cmHg} = 123.5 \text{ cmHg}$$



کاربرد در صنعت و فناوری: انواع فشارسنج‌ها

- ۱- فشارسنج‌هایی که فشار را براساس ارتفاع مایع درونشان اندازه‌گیری می‌کنند:
(الف) مانومترها که اختلاف فشار دو شاره را برحسب اختلاف ارتفاع مایع درون خود اندازه می‌گیرد.
(ب) انواع U شکل، تفاضلی، پیزومتر).
(ب) بارومترها که فقط فشار هوا را اندازه می‌گیرند (خشک، جیوه‌ای).
- ۲- فشارسنج بوردون برای اندازه‌گیری فشار پیمانه‌ای شاره‌ها به کار می‌رود (برای مثال در اندازه‌گیری باد لاستیک وسیله‌های نقلیه).
- ۳- فشار سنجهای دیجیتالی که تا ده بار را در دماهایی بین یک تا ۵۰ درجه سلسیوس اندازه‌گیری می‌کنند.
نکته ۱: فشارسنج‌ها فشار پیمانه‌ای، یعنی اختلاف فشار میان فشار واقعی شاره و فشار جو را اندازه می‌گیرند و طوری درجه‌بندی شده‌اند، که در فشار جو، عدد صفر را نشان می‌دهند.
نکته ۲: در اکثر فشارسنج‌های صنعتی، فشار بر حسب psi و bar اندازه‌گیری می‌شود، که رابطه تبدیل آنها به صورت $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ و $1 \text{ psi} \cong 6890 \text{ Pa}$ است.

مسئله: درون ظرفی استوانه‌ای به شعاع ۵m تا ارتفاع چهار متر نفت ریخته ایم تعیین کنید. $\rho = 0.9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

- (۱) فشار حاصل از نفت (۲) فشار کلی وارد به کف استوانه (۳) نیروی کل وارد به کف استوانه

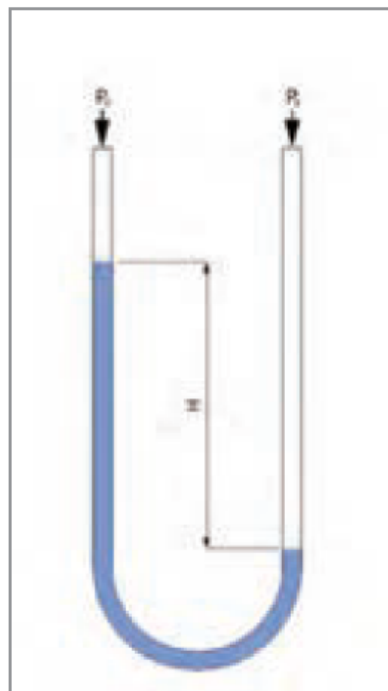
انواع فشار سنجهای

انواع فشارسنج‌ها: وسایل بسیاری با مزایا و معایب خاص خود برای اندازه‌گیری فشار اختراع شده‌اند که با توجه به گستره اندازه‌گیری، حساسیت، پاسخ دینامیکی و هزینه، طراحی و مشخصات فنی با هم فرق دارند.
انواع وسایل اندازه‌گیری فشار عبارت‌اند از:

فشارسنج‌های ستون مایع: از یک ستون عمودی مایع تشکیل شده که در درون لوله‌ای که دو انتهای آن در معرض دو فشار مختلف است، قرار دارد. ستون مایع تا زمانی که وزنش در تعادل با اختلاف فشار بین دو انتهای لوله بشود، بالا یا پایین می‌رود تا تثبیت شود. شکل ساده این نوع مانومترها U شکل است که نصف آن از مایع پر شده و یک طرف آن به فشار تحت اندازه‌گیری و طرف دیگر آن به یک فشار مرجع (مثلاً فشار اتمسفر یا خلأ) وصل می‌شود.

فشارسنج‌های هیدرواستاتیکی: مانند مانومتر ستون مایع، فشار را با نیروی هیدرواستاتیکی که بر واحد سطح در پائینی‌ترین موقعیت ستون سیالی که درون لوله (مانومتر ستون مایع) قرار دارد، مقایسه می‌کند. اندازه‌گیری فشار به روش هیدرواستاتیکی مستقل از نوع گازی است که اندازه‌گیری می‌شود.

فشارسنج‌های پیستونی: براساس ایجاد توازن بین فشار یک سیال با جرم یک جسم جامد (مثل وزنه) یا نیروی کشش فنر کار می‌کنند. فشارسنج‌های آنرویدی (فشارسنج‌های مکانیکی): براساس



خاصیت الاستیکی جزء حسگر فشار که فلزی است، کار می‌کند. در این وسیله هیچ گونه سیالی (مانند مایع در مانومترهای هیدرواستاتیکی) استفاده نمی‌شود لذا به آن آنروید (یعنی بدون سیال) می‌گویند. فشارسنج‌های آنرویدی را فشارسنج‌های مکانیکی نیز می‌نامند. فشارسنج‌های بوردنی و دیافراگمی از نوع فشارسنج‌های آنرویدی محسوب می‌شوند.

این فشارسنج‌ها می‌توانند فشار مایعات و گازها را اندازه‌گیری کنند؛ ولی به نوع گازی که فشار آن را اندازه می‌گیرند، وابستگی نداشته و برخلاف مانومترهای هیدرواستاتیکی، منجر به آلودگی سیستم تحت اندازه‌گیری نمی‌شوند.

فشارسنج مغناطیسی: میزان جابه‌جایی دیافراگم منجر به تغییر در اندوکتانس (خاصیت سلفی)، LVDT، اثر هال یا جریان ادی شده، فشار اندازه‌گیری می‌شود. LVDT نوعی مبدل الکتریکی (حاوی چندین سیم‌پیچ سلونوئیدی) است که برای اندازه‌گیری جابه‌جایی‌های خطی به کار گرفته می‌شود.

فشارسنج‌های الکترونیکی

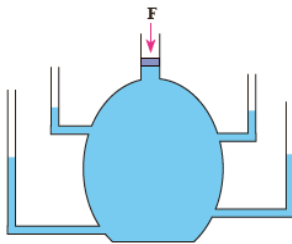
فشارسنج پیزو مقاومتی: فشار مکانیکی اعمال شده منجر به تغییر مقاومت یک نیمه‌هادی شده و فشار اعمال شده اندازه‌گیری می‌شود.

فشارسنج خازنی: با استفاده از دیافراگم و ایجاد یک خازن متغیر فشار اعمال شده را اندازه می‌گیرد.

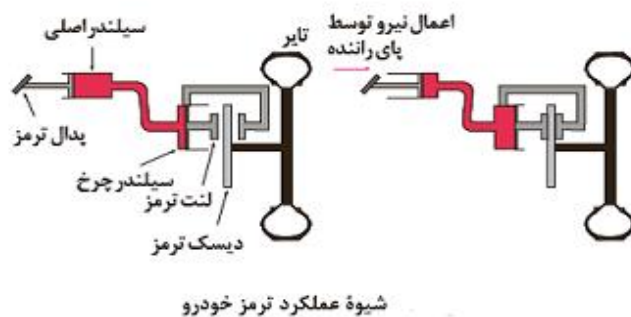
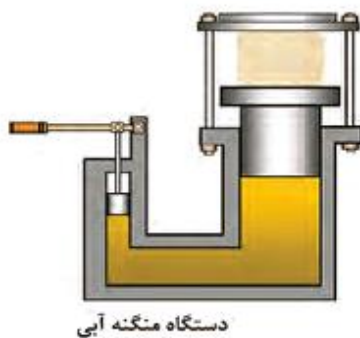
فشارسنج‌های دیافراگمی: نوع دوم از فشارسنج‌های آنرویدی (مکانیکی) به فشارسنج‌های دیافراگمی معروف است که از خاصیت انحراف و جابه‌جایی یک غشای انعطاف‌پذیری که دو منطقه با فشارهای مختلف را از هم جدا می‌کند، برای اندازه‌گیری فشار استفاده می‌کند.



اصل پاسکال: در حالت تعادل یک شاره تراکم ناپذیر که در محیط بسته قرار دارد تغییر فشار وارد بر خود را بدون تغییر به تمام دیگر نقاط شاره و دیواره های ظرف انتقال می دهد.



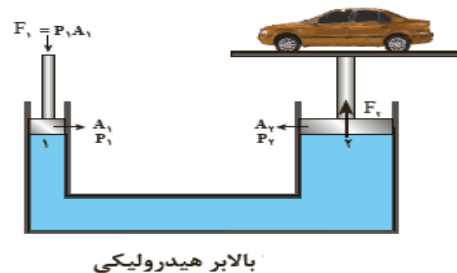
کاربردهای اصل پاسکال عبارتند از ترمز روغنی - منگنه آبی - لوله های کرم و خمیر دندان - پمپاژ آب به نقاط مختلف شهر - بالابر هیدرولیکی و.....



چرا مایعات تراکم ناپذیرند؟

وقتی مولکول ها به هم بسیار نزدیک شوند، یک نیروی دافعه قوی، میان آنها ایجاد می شود که از نزدیک شدن بیشتر آنها جلوگیری می کند. وقتی که بطری پر از آب را متراکم می کنیم مولکول ها آن قدر به هم نزدیک می شوند که نیروی رانشی بین آنها ایجاد می گردد و این نیرو مانع از تراکم بیشتر آب می گردد. نیروی رانشی بین مولکول ها عاملی است که مایعات را تراکم ناپذیر می سازد.

با استفاده از اصل پاسکال و عدم تراکم پذیری مایعات میتوان رابطه انتقال نیرو در مثلا بالابر هیدرولیکی را بدست آورد . که نشان میدهد با افزایش سطح نیرو بزرگ می شود و بالعکس



$$p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

مثال:

در یک بالابر هیدرولیکی شعاع پیستون کوچک ۵cm و شعاع پیستون بزرگ ۲۰cm است برای بالا بردن خودرویی به جرم ۲ تن چه نیرویی بر حسب نیوتن به جک باید وارد کنیم.

$$r_1 = 5\text{cm} \quad r_2 = 20\text{cm} \quad m = 2\text{ton} = 2000\text{kg}$$

$$F_2 = w = mg = 2000 \times 10 = 20000\text{N}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \Rightarrow F_1 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right) \times F_2 = \left(\frac{\pi \times r_1^2}{\pi \times r_2^2}\right) \times F_2 = \left(\frac{5^2}{20^2}\right) \times 20000 = \frac{1}{16} \times 20000 = 125\text{N}$$

بنابراین با اعمال نیروی کم ۱۲۵N به سطح کوچک با استفاده از اصل پاسکال نیروی زیاد ۲۰۰۰۰N از سطح بزرگ بدست آوردیم.

پاسخ مسائل کتاب

۱- میانگین چگالی لایه‌های مختلف زمین $\frac{5}{5} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ و شعاع زمین تقریباً 6380 km است. جرم زمین چند کیلوگرم است؟

-۱

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times (6380 \times 10^3)^3 = 1.088 \times 10^{21} \text{ m}^3$$

$$1.088 \times 10^{21} \text{ m}^3 \quad \text{حجم زمین}$$

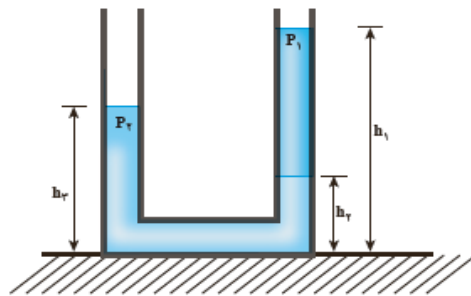
$$\rho = 5.5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 5.5 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 5500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = 5500 \times 1.088 \times 10^{21} = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$$

۲- حجم داخلی مخزنی برابر ۶۰ Lit است و با مایعی که چگالی نسبی آن (نسبت به آب) ۰/۷۲ است، پر شده است. جرم این مایع چند کیلوگرم است؟ ($\frac{g}{cm^3}$ چگالی آب است).

$$\frac{\rho_r}{\rho_a} = 0.72 \Rightarrow \rho_r = 1 \times 0.72 = 0.72 \frac{g}{cm^3}$$

$$m = \rho V = 0.72 \times 60 \times 10^{-3} = 43.2 \times 10^{-3} g = 43.2 kg$$



۳- دستگاه شکل روبه‌رو در تعادل است.

نسبت چگالی دو مایع ($d = \frac{\rho_r}{\rho_1}$) چه اندازه است؟

$$(h_1 = 30 \text{ cm}, h_r = 12 \text{ cm}, h_r = 20 \text{ cm})$$

$$h'_1 = h_1 - h_r = 30 - 12 = 18 \text{ cm}$$

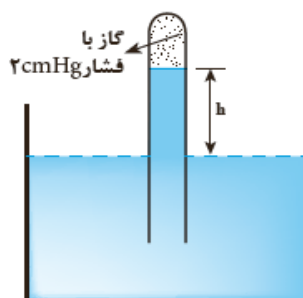
۳-

$$h'_r = h_r - h_r = 20 - 12 = 8 \text{ cm}$$

$$\frac{\rho_r}{\rho_1} = \frac{h'_1}{h'_r} = \frac{18}{8} = \frac{9}{4}$$

۴- فشار در سطح آب و در کف دریاچه‌ای به ترتیب ۹۵ kPa و ۶۱۰ kPa است. اگر چگالی آب دریاچه $1030 \frac{kg}{m^3}$ و $g = 10 \frac{N}{kg}$ باشد، عمق دریاچه چند متر است؟

$$P_r - P_1 = \rho g h = (610 - 95) \times 1000 = 1030 \times 10 \times h \rightarrow h = 50 \text{ m}$$



۵- در شکل مقابل درون ظرف، مایعی با چگالی $\frac{g}{cm^3}$ ۶/۸ و فشار هوا ۷۲ cmHg است. ارتفاعی که این مایع در لوله بالا رفته است (h)، چند سانتی‌متر است؟

$$P_0 - P_{\text{مایع}} + P_{\text{گاز درون لوله}}$$

$$P_{\text{مایع}} - P_{\text{گاز}} = \rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}} g \Rightarrow h_{\text{مایع}} = \frac{P_{\text{گاز}} - P_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{مایع}} g} = \frac{13/6 \times 70}{6/8} = 14 \text{ cm}$$

$$\rho_{\text{Hg}} h_{\text{Hg}} g = \rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}} g \Rightarrow h_{\text{مایع}} = \frac{13/6 \times 70}{6/8} = 14 \text{ cm}$$

سوال ۱: وزن جسمی به حجم 0.5 m^3 و چگالی $4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ را بدست آورید.

$$v = 0.5 \text{ m}^3 \quad \rho = 4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow \rho = 4 \times 1000 = 4000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho = \frac{m}{v} \Rightarrow m = \rho v \Rightarrow m = 4000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.5 \text{ m}^3 = 2000 \text{ kg}$$

$$w = mg = 2000 \times 10 = 20000 \text{ N} = 2 \times 10^4 \text{ N}$$

سوال ۲: چگالی نسبی جسمی نسبت به روغن ازت ۳ میباشد وزن 50 cm^3 آن را در سیستم SI بدست

آورید. اگر چگالی روغن ازت $900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ باشد.

$$d = \frac{\rho_2}{\rho_1} \Rightarrow \rho_2 = d \cdot \rho_1 \Rightarrow \rho_2 = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3 = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_2 = \frac{m_2}{v_2} \Rightarrow m_2 = \rho_2 v_2 = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 50 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 13.5 \text{ kg}$$

$$w = mg = 13.5 \times 10 = 135 \text{ N}$$

سوال ۳: جسمی به شکل مخروط ناقص و حجم 50 cm^3 که شعاع کوچک 5 cm و شعاع بزرگ 20 cm از

آلیاژی با چگالی $6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ساخته شده است بیشترین فشار و کمترین فشار را محاسبه کنید.

$$\pi = 3g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

1)

$$v = 50 \text{ cm}^3, m_1 = 5, \quad r_2 = 20 \text{ cm}$$

$$\rho = \frac{m}{v} \Rightarrow m = \rho \times v = 6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 50 \text{ cm}^3 = 300 \text{ g} \div 1000 = 0.3 \text{ kg}$$

$$w = mg = 0.3 \text{ kg} \times 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 3 \text{ N}$$

$$2) A_1 = \pi r_1^2 = 3 \times 5^2 = 75 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \pi r_2^2 = 3 \times 20^2 = 1200 \text{ cm}^2$$

$$p_{\max} = \frac{F}{A_{\min}} = \frac{3}{75 \times 10^{-4}} = \frac{30000}{75} = 400 \text{ pa}$$

$$3) p_{\min} = \frac{F}{A_{\max}} = \frac{3}{1200 \times 10^{-4}} = \frac{300}{12} = 25 \text{ pa}$$

سوال ۴: درون ظرفی استوانه ای به شعاع ۵m تا ارتفاع چهار متر نفت ریخته ایم تعیین کنید.

$$\rho = 0.9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

(۱) فشار حاصل از نفت (۲) فشار کلی وارد به کف استوانه (۳) نیروی کل وارد به کف استوانه

$$A = \pi r^2 = 3 \times 5^2 = 75 \text{ m}^2, h = 4 \text{ m}, p_0 = 10^5 \text{ pa}, \rho = 0.9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$1) \rho = 0.9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 1000 = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$p = \rho gh = 900 \times 10 \times 3 = 27000 \text{ pa}$$

$$2) p_t = \rho gh + p_0 = 900 \times 10 \times 3 + 10^5 = 27000 + 100000 = 127000 \text{ pa} = 1.27 \times 10^5 \text{ pa} = 127 \text{ kpa}$$

$$3) p_t = \frac{F_t}{A} \Rightarrow F_t = p_t \times A = 1.27 \times 10^5 \times 75 = 9.525 \times 10^6 \text{ N}$$

فشار مایعی در کف ظرف ۱۵۰ cmHg است. بررسی کنید نیرویی که از مایع به کف ظرف وارد می شود چند نیوتون است؟

$$(\rho_{\text{Hg}} = 13.6 \times 10^4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, A = 20 \text{ cm}^2)$$

تمرین کنید



$$P = \rho gh \Rightarrow P = 13600 \times 10 \times 1.5 = 204000 \text{ Pa}$$

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA = 204000 \times 20 \times 10^{-4} = 408 \text{ N}$$

تمرین کنید



فشار هوا بر سطح مایعی به چگالی $\frac{4}{5} \frac{g}{cm^3}$ برابر با 75 cmHg است. اگر چگالی جیوه $\frac{1}{36} \times 10^4 \frac{g}{cm^3}$ و $g = 10 \frac{N}{kg}$ باشد، فشار کل در عمق 40 cm مایع، چند کیلوپاسکال و چند سانتی متر جیوه است؟

$$P_0 = \rho g h = 13600 \times 10 \times 0.75 = 1.02 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P = \rho g h + P_0 \Rightarrow P$$

$$= (4/5 \times 1000) \times 10 \times 0.4 + 1.02 \times 10^5$$

$$P = 1.2 \times 10^5 \text{ Pa} = 120 \text{ KPa}$$

$$P = \rho g h \Rightarrow 1.2 \times 10^5 = 13600 \times h \times 10 \Rightarrow h$$

$$= \frac{1.2 \times 10^5}{136000} = \frac{1.2}{1.36} = 0.882 \Rightarrow h$$

$$= 88.2 \text{ cmHg}$$

مثال:

اگر در آزمایش توریچلی به جای جیوه از آب در ظرف و لوله هواسنج استفاده شود، ستون قائم آب و یا حدود طول لوله لازم را محاسبه کنید.
پاسخ:

$$P_0 = \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

فشار هوا جیوه آب

$$h_2 = \frac{\rho_1 h_1}{\rho_2} = \frac{13600 \times 0.76}{1000} = 10.33 \text{ m}$$



یعنی طول لوله حداقل 10.33 m متر باید باشد (به همین دلیل تلمبه‌های تنفسی که براساس ایجاد خلأ در یک لوله عمل می‌کنند، فقط می‌توانند آب را از عمق حدود 10 m تری یک چاه یا آب انبارهای زیرزمینی بالا بیاورند).

مثال:

ارتفاع جیوه درون لوله هواسنجی 76 cm سانتی متر است. لوله را کج می‌کنیم تا ارتفاع قائم جیوه به 65 cm سانتی متر برسد. فشار بر ته لوله تقریباً چند پاسکال است؟
پاسخ:

$$P' = P_0 - P_{Hg} = 76 - 65 = 11 \text{ cmHg}$$

فشار وارد بر ته لوله

$$P' = \rho g h = 13600 \times 10 \times 0.11 = 15 \times 10^2 \text{ Pa}$$

نمونه سوال فیزیک ۱ پودمان ۳

۱- وزن جسمی به حجم 50cm^3 و چگالی $8\frac{g}{\text{cm}^3}$ را بدست آورید.

۲- مجسمه ای به جرم 80kg را درون یک استوانه مدرج که حاوی 20cm^3 آب است می اندازیم و حجم آب به 30cm^3 می رسد چگالی جسم را در سیستم SI بدست آورید.

۳- سه جسم با چگالی های به ترتیب $\rho_1 = 7\frac{g}{\text{cm}^3}$ ، $\rho_2 = 4\frac{g}{\text{cm}^3}$ ، $\rho_3 = 8\frac{g}{\text{cm}^3}$ و حجم های $v_1 = 6\text{cm}^3$ ، $v_2 = 5\text{cm}^3$ ، $v_3 = 9\text{cm}^3$ چگالی آلیاژ حاصل را بدست آورید.

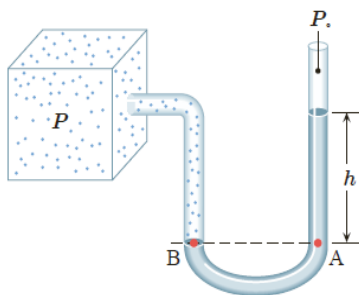
۴- آجری به ابعاد $5 \times 10 \times 20$ سانیمتر و چگالی $5\frac{g}{\text{cm}^3}$ داریم تعیین کنید

۱- نیروی وزن ۲- بیشترین فشار ۳- کمترین فشار

۵- درون ظرفی استوانه ای به شعاع 50cm تا ارتفاع 5 متر آب با چگالی $\rho = 1\frac{g}{\text{cm}^3}$ ریخته ایم تعیین کنید. (۱)

فشار حاصل از آب (۲) فشار کلی وارد به کف استوانه (۳) نیروی کل وارد به کف استوانه

۶- در شکل زیر فشار مخزن چقدر است؟ اگر چگالی مایع درون لوله $\rho = 0.9\frac{g}{\text{cm}^3}$ ، $h = 40\text{cm}$ باشد



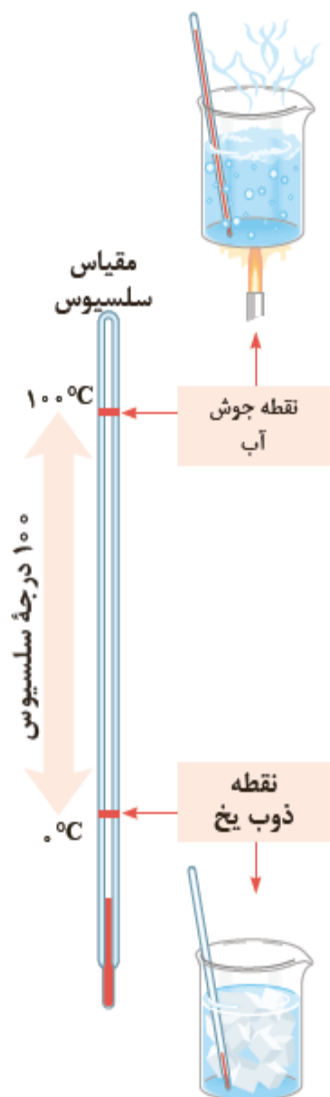
۷- در یک بالابر هیدرولیکی شعاع پیستون کوچک 2cm و شعاع پیستون بزرگ 10cm است برای بالا بردن خودرویی به جرم $1/5$ تن چه نیرویی بر حسب نیوتن به جک باید وارد کنیم.

۸- جسمی به شکل مخروط ناقص و حجم 40cm^3 که شعاع کوچک 6cm و شعاع بزرگ 15cm از آلیاژی با چگالی $8\frac{g}{\text{cm}^3}$ ساخته شده است بیشترین فشار و کمترین فشار را محاسبه کنید.

فیزیک ۱ پودمان ۴

تعریف دما: دما کمیتی مقایسه است که میزان گرمی یا سردی جسم را نشان میدهد. و با دماسنج اندازه گیری میشود. که میانگین انرژی جنبشی ذرات جسم تعیین کننده دمای آن جسم است. دما دارای واحدهای مختلف است در سیستم SI واحد دما سلسیوس یا سانتیگراد و در سیستم انگلیسی واحد آن فارنهایت است.

توجه: گرما از جسم با دمای بیشتر به جسم با دمای کمتر منتقل میشود تا جایی که دمای دو جسم برابر شود.



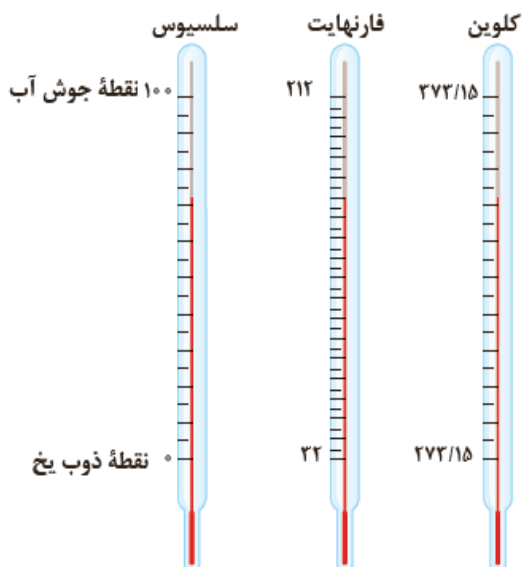
درجه بندی دماسنجها: درجه بندی به مقیاس سانتیگراد یا سلسیوس در

این نوع مدرج سازی، طبق قرارداد، عدد ۰ مربوط به دمایی است که یخ ذوب می شود و عدد ۱۰۰ به دمای جوشیدن آب خالص در فشار هوای استاندارد اختصاص دارد. فاصله بین این دو، به ۱۰۰ قسمت مساوی به نام سانتیگراد تقسیم شده است شکل روبرو. اکنون به افتخار آندرس سلسیوس، منجم سوئدی، کسی که اولین بار این مقیاس را پیشنهاد داد، آن را درجه سلسیوس می نامند و این یکا را با نماد °C نشان می دهند.

لوله دماسنج معمولاً بلند و نازک انتخاب می شود تا یک تغییر کوچک در حجم جیوه یا الکل بتواند به تغییر ارتفاع قابل ملاحظه ای در لوله بینجامد.

در درجه بندی فارنهایت نقطه ذوب یخ ۳۲ و نقطه جوش آب ۲۱۲ در نظر گرفته شده است. صفر مطلق: به دمایی گفته میشود که تقریباً کلیه جنبشهای مولکولی جسم متوقف میشود. که ۲۷۳/۱۵- درجه سانتیگراد است که ۲۷۳- درجه سانتیگراد در نظر میگیریم که اساس درجه بندی کلونین است. بنابراین میتوان گفت: $T^{ok} = 273 + \theta^{oc}$ که T دما بر حسب کلونین و θ دما بر حسب سانتیگراد است.

به عنوان مثال ۲۷ درجه سانتیگراد $T^{ok} = 273 + \theta^{oc} = 273 + 27 = 300^{ok}$ میشود ۳۰۰ درجه کلونین بر اساس تعاریف بالا میتوان دماسنجهای را به صورت زیر مقایسه کرد



رابطه بین دماسنجها:

رابطه اصلی به صورت $\frac{c}{100} = \frac{F - 32}{180} = \frac{x - a}{b - a}$ است که میتوان روابط زیر را بدست آورد

$$\frac{c}{100} = \frac{F - 32}{180} \Rightarrow F - 32 = \frac{180c}{100} \Rightarrow F - 32 = \frac{9c}{5} \Rightarrow F = \frac{9}{5}c + 32$$

$$\frac{c}{100} = \frac{F - 32}{180} \Rightarrow c = \frac{100(F - 32)}{180} \Rightarrow c = \frac{5}{9}(F - 32)$$

a: نقطه ثابت پایینی b: نقطه ثابت بالایی F: فارنهایت c: سلسیوس

در موتور خودرو اگر حرارت توسط دستگاه خنک کننده گرفته نشود، به موتور آسیب خواهد رسید. از طرفی کمبود حرارت نیز باعث خرابی موتور می شود. دمای مناسب موتور خودرو بین 90°C تا 9°C است. این بازه دمای را در مقیاس کلوین و فارنهایت محاسبه و باهم مقایسه کنید.

پاسخ:

$$\theta_1 = 9^{\circ}\text{C} \text{ و } \theta_2 = 90^{\circ}\text{C} \Rightarrow \Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 90 - 9 = 81^{\circ}\text{C}$$

با توجه به روابط بالا داریم:

$$T = \theta + 273 \Rightarrow T_1 = \theta_1 + 273 = 9 + 273 = 282\text{K}$$

$$T_2 = \theta_2 + 273 = 90 + 273 = 363\text{K} \Rightarrow \Delta T = T_2 - T_1 = 363 - 282 = 81\text{K}$$

با توجه به روابط بالا داریم:

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow F_1 = \frac{9}{5}\theta_1 + 32 = \frac{9}{5} \times 9 + 32 = 16.2 + 32 = 48.2^{\circ}\text{F}$$

$$F_2 = \frac{9}{5}\theta_2 + 32 = \frac{9}{5} \times 90 + 32 = 162 + 32 = 194^{\circ}\text{F}$$

$$\Delta F = F_2 - F_1 = 194 - 48.2 = 145.8^{\circ}\text{F}$$

نکته: تغییرات دما بر حسب درجه بندی کلون و سلسیوس باهم برابرند چون

$$\Delta T = T_2 - T_1 = (273 + \theta_2) - (273 + \theta_1) = \theta_2 - \theta_1 = \Delta \theta \Rightarrow \Delta T = \Delta \theta$$

تعریف انرژی درونی: مجموع انرژی جنبشی مولکولی و پتانسیل مولکولی ذرات یک جسم را انرژی درونی جسم گویند.

تعریف ظرفیت گرمای ویژه: مقدار انرژی گرمایی که به واحد جرم یک جسم (یک کیلوگرم) داده شود تا دمای آن یک درجه (یک سلسیوس) افزایش یابد. وبا حرف c نشان میدهیم واحد های آن عبارتند از:

$$\text{که بستگی به مقادیر ارائه شده دارد و از رابطه زیر بدست می آید} \quad \frac{j}{kg \cdot ^\circ C} = \frac{j}{kg \cdot ^\circ K}, \quad \frac{cal}{g \cdot ^\circ C}, \quad \frac{cal}{g \cdot ^\circ F}$$

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta \theta} \Rightarrow Q = mc \Delta \theta$$

مثال: ظرفیت گرمای ویژه ی جسمی به جرم ۴۰۰ گرم که با گرفتن ۸۰ کیلو ژول انرژی دمایش از ۱۵ درجه سانتیگراد به ۶۵ درجه سانتیگراد رسیده است را بدست آورید.

$$m = 400g \div 1000 = 0.4kg, Q = 80kj \times 1000 = 80000j, \theta_1 = 15^\circ, \theta_2 = 65^\circ$$

$$\Delta \theta = \theta_2 - \theta_1 = 65 - 15 = 50$$

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta \theta} = c = \frac{80000}{0.4 \times 50} = 4000 \frac{j}{kg \cdot ^\circ C}$$

مثال: اگر بخواهیم دمای ۲۰ g از یک جسم مجهول را به اندازه ۱۰ °C افزایش دهیم، مقدار J ۲۰۰ گرما لازم است. ظرفیت گرمایی ویژه این جسم چقدر است؟

پاسخ:

$$m = 20g = 20g \times \frac{1kg}{10^3g} = 2 \times 10^{-2}kg \quad \text{و} \quad \theta_2 - \theta_1 = 10^\circ C \quad \text{و} \quad Q = 200J = 2 \times 10^2J \quad \text{و} \quad c = ?$$

$$Q = mc(\theta_2 - \theta_1) \Rightarrow 2 \times 10^2J = 2 \times 10^{-2}kg \times c \times 10^\circ C \Rightarrow$$

$$2 \times 10^2J = 2 \times 10^{-1}kg \cdot ^\circ C \Rightarrow c = \frac{2 \times 10^2J}{2 \times 10^{-1}kg \cdot ^\circ C} = 10^3 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

جدول ۱-۴ ظرفیت گرمایی ویژه مواد مختلف بر حسب $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$

ماده	ظرفیت گرمایی ویژه	ماده	ظرفیت گرمایی ویژه
آب	۴۲۰۰	گرانیت	۸۰
آب دریا	۲۹۰۰	مس	۳۸۰
یخ	۲۱۰۰	سرب	۱۲۶
اتانول	۲۵۰۰	آلومینیوم	۹۰۰
روغن پارافین	۲۱۰۰	سدیم	۱۲۴۰
هیدروژن	۱۴۳۰۰	جیوه	۱۵۰
هوا	۹۹۳	آهن	۲۹۰
هلیوم	۵۲۴۰	فولاد	۴۲۰
اکسیژن	۹۳۰	سنگ مرمر	۹۰۰

تعریف گرما: مقدار انرژی را که بر اثر اختلاف از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای کمتر منتقل میشود را گرما گویند. و با حرف Q نشان میدهیم در سیستم SI واحد آن ژول است. و از رابطه زیر بدست می آید.

$$Q = mc\Delta\theta = mc(\theta_2 - \theta_1)$$

θ_1 : دمای اول θ_2 : دمای آخر $\Delta\theta$: تغییر دما m: جرم c: ظرفیت گرمای ویژه

مثال: میخواهیم دمای ۵۰۰ گرم آب ۲۰ درجه سانتیگراد را به ۱۰۰ درجه سانتیگراد برسانیم مقدار انرژی گرمایی

$$c = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \quad \text{مورد نیاز در سیستم SI را بدست آورید.}$$

$$m = 500gr \div 1000 = 0.5kg, \theta_1 = 20^\circ, \theta_2 = 100^\circ$$

$$Q = mc\Delta\theta = mc(\theta_2 - \theta_1) = 0.5kg \times 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \times (100 - 20) = 168000J = 168kJ$$

توضیح: اگر $\Delta\theta$ یا Q مثبت باشد جسم گرما میگیرد و اگر $\Delta\theta$ یا Q منفی باشد یعنی جسم گرما از دست داده است.

سوال ۱: میخواهیم دمای ۸۰۰ گرم آب ۹۰ درجه سانتیگراد را به ۱۵ درجه سانتیگراد برسانیم مقدار انرژی گرمایی

$$c = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \quad \text{مورد نیاز در سیستم SI را بدست آورید.}$$

سوال ۲: ۱۲۷ درجه سانتیگراد چند درجه کلوین و چند درجه فارنهایت است

تعریف گرما (یادآوری): مقدار انرژی را که بر اثر اختلاف از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای کمتر منتقل میشود را گرما گویند. و با حرف Q نشان میدهیم در سیستم SI واحد آن ژول است. و از رابطه زیر بدست می آید.

$$Q = mc\Delta\theta = mc(\theta_2 - \theta_1)$$

θ_1 : دمای اول θ_2 : دمای آخر $\Delta\theta$: تغییر دما m: جرم c: ظرفیت گرمای ویژه

گرما نوعی انرژی است و همانگونه که میدانیم انرژی ها قابلیت تبدیل به یکدیگر دارند.

توان: کار انجام شده در واحد زمان را توان گویند و با حرف p نشان میدهیم واحد آن وات w است و از

$$\text{رابطه } p = \frac{W}{t} \quad \text{بدست می آید.}$$

مثال: میخواهیم دمای ۲ kg آب ۲۰ درجه سانتیگراد را به آب ۱۰۰ درجه سانتیگراد در مدت ۵ دقیقه تبدیل کنیم . تعیین کنید الف) انرژی گرمایی مورد نیاز ب) توان مفید دستگاه گرمکن

$$c = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

$$m = 2\text{kg}, \theta_1 = 20^\circ, \theta_2 = 100^\circ, t = 5\text{min} \times 60 = 300\text{s}$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 100 - 20 = 80^\circ$$

$$a) w = Q = mc\Delta\theta = 2\text{kg} \times 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times 80 = 672000\text{J} = 672\text{kJ}$$

$$b) p = \frac{w}{t} = \frac{672000}{300} = 2240\text{W}$$

مثال:

جواهرسازی یک قطعه طلای زینتی به جرم ۱۰ گرم و ظرفیت گرمایی ویژه $129 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ را تا دمای 1000°C گرم کرده و پس از شکل دادن آن را درون آب سرد می‌اندازد. پس از خنک شدن قطعه به دمای 30°C می‌رسد. مقدار گرمایی که این قطعه طلا از دست داده، چند کیلوژول بوده است؟ علامت $\Delta\theta$ در این فرایند مثبت است یا منفی؟ علامت Q چگونه؟

$$m = 10\text{g} \div 1000 = 0.01\text{kg}, \theta_1 = 1000^\circ, \theta_2 = 30^\circ$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 30 - 1000 = -970^\circ$$

$$a) w = Q = mc\Delta\theta = 0.01\text{kg} \times 129 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times (-970) = -1251.3\text{J}$$

$$b) p = \frac{w}{t} = \frac{672000}{300} = 2240\text{W}$$

تبدیل واحدهای انرژی

$$1\text{BTU} = 252\text{Cal}$$

$$1\text{cal} = 4.18\text{J} \Rightarrow 1\text{cal} \approx 4.2\text{J} \quad , \quad 1\text{BTU} = 1055.07\text{J}$$

مثال:

آشپزی می‌خواهد زمان لازم برای جوش آمدن آب درون قابلمه را محاسبه کند. توان مصرفی نوشته شده روی اجاق برقی 1400 وات است. اگر او 2kg آب با دمای 20°C در این قابلمه بریزد و آب در دمای 100°C به جوش برسد، مدت زمانی را که او باید منتظر بماند، محاسبه کنید. (از اتلاف گرما صرف نظر کنید)

$$m = 2\text{kg}, \theta_1 = 20^\circ, \theta_2 = 100^\circ, p = 1400\text{W}$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 100 - 20 = 80^\circ$$

$$w = Q = mc\Delta\theta = 2\text{kg} \times 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times 80 = 672000\text{J} = 672\text{kJ}$$

$$p = \frac{w}{t} \Rightarrow t = \frac{w}{p} = \frac{672000}{1400} = 480\text{s} \div 60 = 8\text{min}$$

روشهای انتقال گرما:

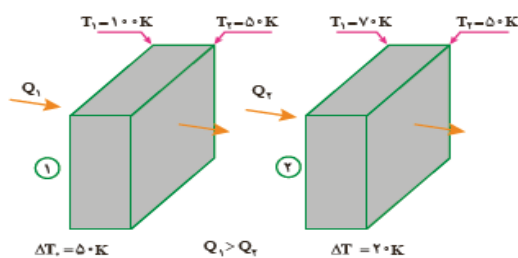
همانگونه که می دانیم گرما به سه روش ۱- رسانش ۲- همرفت ۳- تابش انتقال می یابد.

۱-۳-۴ رسانش گرمایی: دسته یک قاشق فلزی را در دست بگیرید و سر دیگر آن را روی شعله اجاق قرار دهید. در زمانی کوتاه دسته قاشق که در دست شماست به اندازه ای داغ می شود که دیگر نمی توانید آن را نگه دارید. با توجه به اختلاف دمای دو سر قاشق، گرما از سر داغ به سمت دیگر منتقل می شود؛ انتقال گرما به این شیوه را **رسانش** می نامند. آتش باعث می شود اتم های گرم شده سر قاشق تندتر حرکت کنند. این اتم ها، اتم های مجاورشان را به ارتعاش بیشتر وادار می کنند و آنها هم همین کار را برای اتم های مجاور خود انجام می دهند.

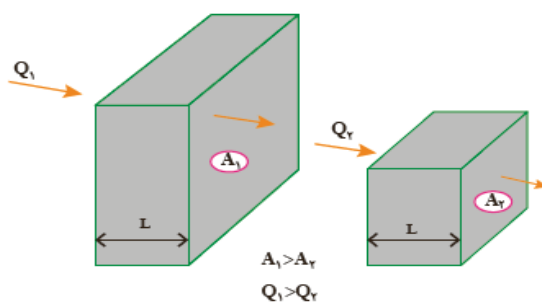
رسانش خوب گرما در یک جسم به پیوندهای اتمی و مولکولی آن جسم بستگی دارد. به عنوان مثال فلزها رساناهای عالی گرما هستند. از طرف دیگر، پشم، شیشه، چوب، کاغذ، و پلاستیک رسانای ضعیف گرما هستند. **رساناهای ضعیف گرما را «عایق» می نامند.**

هوا رسانای بسیار ضعیف گرم است. ویژگی های اجسامی چون پشم، پر، فایبرگلاس و پشم شیشه به عنوان عایق خوب گرما بیشتر به دلیل هوای موجود در لایه های آنهاست.

عوامل موثر بر رسانش: طبق رابطه $Q = \frac{k.A.t.\Delta T}{L} \Rightarrow Q = \frac{k.A.t.(T_2 - T_1)}{L}$ عبارتند از:



شکل ۸-۴ وابستگی آهنگ رسانش به اختلاف دمای دو سطح



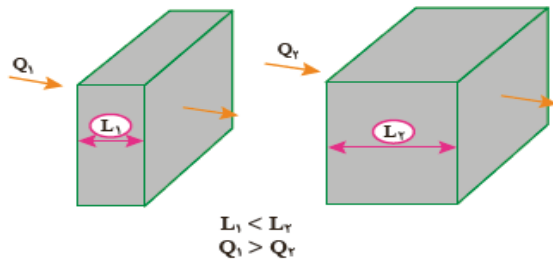
شکل ۹-۴ وابستگی آهنگ رسانش به سطح مقطع جسم

عوامل موثر بر رسانش:

۱- اختلاف دمای دو سطح (نقطه) گرم و سرد $(T_2 - T_1)$ یا $(\theta_2 - \theta_1)$: اختلاف دما عامل انتقال گرماست، بنابراین هرچه اختلاف دمای بین دو سطح گرم و سرد بیشتر باشد، گرمای بیشتری جریان می یابد. انتقال گرما با اختلاف دمای دو سطح رابطه مستقیم دارد (شکل ۸-۴).

۲- سطح مقطع جسم (A) : بدیهی است که هرچه سطح بزرگ تر باشد تعداد مولکول های بیشتری به طور هم زمان کار انتقال گرما را انجام می دهند و مقدار گرمای بیشتری منتقل خواهد شد. پس انتقال گرما با سطح مقطع رابطه مستقیم خواهد داشت (شکل ۹-۴).

۳- ضخامت جسم (L) : هدایت گرما با ضخامت جسم یا به عبارت دیگر، با فاصله بین سطح گرم و سطح سرد جسم رابطه وارون دارد. یعنی هرچه



شکل ۴-۱۰ وابستگی آهنگ رسانش به ضخامت جسم

ضخامت جسم کمتر باشد، هدایت گرما بیشتر خواهد بود (شکل ۴-۱۰).

۴- زمان عبور گرما (t): هرچه زمان، بیشتر باشد مقدار گرمای بیشتری عبور خواهد کرد. بنابراین، انتقال گرما با زمان رابطه مستقیم دارد.

۵- قابلیت هدایت گرمایی یا رسانندگی گرمایی (K): دیدیم که تمام مواد نمی‌توانند گرما را با آهنگ یکسانی عبور دهند. فلزات رساناهای

خوب گرما هستند و موادی همچون چوب و پلاستیک رساناهای ضعیف گرما هستند و موادی مانند پشم شیشه رساناهای خیلی ضعیف گرما یا عایق گرما هستند. رسانندگی گرمایی برخی از مواد در جدول ۴-۲ آمده است. در نتیجه عوامل مؤثر در انتقال گرما به روش رسانش را می‌توان در معادله زیر خلاصه کرد:

جدول ۴-۲ رسانندگی گرمایی مواد

ماده	رسانندگی گرمایی ($\frac{J}{s.m.K}$)	ماده	رسانندگی گرمایی ($\frac{J}{s.m.K}$)
سرب	۳۵	آهن	۸۲
شیشه	۱	نقره	۴۰۶
پنبه نسوز	۰/۰۹	هوا	۰/۰۲۴
آب	۰/۰۴	آجر	~۰/۶
یخ	۲/۲	چوب	~۰/۰۸
چوب پنبه	۰/۰۳	مس	۴۰۰
آلومینیوم	۲۳۸		

آهنگ رسانش: در واقع مقدار گرمای انتقال یافته در واحد زمان را آهنگ رسانش گویند. و با حرف H نشان می‌دهیم واحد آن مانند وات است.

$$H = \frac{Q}{t} = \frac{\frac{k.A.t.\Delta T}{L}}{t} \Rightarrow H = \frac{k.A.\Delta T}{L}$$

$$Q = \frac{k.A.t.\Delta T}{L} \Rightarrow k = \frac{Q.L}{A.t.\Delta T} \Rightarrow \text{واحد } k = \frac{j.m}{m^2.s.k} = \frac{j}{m.s.k}$$

مثال:

شیشه تک جداره پنجره یک آشپزخانه با ابعاد $1m \times 2m$ و با ضخامت $2mm$ است. در یک روز سرد زمستانی که دمای بیرون $0^\circ C$ و دمای اتاق $20^\circ C$ است، در مدت $1s$ از این پنجره چه مقدار گرما تلف می‌شود؟ (ضریب رسانش گرمایی شیشه تک جداره تقریباً $5 \frac{J}{s.m.K}$)

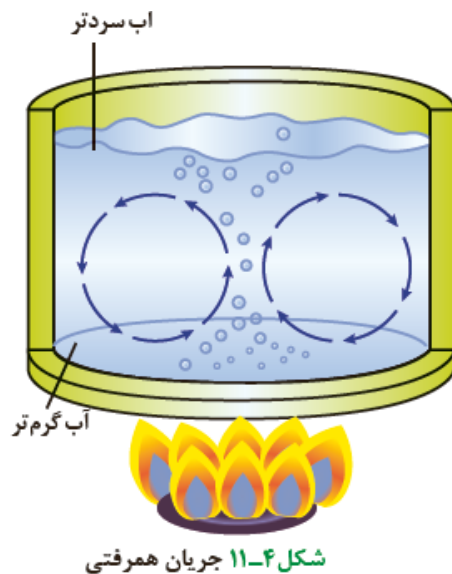
پاسخ:

$$A = 2 \times 1 = 2m^2 \text{ و } \theta_1 = 0^\circ C \text{ و } \theta_2 = 20^\circ C \text{ و } t = 1s \text{ و } K = 5 \frac{J}{s.m.K}$$

$$\text{و } L = 2mm = 2 \times 10^{-3}m, Q = ?$$

$$Q = \frac{KA.t(\theta_2 - \theta_1)}{L} \rightarrow Q = \frac{5 \times 2 \times 1 \times (20 - 0)}{2 \times 10^{-3}} = \frac{2 \times 10^2}{2 \times 10^{-3}} = 10^5 J = 10^5 J \times \frac{1kJ}{10^3 J} = 10^2 kJ$$

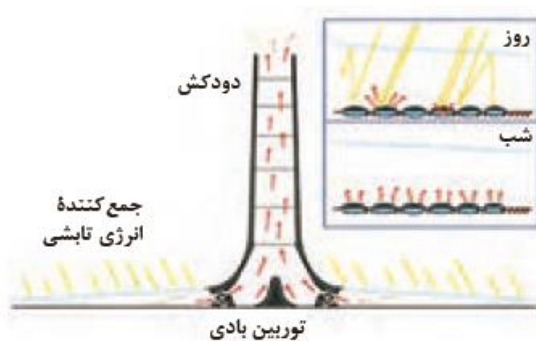
۳-۳-۴ همرفت



مایعات و گازها گرما را بیشتر با روش همرفت منتقل می‌کنند، که ناشی از جابه‌جایی واقعی خود شاره است. در همرفت برخلاف رسانش (که گرما با برخورد های متوالی الکترون‌ها و اتم‌ها منتقل می‌شود)، حرکت بخش‌های شاره (سیال حرارتی) دخالت دارد. همرفت می‌تواند در همه شارها، چه مایع و چه گاز، رخ دهد.

در شکل ۱۱-۴ می‌بینید که نقطه‌ای از شاره که گرم می‌شود، مولکول‌هایش تندتر حرکت می‌کنند و بیشتر از هم دور می‌شوند، در نتیجه چگالی آنها کاهش می‌یابد و به بالا رانده می‌شوند. قسمت خنک‌تر شاره که چگال‌تر است جای شارۀ گرم را می‌گیرد. به این ترتیب، جریان‌های همرفتی به وجود می‌آید. جریان‌های همرفتی در ایجاد بادهای و در آب و هوا مؤثرند.

کاربرد در فناوری و صنعت



در شکل روبه‌رو یک گلخانه می‌بینید که با استفاده از انرژی تابشی گرما می‌گیرد و هوای گرم داخل گلخانه به دلیل جریان‌های همرفتی از طریق دودکش بلندی به ارتفاع ۵ متر به بالا رانده می‌شود. جریان باد توربین‌های تعبیه‌شده در مسیر را می‌چرخاند و برق تولید می‌کند. برق تولیدشده برای استفاده در شب ذخیره می‌شود.

۴-۳-۴ تابش: انرژی خورشید از فضای خلأ و جو زمین عبور می‌کند و سطح زمین به واسطه تابیدن نور خورشید گرم می‌شود. انتقال

این انرژی نه به واسطه رسانش است نه همرفت، زیرا هیچ ماده‌ای در فضای خلأ وجود ندارد که به این روش‌ها گرما را منتقل کند. پس انرژی باید به صورت دیگری منتقل شده باشد. این نوع انتقال انرژی که توسط امواج الکترومغناطیسی صورت می‌گیرد، تابش گرمایی نامیده می‌شود. همه اجسام می‌توانند انرژی خود را به صورت امواج تابشی منتشر کنند؛ اما اجسام گرم‌تر، مقدار بیشتری انرژی تابشی منتشر می‌کنند؛ مثلاً سطح خورشید که دمای بالایی دارد، انرژی تابشی زیادی گسیل می‌کند.

سوال ۱: می‌خواهیم دمای ۵ kg آب ۲۵ درجه سانتیگراد را به آب ۵ درجه سانتیگراد در مدت ۵ دقیقه تبدیل کنیم. تعیین کنید الف) انرژی گرمایی ب) توان مفید دستگاه سرد کن

سوال ۲: مقدار گرمای انتقال یافته از یک پنجره به ابعاد 1×2 متر با شیشه دو جداره آرگون به ضخامت ۲ میلی متر که دمای بیرون صفر درجه سانتیگراد و دمای داخل خانه ۲۰ درجه سانتیگراد است. را بدست آورید. (

$$k = 1 \frac{j}{m.s.k} \text{ آرگون}$$

۴-۴-۱ تأثیر گرما بر اندازه مواد: در ابتدای فصل دیدید که چگونه وقتی دمای ماده‌ای افزایش یابد، مولکول‌ها و اتم‌های آن به طور میانگین تندتر تکان می‌خورند و بنابراین از هم دورتر می‌شوند که نتیجه آن انبساط ماده است؛ معمولاً تمام مواد (جامد، مایع، گاز) به غیر از چند مورد خاص، هنگام گرم شدن منبسط و هنگام سرد شدن منقبض می‌شوند. در بیشتر مواردی که با جامدها سروکار داریم، این تغییرات حجم چندان زیاد نیست، اما با مشاهده دقیق می‌توان آنها را آشکار کرد.

در یک روز گرم تابستان، طول سیم‌های برق بیشتر از یک روز سرد زمستان است و انحنای (شکم) بیشتری دارند. درپوش فلزی شیشه‌مربا را می‌توان با گرم کردن آن در زیر آب داغ راحت‌تر باز کرد. اگر بخشی از ظرف شیشه‌ای سریع‌تر از بخش دیگر داغ شود، منجر به شکستن شیشه می‌شود، مخصوصاً اگر شیشه ضخیم باشد. دندان‌پزشک باید از ماده‌پرکننده‌ای استفاده کند که همان میزان انبساط دندان را داشته باشد. مهندسان ساختمان، در سازه‌های بتونی فولادی به کار می‌برند که میزان انبساط برابر با بتون داشته باشد. مهندسان عمران در ساختن پل‌های بزرگ پل را به صورت قطعه قطعه می‌سازند و بین قطعات شیارهای فاصله‌ای منظور می‌کنند که درزهای انبساط نامیده می‌شوند. گاهی مواقع این شیارها را با قیر پر می‌کنند تا بتوانند در تابستان منبسط و در زمستان به راحتی منقبض شود.



در گذشته، خط‌های آهن قطعه‌هایی ۱۱/۹ متری بودند که با میله‌های اتصال به هم وصل می‌شدند و شکاف‌هایی برای انبساط بین این میله‌های بلند وجود داشت. در تابستان که خط‌های آهن منبسط می‌شدند این شکاف‌ها باریک بودند اما در زمستان شکاف‌ها گشاد می‌شدند و باعث صدای تلق تلق بیشتر هنگام حرکت قطار می‌شدند.

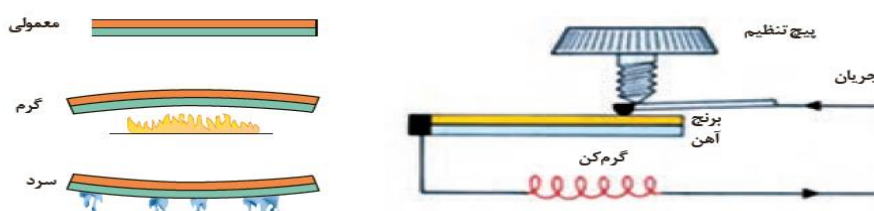
این روزها دیگر صدای تلق تلق را نمی‌شنویم زیرا این اندیشه از ذهن کسی گذشت که با جوش دادن خط‌های آهن به هم این شکاف را حذف کند. به نظر شما آیا انبساط ناشی از گرمای تابستان باعث تاب برداشتن خط‌های آهن به هم جوش داده، مطابق شکل روبه‌رو، نمی‌شود؟ نه! به شرط آنکه خط‌ها در گرم‌ترین روزهای تابستان جوش داده و نصب شوند! کاهش طول خط‌های آهن در هوای سرد باعث کشیدگی آنها می‌شود که کمانش (تاب) به وجود نمی‌آورد و آهن به دلیل خاصیت انعطافی و کششی کشیده شده و مشکلی به وجود نمی‌آورد.

بیشتر بدانید



کاربرد در فناوری و صنعت

آهنگ انبساط مواد مختلف، متفاوت است. برخی سریع‌تر منبسط شده و برخی کندتر. وقتی دو نوار از فلزهای مختلف - مثلاً برنج و آهن - به هم جوش داده یا پرچ شوند، انبساط بیشتر یکی از آنها باعث خم شدن نوار می‌شود؛ از طرف دیگر، با سرد شدن قطعه، نوار از طرف مقابل خم می‌شود زیرا فلزی که بیشتر منبسط شود، بیشتر هم منقبض می‌شود. از این حرکت نوار می‌توان برای چرخش عقربه، یا خاموش و روشن کردن یک دستگاه استفاده کرد. این قطعه در ترموستات کاربرد یافته است. خم شدن نوار به دو جهت باعث خاموش و روشن شدن مدار الکتریکی می‌گردد. یخچال و اتو به ترموستاتی مجهزند که از سرد یا گرم شدن بیش از حد آنها جلوگیری می‌کند.



۴-۲ محاسبه مقدار انبساط: همان طور که گفتیم، مهندسین عمران بین قطعات پل و ریل‌های آهن فاصله‌هایی را تعبیه می‌کنند. این فاصله‌ها چقدر باید باشند و چگونه محاسبه می‌شوند؟ در ادامه فصل، میزان انبساط اجسام را بر اثر گرما می‌توانید محاسبه کنید.

انبساط طولی: اجسامی که طول آنها نسبت به ابعاد دیگر بسیار بیشتر باشد، انبساط طولی دارند. اگر طول یک میله در دمای θ_1 برابر L_1 باشد و طول آن در دمای θ_2 برابر L_2 باشد، میزان تغییر طول این میله یعنی $L_2 - L_1$ به سه عامل بستگی خواهد داشت: طول اولیه میله (L_1) - میزان تغییر دما ($\Delta\theta$) - ضریب انبساط طولی (جنس میله) (α)

بنابراین معادله انبساط طولی به شکل زیر خواهد بود:

$$L_2 - L_1 = \alpha L_1 \Delta\theta \quad (الف \quad ۵-۴)$$

$$L_2 = L_1 (1 + \alpha \Delta\theta) \quad (ب \quad ۵-۴)$$

یکای ضریب انبساط طولی $\frac{1}{K}$ یا $\frac{1}{^\circ C}$ است.

جدول ۴-۳ ضریب انبساط طولی مواد مختلف

ماده	ضریب انبساط طولی ($\frac{1}{K}$)
آلومینیوم	23×10^{-6}
آجر	9×10^{-6}
مس	17×10^{-6}
الماس	تقریباً صفر
بتن	12×10^{-6}
آهن	12×10^{-6}
کوارتز	0.2×10^{-6}
روی	31×10^{-6}
برنج	19×10^{-6}

طول یک سیم نازک برق از جنس مس در دمای $30^\circ C$ ، $30m$ است. اگر در اثر گرما دمای سیم به $40^\circ C$ افزایش یابد، طول سیم چقدر افزایش خواهد یافت؟

$$(\alpha = 17 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ C})$$

پاسخ:

$$L_2 - L_1 = ? \quad \theta_2 = 40^\circ C \quad \text{و} \quad L_1 = 30m \quad \text{و} \quad \theta_1 = 30^\circ C$$

$$L_2 - L_1 = \alpha L_1 \Delta\theta$$

$$L_2 - L_1 = 17 \times 10^{-6} \times 30 \times (40 - 30) = 2/04 \times 10^{-2} m$$

$$= 2/04 \text{ cm}$$

مثال

+

-

×

÷

انبساط سطحی: همواره انبساط خطی اجسام در همه ابعاد رخ می‌دهد، بنابراین انبساط سطحی و حجمی را می‌توان با استفاده از انبساط خطی در همه ابعاد محاسبه کرد. روابط آنها شبیه به رابطه انبساط طولی است با این تفاوت که ضریب انبساط سطحی دو برابر ضریب انبساط خطی است و به جای طول اولیه و ثانویه، سطح اولیه (A_1) و ثانویه (A_2) خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} A_2 - A_1 &= 2\alpha A_1 \Delta\theta & (6-4 \text{ الف}) \\ A_2 &= A_1 (1 + 2\alpha \Delta\theta) & (6-4 \text{ ب}) \end{aligned}$$

مثال



دمای یک ورقه را 25°C افزایش می‌دهیم. مساحت آن یک درصد افزایش می‌یابد. ضریب انبساط خطی آن فلز در SI چقدر است؟

پاسخ: $\alpha = ?$ و $\Delta\theta = 25^\circ\text{C}$ و $A_2 - A_1 = \frac{1}{100} A_1$

$$\begin{aligned} A_2 - A_1 &= 2\alpha A_1 \Delta\theta \Rightarrow \frac{1}{100} A_1 = 2\alpha A_1 (25) \Rightarrow \\ \frac{1}{100} &= 50\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{1}{100 \times 50} = 0.0002 = 2 \times 10^{-4} \frac{1}{\text{K}} \end{aligned}$$

انبساط حجمی: ضریب انبساط حجمی سه برابر ضریب انبساط خطی است و با β نشان داده می‌شود، بنابراین معادله آن به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} V_2 - V_1 &= \beta V_1 \Delta\theta = 3\alpha V_1 \Delta\theta & (7-4 \text{ الف}) \\ V_2 &= V_1 (1 + 3\alpha \Delta\theta) & (7-4 \text{ ب}) \end{aligned}$$

نکته

ضریب انبساط خطی برای مایعات تعریف نشده است تا بتوان طبق آن، ضریب انبساط حجمی آنها را ۳ برابر ضریب انبساط خطی لحاظ کرد؛ بنابراین ضریب انبساط حجمی را با β نمایش می‌دهند. اما چون انبساط سطحی برای مایعات بی‌معناست، بنابراین نیازی به نام‌گذاری یک حرف به جای 2α وجود ندارد.

پاسخ پرسشها

۱. ج
۲. به دلیل انقباض سیم‌ها در زمستان طول آنها کوتاه می‌شود و با این کار امکان این کاهش طول فراهم می‌شود.
۳. دسته ظرف: رسانش
مایع داخل ظرف: همرفت
آتش: تابش
۴. به دلیل ظرفیت گرمایی ویژه آب، برای جلوگیری از داغ شدن قطعه در حال تراش از آب به عنوان خنک‌کننده استفاده می‌شود.
۵. برای جلوگیری از انتقال با روش تابش، بدنه آبگرمکن را رنگ سفید می‌زنند. برای جلوگیری از انتقال گرما از طریق رسانش دو جداره دور مخزن قرار می‌دهند و بین دو جداره هوا وجود دارد که رسانای ضعیف گرماست.
۶. خیر، به دلیل اینکه ضریب انبساط گرمایی آب زیاد نیست، دقت زیادی نخواهد داشت.
۷. به دلیل رسانا بودن تیغه، هنگام لمس آن، گرما از دست ما وارد فلز شده و دست احساس سرما می‌کند. اما برای دسته چوبی به دلیل نارسانا بودنش چنین اتفاقی نمی‌افتد.

پاسخ مسائل

۱- دمای بدن انسان در حالت طبیعی تقریباً 37°C است. این دما بر حسب کلوین و فارنهایت چقدر است؟

$$T = \theta + 273 \rightarrow T = 37 + 273 = 310\text{K}$$

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 \rightarrow F = \frac{9}{5} \times 37 + 32$$

$$F = 66/6 + 32 = 98/6^{\circ}\text{F}$$

۲- قطعه‌ای از موتور یک خودرو به جرم $1/9$ کیلوگرم، که از ترکیب دو فلز آهن و آلومینیوم ساخته شده است که باید در دمای 150° درجه سلسیوس کار کند. اگر 196 کیلو ژول انرژی لازم باشد تا دمای این آلیاژ را از 20° درجه سلسیوس به 150° درجه سلسیوس برسد، ظرفیت گرمایی ویژه این آلیاژ چه مقدار است؟

$$Q = mC(\theta_f - \theta_i) \quad 196000 = 1/9 \times C \times (150 - 20) \rightarrow$$

$$196000 = 247C \rightarrow C = 793 / 5 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

۳- در صنایع فلزی برای خنک کردن و تسهیل فرایند برش از روغن‌های معدنی استفاده می‌شود. اگر دمای یک قطعه 2 کیلوگرمی آلومینیوم توسط این روغن از 200° درجه سلسیوس به 75° درجه سلسیوس برسد، در طول این فرایند، آلومینیوم چند ژول گرما از دست داده است؟ (ظرفیت گرمایی ویژه آلومینیوم $900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ است)

$$Q = mC(\theta_f - \theta_i) \rightarrow$$

$$Q = 2 \times 900 \times (75 - 200) \rightarrow Q = -225000 \text{ J} = -225 \text{ KJ}$$

۴- طول قطعات یک پل فولادی در دمای 20°C برابر 15 متر است. اگر حداکثر دمای منطقه در تابستان 50°C و حداقل دمای آن در زمستان 10°C باشد، بیشترین و کمترین طول این قطعات در تابستان و زمستان را حساب کنید.

تابستان

$$L_f - L_i = \alpha L_i \Delta\theta$$

$$L_f - L_i = 12 \times 10^{-6} \times 15 \times (50 - 20)$$

$$L_f - L_i = 54000 \times 10^{-6} \text{ m} = 0.0054 \text{ m} = 5/4 \text{ mm}$$

$$L_f = 15.0054 \text{ m}$$

زمستان

$$L_f - L_i = \alpha L_i \Delta\theta$$

$$L_f - L_i = 12 \times 10^{-6} \times 15 \times (-10 - 20)$$

$$L_f - L_i = -54000 \times 10^{-6} \text{ m} = -0.0054 \text{ m} = -5/4 \text{ mm}$$

$$L_f = 14.9946 \text{ m}$$

۵- دو دیسک دایره‌ای شکل A و B به شعاع ۲۰ cm و ۴۰ cm به ترتیب در دمای ۲۰۰°C و ۱۰۰°C وجود دارد. در چه دمایی مقدار انبساط سطحی B دو برابر انبساط سطحی A می‌شود؟

$$\Delta A_B = 2 \Delta A_A \rightarrow 2 \alpha A_B \Delta \theta = 2 \times 2 \alpha A_A \Delta \theta$$

$$A_{1B}(\theta_r - 100) = 2 A_{1A}(\theta_r - 200)$$

$$\pi \times 20^2(-100) = 2 \times \pi \times 40^2(\theta_r - 200)$$

$$400 \theta_r - 40000 = 3200 \theta_r - 640000$$

$$2800 \theta_r = 600000 \rightarrow \theta_r = 214/28 C$$

۶- سقف یک خانه به ابعاد ۹×۶ متر از جنس آجر یک لایه با ضخامت ۱۰ cm است. در یک روز زمستانی دمای بیرون خانه ۱۵ درجه سلسیوس کمتر از دمای درون خانه است. اتلاف انرژی از سقف در مدت یک شبانه‌روز چقدر است؟

$$Q = \frac{KA\Delta T}{L} \rightarrow Q = \frac{0/6 \times 54 \times 24 \times 3600 \times 15}{0/1}$$

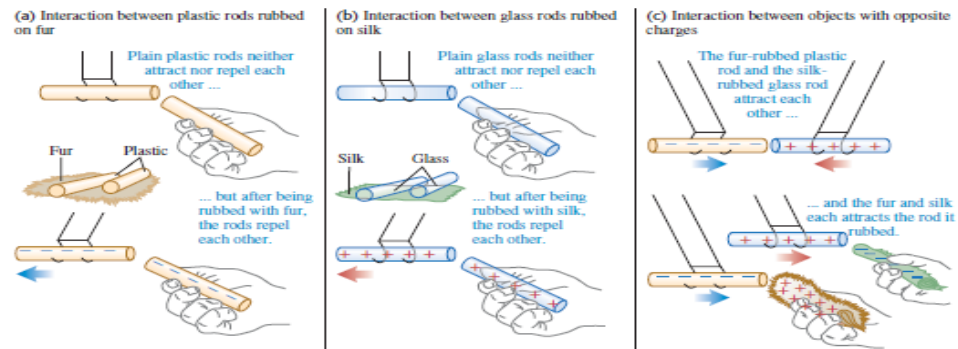
$$Q = 419904000 \text{ J} = 419904 \text{ kJ}$$

نکته: هر گاه چند جسم با دماهای مختلف در مجاورت یکدیگر قرار به گونه ای که تغییرات رخ ندهد دمای تعادل از رابطه زیر بدست می آید

$$\theta_e = \frac{m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2 + m_3 c_3 \theta_3 + \dots}{m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3 + \dots}$$

فیزیک ۱ پودمان ۵ جلسه اول

همانگونه که میدانیم اگر یک میله شیشه ای را به پارچه ابریشمی مالش دهیم میله دارای بار مثبت و پارچه ابریشمی دارای بار منفی میشود و اگر میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهیم میله پلاستیکی دارای بار منفی و پارچه پشمی دارای بار مثبت میشود. که بارهای همانم یکدیگر را دفع میکنند و بارهای غیر همانم یکدیگر را جذب می کنند



بارهای همانم یکدیگر را دفع میکنند و بارهای غیر همانم یکدیگر را جذب می کنند



بنابراین میتوان گفت بار الکتریکی به صورت دانه ای است یعنی $q = \pm ne$ که در این رابطه q بار الکتریکی بر حسب کولن (C) و n تعداد بار پایه و $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ مقدار بار پایه بر حسب کولن است

مثال: بار جسمی ۳۲ میکرو کولن است تعداد بار پایه را بدست آورید.

$$q = 32 \mu C = 32 \times 10^{-6} C, e = 1/6 \times 10^{-19}$$

$$q = \pm ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{32 \times 10^{-6}}{1/6 \times 10^{-19}} = 2 \times 10^{14}$$

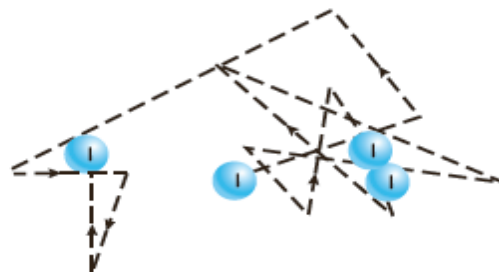
$$1 \mu C = 10^{-6} C, 1 mC = 10^{-3} C$$

اغلب در مسائل از واحدهای کوچک بار الکتریکی استفاده میشود

یاد آوری پیشوندها

پیشوندهای کوچک کننده		
نماد	پیشوند	مضرب
a	آتو	10^{-18}
f	فمتو	10^{-15}
p	پیکو	10^{-12}
n	نانو	10^{-9}
μ	میکرو	10^{-6}
m	میلی	10^{-3}
c	سانتی	10^{-2}
d	دسی	10^{-1}

الکترون آزاد: به الکترونهای لایه آخر هر عنصر الکترون آزاد گوید عناصری که تعداد الکترون لایه آخر آنها کمتر از ۴ باشد رسانا (هادی) گفته می شود. حرکت الکترونهای آزاد به صورت کاتوره ای است.



شکل ۲-۵ حرکت کاتوره‌ای الکترون‌های آزاد

شدت جریان الکتریکی: به مقدار بار الکتریکی که در واحد زمان از مقطع یک هادی عبور می کند شدت جریان الکتریکی گوئیم. و با حرف I نشان میدهیم. واحد آن آمپر (A) می باشد.

$$I = \frac{q}{t} \quad \text{جریان بر حسب (A) } q: \text{ بار بر حسب کولن (C) } t: \text{ زمان (s)}$$

مثال: از یک هادی شدت جریان ۲A عبور می کند در مدت ۵ دقیقه چه تعداد بار الکتریکی از هادی عبور میکند

$$I = 2A, t = 5 \text{ min} = 5 \times 60 = 300s, e = 1/6 \times 10^{-19} C = 16 \times 10^{-20} C$$

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = I t = 2 \times 300 = 600 C$$

$$q = n e \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{600}{16 \times 10^{-20}} = 37.5 \times 10^{20} \quad \text{عد}$$

نکته: انتقال انرژی در رسانا با سرعت نور یعنی $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ صورت می گیرد ولی الکترون‌ها با سرعت $10^{-5} \frac{m}{s}$

صورت میگیرد

شدت جریان الکتریکی متوسط: به مقدار بار الکتریکی که در یک زمان معین از مقطع یک هادی عبور می کند شدت جریان الکتریکی متوسط گوئیم. و با حرف $\bar{I}$ نشان میدهیم. واحد آن آمپر (A) است

$$\Delta q : \text{تغییرات بار بر حسب کولن} \quad \Delta t : \text{زمان بر حسب ثانیه} \quad \bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

شدت جریان الکتریکی با **آمپر سنج** اندازه گیری میشود که به صورت **متوالی (سری)** در مدار قرار می گیرد.

مثال:

هنگامی که یک ماشین حساب جیبی روشن می شود از باتری آن جریان $0/15 \text{mA}$ می گذرد. اگر این ماشین حساب 10 دقیقه روشن باشد، چه مقدار بار خالص از مدار ماشین حساب عبور می کند؟

پاسخ:

$$\Delta t = 10 \times 60 = 600 \text{ s}, \quad \bar{I} = 0/15 \text{mA}, \quad \Delta q = ?$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow \Delta q = I \Delta t \rightarrow \Delta q = 0/15 \times 10^{-3} \text{A} \times 600 \text{s} = 9 \times 10^{-2} \text{As} = 9 \times 10^{-2} \text{C}$$

اختلاف پتانسیل: عاملی که باعث حرکت بارهای الکتریکی می شود را اختلاف پتانسیل گویند. و عبارت است از مقدار کاری که برای انتقال واحد بار الکتریکی انجام میشود و با حرف V نشان می دهیم واحد آن ولت (V) است.

و از رابطه $V = \frac{W}{q}$ بدست می آید. W کار بر حسب ژول و q بار بر حسب کولن

مثال: برای انتقال بار $20 \mu\text{C}$ در اختلاف پتانسیل $40V$ چقدر کار انجام میشود.

$$V = 40V, q = 20 \mu\text{C}$$

$$V = \frac{W}{q} \Rightarrow W = qV = 20 \times 10^{-6} \times 40 = 800 \times 10^{-6} \text{J} = 8 \times 10^{-4} \text{J} = 0/8 \text{kJ}$$

نکته: اختلاف پتانسیل با **ولت سنج** اندازه گیری میشود که به صورت **موازی** در مدار قرار می گیرد.

مقاومت الکتریکی: عاملی که از عبور جریان الکتریکی جلوگیری میکند مقاومت الکتریکی گویند و با حرف R نشان می دهیم واحد اهم (Ω) است.

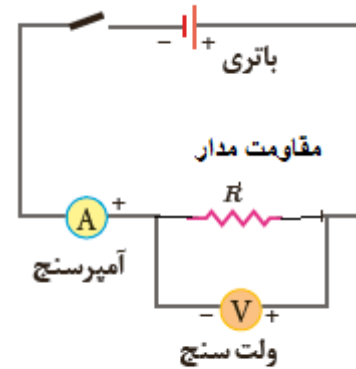
قانون اهم: در یک مدار مسدود نسبت اختلاف پتانسیل به شدت جریان مقداری است ثابت که برابر مقاومت مدار

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{است.}$$

R : مقاومت بر حسب اهم I : شدت جریان بر حسب آمپر V : اختلاف پتانسیل بر حسب ولت

جدول ۱-۵ نمادهای مربوط به مدار

قطعه	نماد در مدار
باتری	
مقاومت	
آمپرسنج	
ولتسنج	
کلید	



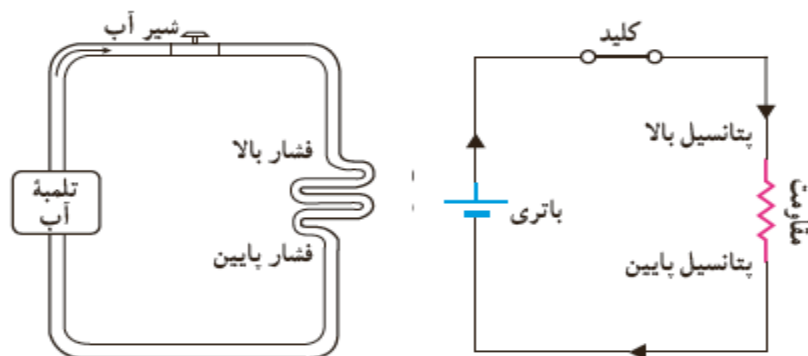
شکل ۱۳-۵ مدار ساده قانون اهم

مثال: اختلاف پتانسیل دو سر یک مقاومت که از آن جریان $0/5A$ عبور میکند 20 ولت است مقدار مقاومت را بدست آورید.

$$I = 0/5A, V = 20$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20}{0/5} = 40\Omega$$

تشابه مدار الکتریکی و سیستم آبرسانی با تلمبه



سوال: اختلاف پتانسیل دو سر یک مقاومت 40 اهمی 20 ولت است تعداد بار عبوری در مدت 5 دقیقه را بدست آورید.

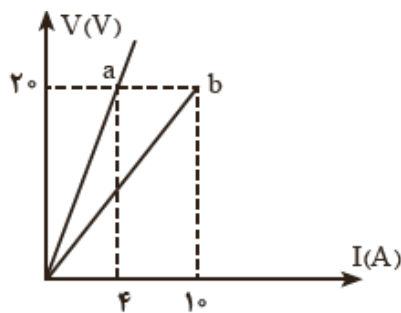
$$R = 40\Omega, t = 5 \text{ min} = 5 \times 60 = 300s, V = 20$$

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{20}{40} = 0/5A$$

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = I t = 0/5 \times 300 = 150c$$

$$q = n e \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{150}{16 \times 10^{-20}} = 9/375 \times 10^{20}$$

مثال:



شکل مقابل مربوط به دو نوع رسانا در دمای ثابت است. مقاومت کدام رسانا بیشتر است؟

پاسخ:

$$R_b = \frac{V_b}{I_b} = \frac{20V}{10A} = 2\Omega \quad R_a = \frac{V_a}{I_a} = \frac{20V}{4A} = 5\Omega$$

نتیجه: مقاومت a بیشتر شد و همان طور که از شکل مشخص است شیب نمودار a نیز بیشتر است.

در نتیجه در نمودار V-I شیب نمودار بیانگر مقاومت است؛ هرچه شیب بیشتر باشد، مقاومت نیز بیشتر است.

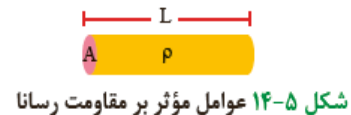
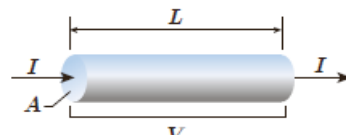
عوامل موثر بر مقاومت رسانا ها در دمای ثابت

مقدار مقاومت از رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ بدست می آید بنابراین عوامل موثر بر مقاومت R عبارتند از:

۱- ρ : مقاومت ویژه بر حسب اهم متر ($\Omega.m$) رابطه مستقیم

۲- L : طول سیم بر حسب متر m رابطه مستقیم

۳- A : سطح مقطع بر حسب متر رابطه معکوس



جدول ۵-۲ مقاومت ویژه مواد مختلف
در دمای $20^\circ C$

مقاومت ویژه $\rho (\Omega m)$	ماده (رسانای الکتریکی)
$1/62 \times 10^{-8}$	نقره
$1/69 \times 10^{-8}$	مس
$2/35 \times 10^{-8}$	طلا
$2/75 \times 10^{-8}$	آلومینیوم
$5/60 \times 10^{-8}$	تنگستن
$9/68 \times 10^{-8}$	آهن
$10/6 \times 10^{-8}$	پلاتین
100×10^{-8}	نیکروم

مثال:

سیمي از جنس تنگستن با مقاومت ویژه تقریباً $5/6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ به طول $31/4 m$ و به قطر $0/4 mm$ را در نظر بگیرید. الف) مقاومت الکتریکی سیم چقدر است؟ ب) اگر اختلاف پتانسیل (ولتاژ) $224 V$ در دو سر سیم برقرار شود چه جریانی از سیم می‌گذرد؟

پاسخ:

$$\rho = 5/6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m, \quad L = 31/4 m, \quad r = 0/2 mm, \quad V = 224 v, \quad R = ?, \quad I = ?$$

الف)

$$A = \pi r^2 = 3/14 \times (0/2 \times 10^{-3})^2 = 12/56 \times 10^{-8} m^2$$

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{5/6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \times 31/4 m}{12/56 \times 10^{-8} m^2} = 14 \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{224 V}{14 \Omega} = 16 A$$

ب)

مثال

سیم کشی خانه‌ها معمولاً با سیم‌های مسی نمره ۱۴ بر اساس استاندارد SWG صورت می‌گیرد که قطری برابر با $2/032 mm$ دارد. مقاومت $100 m$ از این سیم‌ها در دمای اتاق چقدر است؟

پاسخ: مساحت مقطع این سیم برابر است با

$$A = \pi r^2 = \pi D^2/4 = (3/14)(2/032 \times 10^{-3} m)^2/4 = 3/24 \times 10^{-6} m^2$$

از طرفی مقاومت ویژه سیم مسی در دمای $20^\circ C$ با استفاده از جدول ۲-۲، برابر $1/69 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ و طول سیم مسی $100 m$ است. بنابراین، با استفاده از رابطه $R = \rho L/A$ برای مقاومت سیم مسی خواهیم داشت:

$$R = \rho \frac{L}{A} = (1/69 \times 10^{-8} \Omega \cdot m) \frac{(100 m)}{(3/24 \times 10^{-6} m^2)} = 0/522 \Omega$$

انواع مقاومت: ۱- مقاومت ثابت ۲- مقاومت متغیر

۱- **مقاومت ثابت:** این مقاومتها ثابت هستند و از ترکیب کربن و نوع چسب ساخته میشود که هر چه مقدار کربن بیشتر باشد مقاومت کمتر میشود.

مثال:

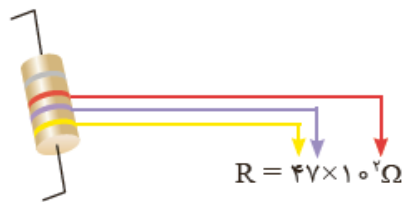
جدول ۴-۵ کدهای رنگی مقاومت‌ها

رنگ	کد رنگ	درصد خطا
سیاه	۰	-
قهوه‌ای	۱	۱ درصد
قرمز	۲	۲ درصد
نارنجی	۳	۳ درصد
زرد	۴	۴ درصد
سبز	۵	-
آبی	۶	-
بنفش	۷	-
خاکستری	۸	-
سفید	۹	-
طلایی	-	۵ درصد
نقره‌ای	-	۱۰ درصد

شکل ۱۵-۵ انواع مقاومت ثابت

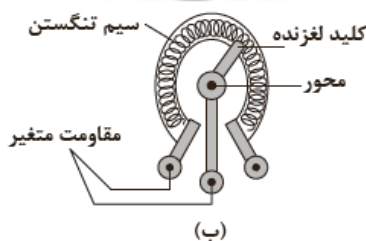
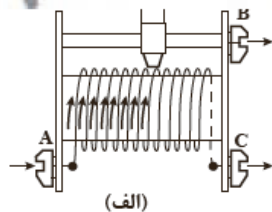


شکل ۱۶-۵ نحوه خواندن مقاومت رنگی



با توجه به کد هر رنگ، مقاومت روبه‌رو چند اهم است؟

پاسخ:

ب) مقاومت‌های متغیر

شکل ۵-۱۷ نمونه‌ای از الف) رئوستا و
ب) پتانسیومتر



شکل ۵-۱۸ مقاومت‌های وابسته به حرارت



شکل ۵-۱۹ مقاومت نوری

مقاومت‌هایی هستند که مقدار آنها را می‌توان توسط عوامل مختلف مانند تغییر مشخصه مکانیکی (متغیر معمولی)، یا تغییر نور (تابع نور) و حرارت (متغیر وابسته) تغییر داد.

مقاومت‌های متغیر معمولی مقاومت‌هایی هستند که مقدار مقاومت آنها را می‌توان با تغییر مکان یا تغییر زاویه محور متحرکی که دارند تنظیم کرد. یکی از انواع مشهور این نوع از مقاومت‌ها، رئوستا نام دارد که در مدارهای الکترونیکی پتانسیومتر^۱ نامیده می‌شود. یک رئوستا از سیمی با مقاومت ویژه نسبتاً زیاد ساخته شده است. این سیم روی استوانه‌ای نارسانا پیچیده شده و با استفاده از دکمه‌ای لغزنده که روی ریلی در بالای استوانه قرار دارد و انتهای آن با سیم در تماس است می‌تواند قسمت دلخواهی از سیم را در مسیر جریان قرار دهد و بنابراین مقدار مقاومت را تغییر دهد و به این ترتیب جریان را در مدار تنظیم و کنترل کند. شکل ۵-۱۷ طرحی از یک رئوستا را نشان می‌دهد.

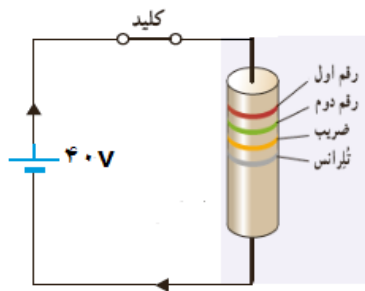
مقاومت‌های وابسته به حرارت: به آن دسته از مقاومت‌های متغیری که مقدار آنها توسط عواملی از قبیل نور، حرارت، ولتاژ و ... تغییر می‌کند، مقاومت وابسته گفته می‌شود. این مقاومت‌ها به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

مقاومت‌های وابسته به حرارت: مقدار این دسته از مقاومت‌ها که به آنها ترمیستور^۲ نیز گفته می‌شود وابسته به حرارت است. این مقاومت‌ها در دو شکل NTC^۳ و PTC^۴ وجود دارند. مقاومت‌های PTC با افزایش دما مقاومتشان افزایش و با کاهش دما کاهش می‌یابند. مقاومت‌های NTC با افزایش دما مقاومتشان کاهش می‌یابد و برعکس (شکل ۵-۱۸). از این مقاومت‌ها در مدارها به صورت حس‌کننده‌های حرارتی در مسیر دستگاه‌های الکتریکی نظیر موتورهای الکتریکی، کوره‌ها، سیستم‌های تهویه و تبرید استفاده می‌شود. همچنین این مقاومت‌ها برای جریان زیاد در لحظه روشن شدن یک دستگاه به کار می‌رود. به طور کلی ترمیستورها در مدارهایی که دما را اندازه‌گیری یا کنترل می‌کنند به کار می‌روند.

مقاومت وابسته به نور (LDR):^۵ این مقاومت‌ها با تغییرات نور تابیده شده به سطح آنها، مقدار مقاومتشان تغییر می‌کند (شکل ۵-۱۹). از این مقاومت در ساخت فوتوسل‌ها یا به عنوان سنسور نور در برخی دستگاه‌ها استفاده می‌شود. همچنین در

مدارهای الکترونیکی به عنوان تشخیص‌دهنده نور (نورسنج) مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله کاربردهای دیگر این مقاومت استفاده از آن در دوربین‌های عکاسی و کلیدهای نوری و چشم‌های الکترونیکی است. **مقاومت وابسته به ولتاژ (VDR):** ولتاژ و مقدار مقاومت در این نوع مقاومت‌ها، با هم رابطه عکس دارند. به این صورت که با افزایش ولتاژ دو سر قطعه، مقاومت آن کاهش می‌یابد. از این مقاومت‌ها برای محافظت از مدار در برابر ولتاژهای بالای زودگذر ناخواسته استفاده می‌شود. در ایستگاه تقویت نیروگاهی نیز برای حفاظت شبکه استفاده می‌شود.

سوال: به دو سر مقاومت به شکل زیر اختلاف پتانسیل ۴۰ ولت متصل شده است تعیین کنید.



$$R = 25 \times 10^3 \Omega = 25 K \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{40}{25 \times 10^3} = 16 \times 10^{-4} A = 1/6 mA$$

۱- مقدار مقاومت ۲- جریان مدار

توان الکتریکی: کار انجام شده در واحد زمان را توان گویند و با حرف P نشان میدهم واحد آن وات است

$$P: \text{توان بر حسب } W \quad W: \text{کار بر حسب } J \quad t: \text{زمان } s \quad p = \frac{W}{t}$$

اثبات روابط توان الکتریکی

$$\begin{aligned} v &= \frac{w}{q} \Rightarrow u = w = qv, I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = It, R = \frac{v}{I} \\ p &= \frac{W}{t} \xrightarrow{w=qv} p = \frac{qv}{t} \xrightarrow{q=It} p = \frac{I t v}{t} \Rightarrow p = I v \\ p &= I v \xrightarrow{v=I.R} p = I . I . R \Rightarrow p = I^2 . R \\ p &= I v \xrightarrow{I=\frac{v}{R}} p = \frac{v}{R} v \Rightarrow p = \frac{v^2}{R} \end{aligned}$$

V: اختلاف پتانسیل **R: مقاومت** Ω **I: شدت جریان** **A** **P: توان** **w**

مثال: یک لامپ ۱۰۰W به اختلاف پتانسیل ۲۰۰V متصل شده است تعیین کنید.

۱- شدت جریان مدار ۲- مقاومت لامپ

$$\begin{aligned} p &= 100w, v = 200v, I = ?, R = ? \\ 1) p &= I v \Rightarrow I = \frac{p}{v} = \frac{100}{200} = \frac{1}{2} A = 0.5 A \\ 2) R &= \frac{v}{I} = \frac{200}{0.5} = 400 \Omega \end{aligned}$$

مثال: نسبت مقاومت دو لامپ ۱۰۰W و ۲۰۰W که هر دو به اختلاف پتانسیل برابر متصل شده اند را بدست آورید

$$p_1 = 100w, p_2 = 200w, v_1 = v_2 = v = 200v, \frac{R_2}{R_1} = ?$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\frac{v_1^2}{R_1}}{\frac{v_2^2}{R_2}} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} \times \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{p_1}{p_2} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{100}{200} = \frac{1}{2}$$

مثال:

روی یک آسیاب برقی دو عدد $800W$ و $200V$ نوشته شده است. این آسیاب برقی را به اختلاف پتانسیل $200V$ وصل می‌کنیم.
(الف) شدت جریانی که از آن می‌گذرد چند آمپر است؟ (ب) انرژی الکتریکی مصرفی ماهانه این دستگاه در صورتی که هفته‌ای دو بار و هر بار به مدت 20 دقیقه مورد استفاده قرار گیرد چند ژول و چند کیلو وات ساعت است؟
 $v=200v, p=800w \quad I=? \quad t=4 \times 2 \times 20 \times 60 = 9600s$
پاسخ:

$$P = VI \rightarrow 800 = 200 \times I \rightarrow I = 4A \quad \text{(الف)}$$

$$\text{ب) } t = 4 \times 2 \times 20 \times 60 = 9600s = 2/6h$$

$$P = \frac{U}{t} \rightarrow 800 \times W = \frac{U}{9600} \rightarrow U = 7/68 \times 10^6 J$$

$$800 \times W = \frac{U}{2/6h} \Rightarrow U = 2160 \times Wh = 2/16kWh$$

انرژی الکتریکی:

طبق قانون بقای انرژی انرژی از صورتی به صورت دیگر تبدیل میشود و انرژی الکتریکی مصرفی به صورت گرما ظاهر میشود

$$p = \frac{U}{t} \Rightarrow U = pt \xrightarrow{p=I^2.R} U = I^2.Rt$$

بنابر این میتوان گفت: مقدار گرمایی که در یک رسانا تولید میشود به عوامل زیر بستگی دارد.

۱- مجذور جریان عبوری رابطه مستقیم

۲- مقدار مقاومت رسانا رابطه مستقیم

۳- زمان عبور جریان رابطه مستقیم

مثال:

مقاومت قسمت گرماده یک سماور برقی 50Ω است. وقتی آن را به برق وصل می‌کنیم شدت جریان $4A$ از آن می‌گذرد. انرژی الکتریکی مصرف شده در آن را در مدت ۵ دقیقه حساب کنید.

پاسخ:

$$t = 5 \times 60 = 300s, \quad I = 4A, \quad R = 50\Omega, \quad U = ?$$

$$U = RI^2t = (4)^2 \times 50 \times 300 = 2/4 \times 10^5 J$$

مثال:

یک کتری برقی به مقاومت 50 اهم به اختلاف پتانسیل 200 ولت متصل شده است پس از چه مدت دمای 2 کیلوگرم

$$c = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \text{ آب } 20 \text{ درجه سلسیوس را به آب } 100 \text{ درجه سلسیوس می‌رساند.}$$

$$R = 50\Omega, V = 200V, m = 2kg, \theta_1 = 20^\circ, \theta_2 = 100^\circ$$

$$U = Q \Rightarrow I^2 R t = mc \Delta \theta$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{200}{50} = 4A$$

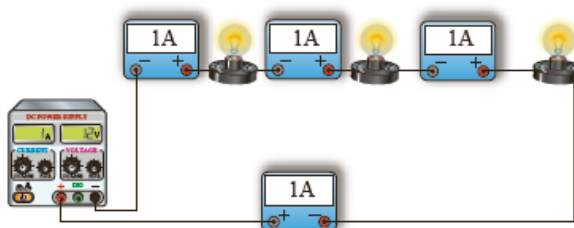
$$\Delta \theta = \theta_2 - \theta_1 = 100 - 20 = 80^\circ$$

$$I^2 R t = mc \Delta \theta \Rightarrow t = \frac{mc \Delta \theta}{I^2 R} = \frac{2 \times 4200 \times 80}{4^2 \times 50} = 840s \div 60 = 14 \text{ min}$$

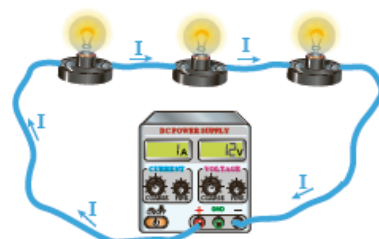
سوال: از یک کتری برقی به مقاومت R اهم که به اختلاف پتانسیل 200 ولت متصل شده است. جریان 5 آمپر عبور میکند پس از چه مدت دمای 4 کیلوگرم آب 15 درجه سلسیوس را به آب 75 درجه سلسیوس می‌رساند.

اتصال متوالی (سری) مقاومتها:

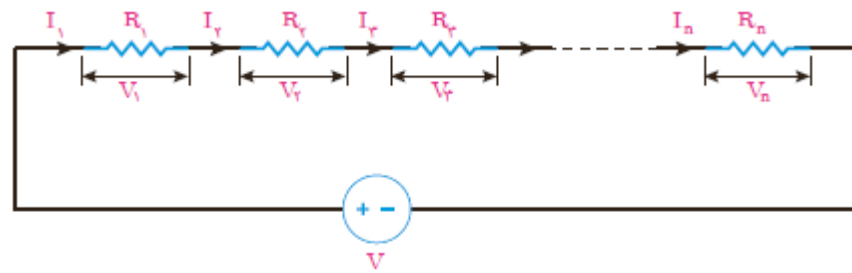
در این اتصال شدت جریان در مقاومتها یکسان است ولی اختلاف پتانسیل به نسبت مقاومتها تقسیم میشود یعنی هر مقاومتی که بیشتر است اختلاف پتانسیل دوسر آن لامپ بیشتر است به همین دلیل دو لامپ با توان مختلف با یکدیگر متوالی بسته شوند آنکه توان کمتری دارد مقاومت بیشتری دارد در نتیجه نور آن بیشتر است



شکل ۵-۲۱ قرار دادن آمپرسنج در مدار



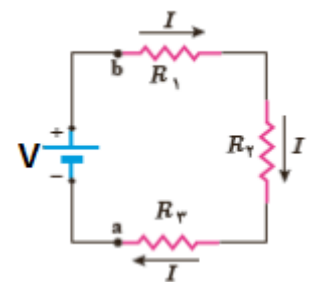
شکل ۵-۲۰ لامپ‌هایی که به طور متوالی به هم بسته شده‌اند

**مقاومت معادل :**

مقاومتی که به جای دو یا چند مقاومت در مدار قرار میگیرد به طوری که تحت اختلاف پتانسیل ثابت شدت جریان مدار تغییر نکند و با R_{eq} یا R_t نشان میدهیم.

محاسبه مقاومت معادل در اتصال متوالی (سری) مقاومتها:

همانگونه که قبلا اشاره شد در این اتصال شدت جریان در مقاومتها یکسان است ولی اختلاف پتانسیل به نسبت مقاومتها تقسیم میشود.



$$I_1 = I_2 = I_3 = I = I_{eq}$$

$$V = I_{eq} R_{eq}, V_1 = I_1 R_1, V_2 = I_2 R_2, V_3 = I_3 R_3$$

$$V = I R_{eq}, V_1 = I R_1, V_2 = I R_2, V_3 = I R_3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$I R_{eq} = I R_1 + I R_2 + I R_3 \Rightarrow I R_{eq} = I (R_1 + R_2 + R_3)$$

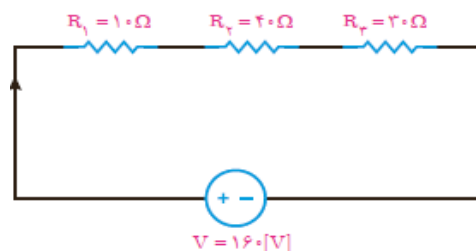
$$R_t = R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{eq} = \sum R_i$$

بنابراین مقاومت معادل در مدار سری از مجموع مقاومتها بدست می آید و مقامت معادل از بزرگترین مقاومت بزرگتر است.

مثال: در مدار شکل زیر تعیین کنید

(۱) مقاومت معادل (۲) شدت جریان مدار (۳) اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت



$$1) R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 40 + 30 = 80\Omega$$

$$2) I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{160}{80} = 2A$$

$$3) V_1 = IR_1 = 2 \times 10 = 20V$$

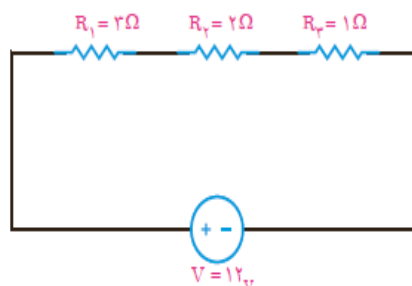
$$V_2 = IR_2 = 2 \times 40 = 80V$$

$$V_3 = IR_3 = 2 \times 30 = 60V$$

مثال: در مدار شکل زیر تعیین کنید

(۱) مقاومت معادل (۲) شدت جریان مدار (۳) اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت

(۴) توان مصرفی (۵) گرمای تولید شده در مدار پس از ۱۰s



$$1) R_t = R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 3 + 2 + 1 = 6\Omega$$

$$2) I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{12}{6} = 2A$$

$$3) V_1 = IR_1 = 2 \times 3 = 6V$$

$$V_2 = IR_2 = 2 \times 2 = 4V$$

$$V_3 = IR_3 = 2 \times 1 = 2V$$

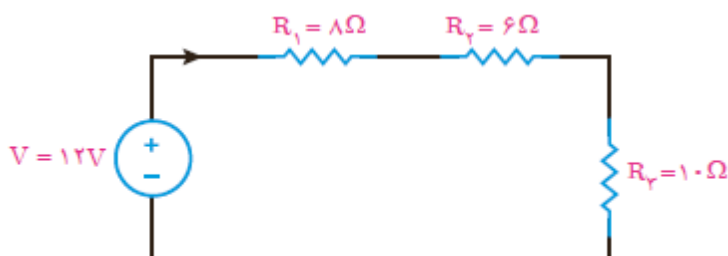
$$4) p_t = I^2 \cdot R_t = 2^2 \times 6 = 24W$$

$$5) Q = U = I^2 \cdot R_t \cdot t = 2^2 \times 6 \times 10 = 240J$$

سوال: در مدار شکل زیر تعیین کنید.

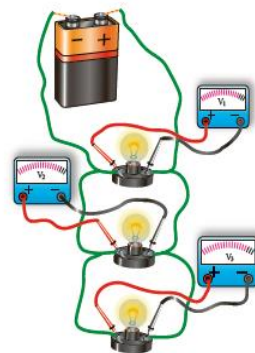
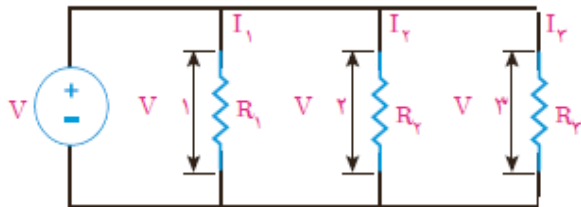
(۱) مقاومت معادل (۲) شدت جریان مدار (۳) اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت

(۴) توان مصرفی (۵) گرمای تولید شده در مدار پس از ۱۰s

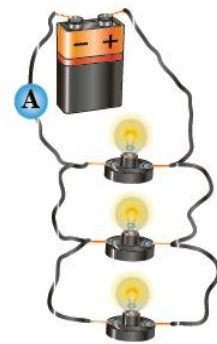


اتصال موازی مقاومتها

در این اتصال دو سر مصرف کننده ها به یکدیگر وصل میشود بنابراین اختلاف پتانسیل مقاومتها با یکدیگر برابر است. ولی شدت جریان به نسبت عکس مقاومتها تقسیم میشود



شکل ۲۳-۵ ولتاژ در لامپهای موازی



شکل ۲۲-۵ لامپهایی که به طور موازی به هم بسته شده اند

$$V_1 = V_2 = V_3$$

جریان هر یک از مقاومتها با استفاده از قانون اهم به دست می آیند.

$$\text{ولتاژ} = \frac{\text{مقاومت}}{\text{جریان}}$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3}$$



محاسبه مقاومت معادل در مدار موازی

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_{eq}$$

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \Rightarrow \frac{V}{R_{eq}} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

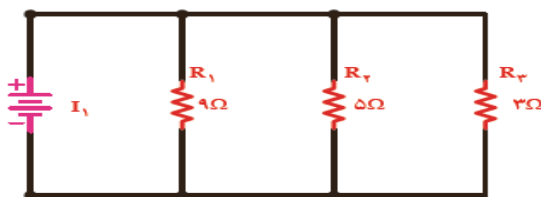
$$\Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \sum_i \frac{1}{R_i}$$

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

توجه: بنابراین در اتصال موازی مقاومتها مقاومت معادل از کوچکترین مقاومت کمتر و اگر یکی از مصرف کننده ها قطع شود باقیمانده مصرف کننده ها بکار خود ادامه میدهند به همین دلیل در منازل مصرف کننده ها موازی بسته میشوند

مثال:

در مدار روبهرو مقاومت معادل را به دست آورید.



پاسخ:

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_{eq}} \Rightarrow \frac{1}{9} + \frac{1}{5} + \frac{1}{3} = \frac{1}{R_{eq}} \Rightarrow \frac{5+9+15}{45} = \frac{1}{R_{eq}} \Rightarrow R_{eq} = \frac{45}{29} \Omega$$

مثال: در مدار شکل تعیین کنید.

۱- مقاومت معادل ۲- جریان هر شاخه ۳- جریان کل ۴- توان مصرفی کل و گرمای تولید شده پس از

۱۰۵

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_{eq} = 12$$

$$1) \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{4}{12} + \frac{3}{12} + \frac{2}{12} \Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{9}{12} \Rightarrow R_{eq} = \frac{12}{9} = \frac{4}{3} \Omega$$

$$2) I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{12}{3} = 4A$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{12}{4} = 3A$$

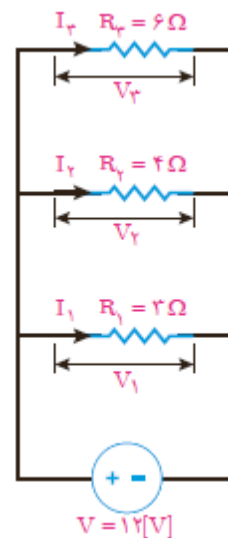
$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{12}{6} = 2A$$

$$3) I_t = I_1 + I_2 + I_3 = 4 + 3 + 2 = 9A$$

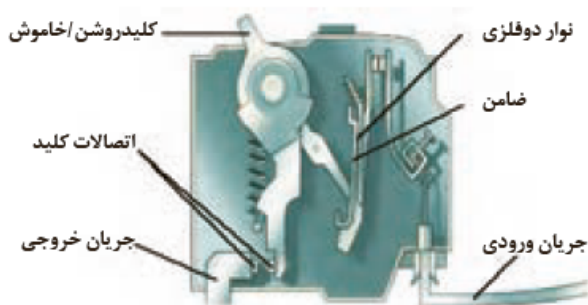
$$I_t = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{12}{\frac{4}{3}} = \frac{36}{4} = 9A$$

$$4) P = V \cdot I = 12 \times 9 = 108W$$

$$Q = U = I^2 \cdot R \cdot t = 9^2 \times \frac{4}{3} \times 10 = 1080W$$



کاربرد در صنعت: فیوز

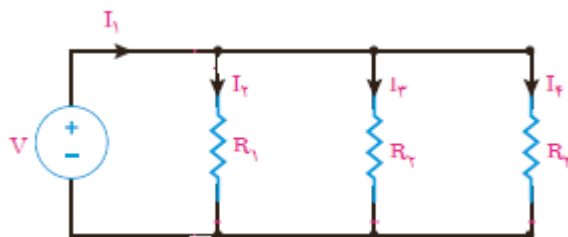


دستگاه‌های الکتریکی در خانه به‌طور موازی با یکدیگر قرار می‌گیرند و یک فیوز را به‌طور متوالی با کل مدار مصرف‌کننده‌های خانگی قرار می‌دهند و این مجموعه به مولد جریان الکتریکی متصل می‌شود. فیوز از سیم باریکی که در اثر جریان الکتریکی بالا ذوب می‌شود تشکیل شده است. بعد از اینکه فیوز ذوب شد باید جایگزین شود (مثل فیوز موتور اتومبیل). امروزه در منازل

از فیوزهایی استفاده می‌شود که جریان الکتریکی بالا در آنها سبب قطع مدار می‌گردد و با وصل کردن یک کلید در آنها فیوز دوباره در مدار قابل استفاده است. هرچه تعداد مصرف‌کننده‌ها در خانه بیشتر شود به دلیل موازی بسته‌بودنشان، مقاومت کل مجموعه کمتر خواهد شد و شدت جریان الکتریکی بیشتری از مدار خواهد گذشت. چون فیوز به‌طور متوالی در مدار قرار دارد جریان الکتریکی بیش از حد مجاز نیز از فیوز می‌گذرد و به قطع شدن جریان (در صورتی که از حد معینی بیشتر شود) می‌انجامد. فیوز به عنوان یک عنصر کنترل‌کننده و پیشگیری از خطر در منازل است.

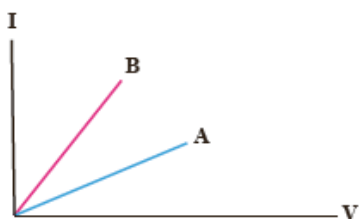
سوال: در مدار شکل تعیین کنید. $R_1 = 2\Omega, R_2 = 3\Omega, R_3 = 6\Omega, V = 12V$

- ۱- مقاومت معادل ۲- جریان هر شاخه ۳- جریان کل ۴- توان مصرفی کل و گرمای تولید شده پس از ۱۰s

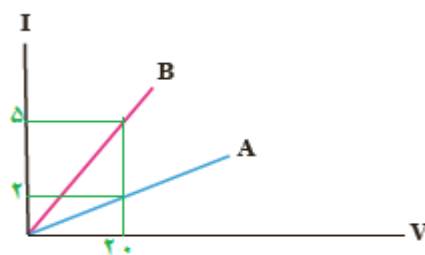


فیزیک ۱ پودمان ۵ جلسه ۶ پاسخ مسائل ۱۱۱ و ۱۱۲

- ۱- با توجه به نمودار $I-V$ که برای دو رسانا در شکل روبه‌رو نشان داده شده، مقاومت کدام رسانا بیشتر است؟



در شکل اعداد فرضی می‌دهیم

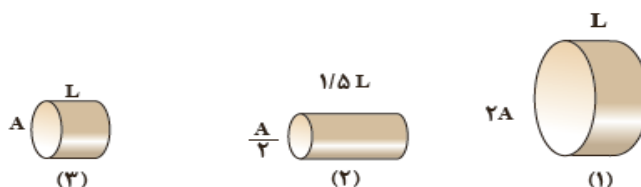


$$R_A = \frac{V_A}{I_A} = \frac{20}{2} = 10\Omega$$

$$R_B = \frac{V_B}{I_B} = \frac{20}{5} = 4\Omega$$

بنابر این مقاومت A بیشتر چون به ازای ولتاژ ثابت جریان کمتری دارد به عبارتی در این نمودار هر کدام شیب کمتری دارد مقاومت بیشتری دارد

- ۲- در شکل زیر سه رسانای مسی استوانه‌ای بر حسب طول L و مساحت مقطع بر حسب A نشان داده شده است. اگر به دو سر هر یک از آنها اختلاف پتانسیل یکسان اعمال شود این رساناها را با توجه به جریان‌های گذرنده از آنها از بیشترین تا کمترین مقدار مرتب کنید.



جواب

۲.

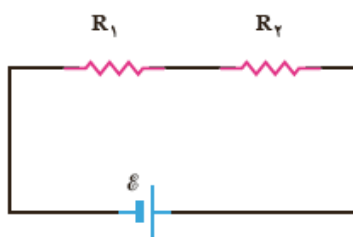
$$R_1 = \frac{\rho L_1}{A_1} = \frac{\rho L}{2A}$$

$$R_r = \frac{\rho L_r}{A_r} = \frac{\rho \times 1/2 L}{\frac{A}{2}} = 2 \frac{\rho L}{A}$$

$$R_r = \frac{\rho L_r}{A_r} = \frac{\rho L}{A}$$

از مقایسه مقاومت‌ها متوجه می‌شویم که:

$$R_1 < R_r < R_2 \rightarrow I_1 < I_r < I_2$$



۳- در مدار شکل روبه‌رو $R_2 > R_1$ است. کدام یک از جمله‌های زیر درست و کدام نادرست است؟

الف) جریان در جهت چرخش عقربه‌های ساعت در مدار شارش می‌کند.

ب) جریان گذرنده از R_1 بیشتر از R_2 است.

پ) اختلاف پتانسیل دو سر R_2 بیشتر از R_1 است.

ت) توان مصرفی در مقاومت R_2 بیشتر از R_1 است.

جواب

۳. الف) نادرست؛ با توجه به اینکه جهت جریان از سر مثبت باتری است،

پس جهت جریان خلاف جهت چرخش عقربه‌های ساعت است.

ب) نادرست - دو مقاومت متوالی هستند بنابراین جریان‌های مساوی از آنها عبور می‌کند.

پ) درست؛ چون جریان‌ها برابرند، V با R رابطه مستقیم دارد. پس هر چه مقاومت بیشتر باشد ولتاژ نیز بیشتر خواهد بود.

ت) درست؛ با مساوی بودن جریان و با در نظر گرفتن رابطه، توان با مقاومت رابطه مستقیم دارد، پس هر چه مقاومت بیشتر شود، توان مصرفی نیز بیشتر است.

$$p = I^2 R$$

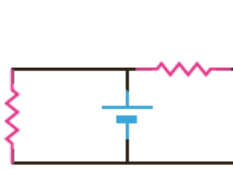
۴- یک مهندس نیاز به مقاومت‌های $6 \text{ k}\Omega$ و $9 \text{ k}\Omega$ دارد. اما فقط مقاومت‌های $18 \text{ k}\Omega$ را در اختیار دارد. آیا باید مقاومت‌های مورد نیاز او را خریداری کرد؟ توضیح دهید.

۴. خیر، اگر دو مقاومت $18 \text{ k}\Omega$ به‌طور موازی بسته شود، مقاومت معادل $9 \text{ k}\Omega$ و اگر سه به‌طور موازی بسته شوند، مقاومت $6 \text{ k}\Omega$ خواهد بود.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{18} + \frac{1}{18} = \frac{2}{18} = \frac{1}{9} \Rightarrow R_{eq} = 9 \text{ k}\Omega$$

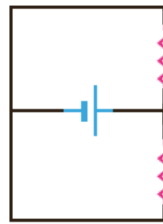
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{18} + \frac{1}{18} + \frac{1}{18} = \frac{3}{18} \Rightarrow R_{eq} = 6 \text{ k}\Omega$$

۵- در سه مدار زیر نوع ترکیب مقاومت‌ها را تعیین کنید: موازی، متوالی یا هیچ کدام.



(پ)

(پ) موازی



(ب)

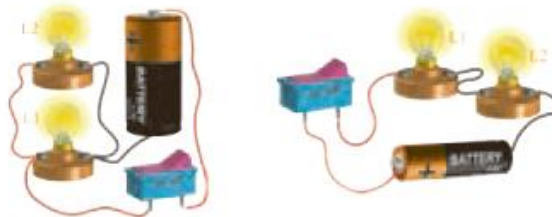
(ب) موازی



(الف)

۵. الف) متوالی

۶- در مدارهای شکل زیر، لامپ‌ها و باتری‌ها یکسان هستند. با ذکر دلیل بگویید نور لامپ‌ها در کدام مدار (موازی یا سری) بیشتر است؟



۶- نور لامپ در مدار موازی بیشتر است چون اختلاف پتانسیل بیشتری به دو سر لامپ‌ها می‌رسد.

مسائل

۱- انسان در اثر عبور یک جریان ضعیف 50 mA از مجاور قلبش دچار برق‌گرفتگی می‌شود. برق‌کاری با دست‌های خیس دو سیم برق را به طور کامل در هر یک از دو دست خود نگه داشته است. اگر در این حالت مقاومت بدن برق‌کار $2000\text{ }\Omega$ باشد، ولتاژ لازم برای برق‌گرفتگی چقدر است؟

۱.

$$V - RI \rightarrow V - 50 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3 = 100\text{ V}$$

۲- هرگاه برای برق‌رسانی به یک موتور الکتریکی که در فاصله 1 km از تابلوی برق قرار دارد، بخواهیم از سیم مسی با مقاومت $20\text{ }\Omega$ استفاده کنیم، سطح مقطع سیم را باید چند میلی‌متر مربع انتخاب کنیم؟

۲.

$$R = \frac{\rho L}{A} \rightarrow 20 = \frac{1/7 \times 10^{-8} \times 1 \times 10^3}{A} \rightarrow A = 0.085 \times 10^{-5}$$

$$A = \pi r^2 \rightarrow R = \sqrt{\frac{0.085 \times 10^{-5}}{3/14}}$$

$$= 0.52 \times 10^{-2}\text{ m} = 0.52\text{ mm}$$

۳- کابلی شامل ۱۲۵ رشته سیم است که مقاومت هر کدام ۲/۵۶ میکروهم است. با ایجاد اختلاف پتانسیل یکسان به دو سر کابل جریان کل ۰/۷۵ A در سیم‌ها برقرار می‌شود. الف) جریان در هر رشته سیم چند آمپر است؟ ب) اختلاف پتانسیل اعمال شده چند ولت است؟ ج) مقاومت کابل چند اهم است؟

۳. الف) به دلیل یکسان بودن مقاومت سیم‌ها، کل جریان بین ۱۲۵ رشته سیم تقسیم می‌شود.

$$I_{\text{هر شاخه}} = \frac{0.75}{125} = 0.006 \quad \text{ب)}$$

۴- دانش‌آموزی رادیوی ۹V و ۷W خود را از ساعت ۹ بعدازظهر تا ۲ بامداد با بلندترین صدا روشن نگاه می‌دارد. در این مدت چه مقدار بار الکتریکی به این رادیو وارد می‌شود؟

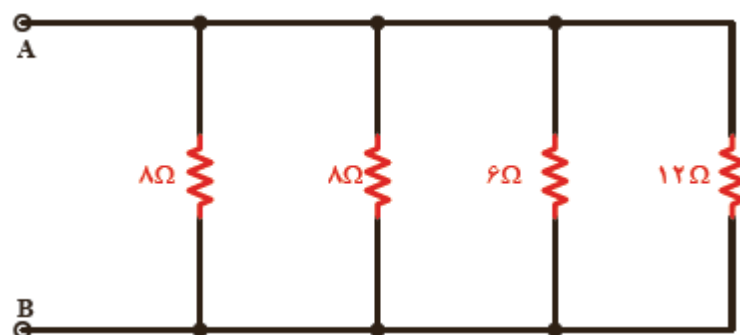
$$P = IV \rightarrow I = \frac{P}{V} \quad ۴.$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow \Delta q = \frac{P}{V} \times (5 \times 60 \times 60) = 1.4 \times 10^3 \text{ C}$$

۵- مقاومت یک بخاری که با ولتاژ ۱۲۰V کار می‌کند. در حال کار ۱۴ اهم است. آهنگ تبدیل انرژی الکتریکی به گرما چقدر است؟

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(120)^2}{14} = 1.028 \times 10^3 \text{ J} \quad ۵.$$

۶- مقاومت معادل هر یک از مدارهای زیر را به دست آورید.



$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{R_{eq}} \rightarrow \frac{1}{8} + \frac{1}{8} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{1}{R_{eq}} \rightarrow R_{eq} = 2\Omega \quad \text{الف)}$$



ب) ابتدا مقاومت‌ها را از روی نوارهای رنگی محاسبه می‌کنیم:

$$R_1 = 3400 \, \Omega \quad R_2 = 560 \, \Omega$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 \rightarrow R_{eq} = 3400 + 560 = 3960 \, \Omega$$