www.konkur.in

فیزیک
فقط یک درس نیست
یک نگاه به دنیاست!

فیزیک + پلاس

دهم

رشته تجربی و ریاضی

امین گرمرودی

$E = mc^2$

$Q = mc\Delta T$

فیزیک و اندازه‌گیری
ویژگی‌های فیزیکی مواد
کار، انرژی و توان
دما و گرما

۱۴۰۵-۱۴۰۶

با فیزیک
فراتر از تصور!

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

فهرست



۹ فیزیک و اندازه‌گیری



۹۷ کار، انرژی و توان



۴۷ ویژگی‌های فیزیکی مواد



۱۴۹ دما و گرما

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

فصل اول:
فیزیک و اندازه گیری

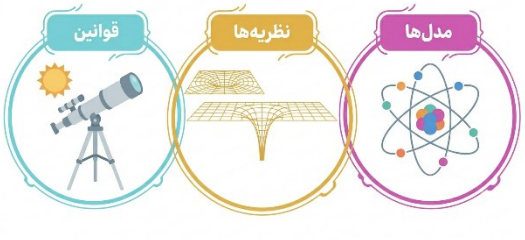


Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

فیزیک: دانش بنیادی

فیزیک: فیزیک علمی است برای شناخت رفتار طبیعت. این علم با **مشاهده، آزمایش و مدل‌سازی** تلاش می‌کند قوانین حاکم بر جهان را کشف کند. بیشتر فناوری‌ها و مهندسی‌های امروز - از تلفن همراه تا نیروگاه‌ها - بر پایه اصول فیزیکی ساخته شده‌اند. به همین دلیل، فیزیک زیربنای فهم ما از جهان و نقطه شروع بسیاری از پیشرفت‌های علمی است.



علم فیزیک: فیزیک یک علم تجربی (مبتنی بر آزمایش) است که الگوها و نظم بین پدیده‌ها را اغلب بر اساس سه ابزار اصلی زیر توضیح می‌دهد:

۱. قوانین ۲. نظریه‌ها ۳.مدل‌ها

هنگام مطالعه یک پدیده فیزیکی ابتدا آن را به دقت مشاهده و بررسی کرده و سعی می‌کنیم آن را بر اساس یک **مدل** ، شبیه سازی کنیم. **مدل "نوعی مقایسه و شبیه‌سازی یک پدیده فیزیکی واقعی با چیزی است که ما با آن آشنا هستیم."**

سپس با انجام آزمایش‌ها و مشاهدات دقیق‌تر مدل را اصلاح کرده و گسترش می‌دهیم و به جزئیات بیشتری از آن پدیده دست می‌یابیم در این مرحله است که **نظریه فیزیکی** ساخته می‌شود. هنگامی که یک نظریه کاملا تثبیت شده و از تمام آزمایشات سربلند بیرون بیاید به یک **قانون فیزیکی** یا **اصل** تبدیل می‌شود.

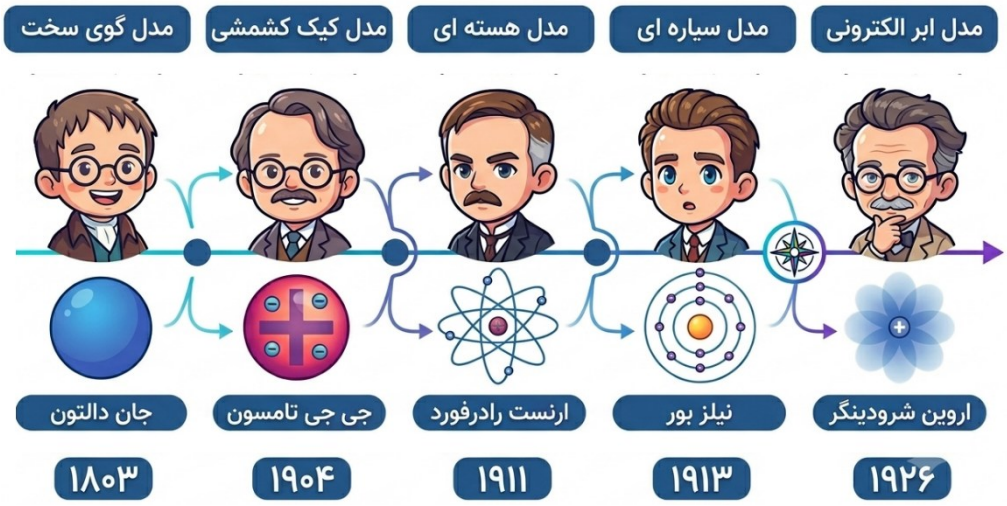
تفاوت قانون و اصل:

قانون فیزیکی: به جملات یا فرمول‌های کوتاهی گفته می‌شود که یک نظم کلی را در بخش بزرگی از طبیعت توضیح می‌دهند و در بیشتر شرایط معتبرند **(مانند قوانین حرکت نیوتن یا قانون گرانش)** .

اصل فیزیکی: به قاعده‌ای گفته می‌شود که دامنه کاربرد آن محدودتر است و فقط در شرایط یا موضوعات خاصی درست کار می‌کند **(مانند اصل ارشمیدس در مایعات یا اصل برنولی در حرکت سیالات)**.

نکته

- **منظور از پدیده فیزیکی ، هر اتفاقی است که پیرامون ما اتفاق می‌افتد.**
- **قوانین ، اصول ، نظریه‌ها و مدل‌ها توسط آزمایش مورد آزمون قرار می‌گیرند.**
- **ممکن است مدل‌ها و نظریه‌های فیزیک در گذر زمان به دلیل تغییرات نتایج آزمایش‌های جدید دچار تغییر شوند و یا حتی توسط نظریه‌های جدید جایگزین شوند. مانند مدل اتمی که در گذر زمان به تکامل رسیده است:**



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

نقطه قوت دانش فیزیک ویژگی آزمون پذیری و اصلاح نظریه‌های فیزیکی است.

چالش برای کارآگاهان فیزیک:

آیا قوانین فیزیکی هم تغییر می‌کنند؟

مدل‌سازی:

مدل‌سازی یعنی چی؟ جهان واقعی پر از جزئیات ریز و درشت است که اگر بخواهیم همه را با هم وارد فرمول‌ها کنیم، محاسبات غیرممکن می‌شود! به خاطر همین، در فیزیک از «مدل‌سازی» استفاده می‌کنیم، یعنی پدیده را طوری ساده و آرمانی می‌کنیم که بشود روی کاغذ تحلیلش کرد. مثلاً وقتی حرکت یک توپ را بررسی می‌کنیم، باد و مقاومت هوا را نادیده می‌گیریم تا غولِ محاسبات ما را شکست ندهد!

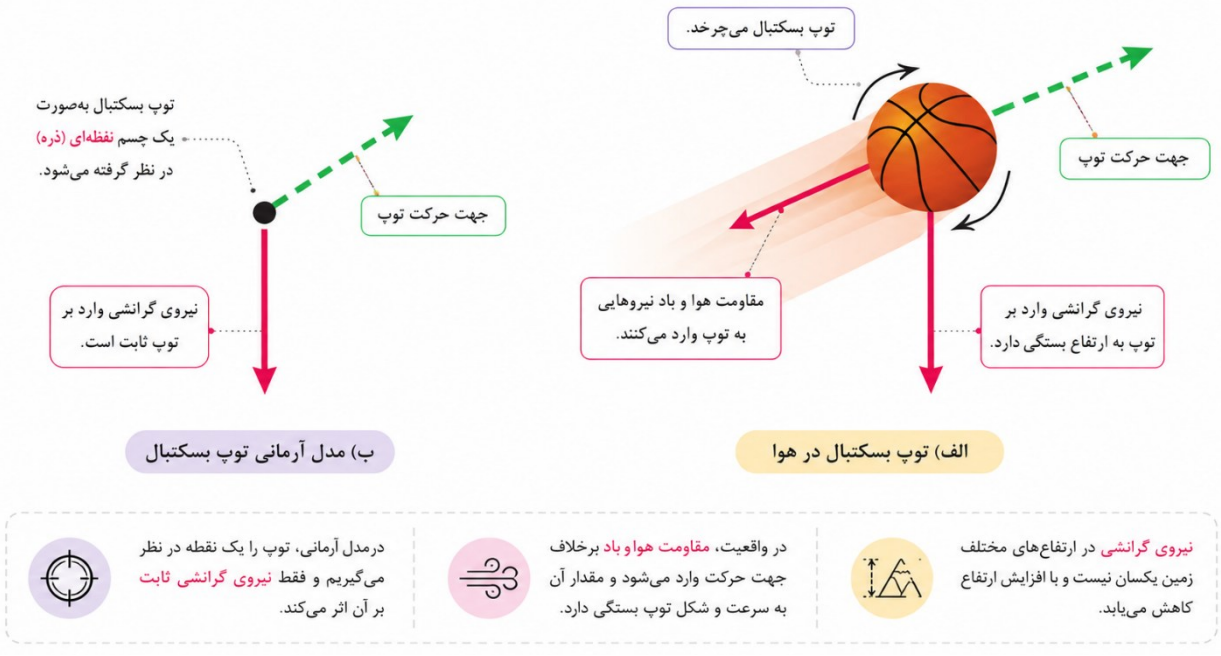
پس:

مدل‌سازی "فرایندی است که طی آن یک پدیده فیزیکی که در حال مطالعه آن هستیم، آنقدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود."

توجه!

در مدل‌سازی اثرهای جزئی را نادیده می‌گیریم ولی نباید اثرهای مهم و تعیین کننده را نادیده بگیریم.

در شکل زیر مدلسازی پرتاب توپ در هوا را مشاهده می‌کنید:



قبل از اینکه بریم سراغ تمرین‌ها بریم اینم بدونید که : "مکانیک" یکی از شاخه‌های فیزیک است که در آن به بررسی حرکت اجسام و نیروهای وارد شده به آنها می‌پردازیم.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...



۱. برای بررسی هل دادن جسم توسط شخص، آن را چگونه مدل‌سازی کنیم؟

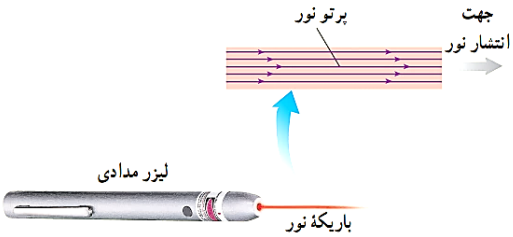
۲. دو نقطه قوت دانش فیزیک کدامند؟

۳. در چه صورتی مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی دچار تغییر می‌شوند؟

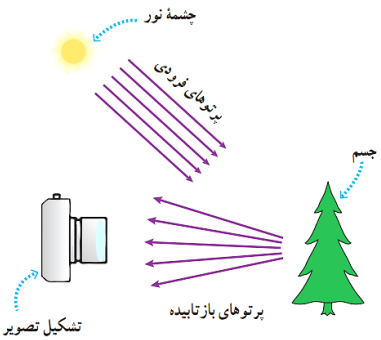
۴. مدل‌سازی را تعریف کنید.

۵. به کمک لیزر مدادی می‌توان باریکه نور تولید کرد. یکی از کاربردهای باریکه نور استفاده از آن در آزمایش‌های مربوط به نور است.

الف: در شکل مقابل چه چیزی مدل‌سازی شده است؟



ب: این مدل‌سازی چگونه در تشکیل تصویر در یک دوربین عکاسی به کار رفته است؟



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



۶. شکل مقابل شخصی را در حالت ایستاده نشان می‌دهد که جعبه‌ای در دست خود گرفته است. نیروهای وارد بر جعبه را مدل‌سازی کنید.



۷. شکل زیر سقوط برگ درختی را به طرف زمین نشان می‌دهد. حرکت برگ درخت به طرف زمین را مدل‌سازی کنید؟

۸. نیروهای وارد بر یک خودروی در حال حرکت بر روی یک مسیر مستقیم رسم شده‌اند.



الف: کدام نیروها اثر یکدیگر را به طور کامل خنثی می‌کنند؟

ب: اگر بخواهیم با مدل‌سازی مسئله، بررسی حرکت خودرو را ساده کنیم، چه فرضیاتی می توانیم داشته باشیم؟

۹. عبارات درست را با علامت ✔ و عبارات نادرست را با علامت ✘ مشخص کنید.

الف: فیزیک علمی نظری است. بنابراین، قوانین، مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی توسط محاسبات دقیق و تجزیه‌و تحلیل ریاضی مورد آزمون قرار می گیرند. ( )

ب: آزمایش و مشاهده در فیزیک، بیش از همه در پیشبرد و تکامل فیزیک نقش ایفا می‌کند. ( )

پ: مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی در طول زمان همواره معتبر نیستند. ( )

ت: هنگام مدلسازی یک پدیده فیزیکی، باید علاوه بر اثرهای مهم، اثرهای جزئی را نیز در نظر بگیریم. ( )

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۱۰. جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب پر کنید.

الف: دانشمندان برای توصیف و توضیح پدیده‌ها، اغلب از ..... و ..... و نظریهٔ فیزیکی استفاده می‌کنند.

ب: نتایج آزمایش‌های جدید گاهی منجر به ..... مدل و یا نظریه‌ای می‌شود و حتی ممکن است نظریه‌ای جدید جایگزین آن شود.

پ: فیزیک علمی ..... است.

ت: هنگام ..... یک پدیدهٔ فیزیکی باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم.



ارتقاء سطح...

۱۱. کدام یک از عبارت‌های زیر درست است؟

الف: بررسی و توضیح یک پدیده با استفاده از قانون مدل سازی و نظریه های فیزیکی معتبر نیست؛ به دلیل این که مدل‌ها و نظریه های فیزیکی با گذشت زمان تغییر میکنند.

ب: فیزیک علمی تجربی است؛ بنابراین لازم است که قوانین مدلها و نظریه های فیزیکی توسط آزمایش مورد آزمون قرار گیرند.

پ: در پیشبرد و تکامل علم فیزیک تفکر نقادانه و اندیشه ورزی فعال از اهمیت بیشتری نسبت به آزمایش و مشاهده برخوردار است.

ت: آزمون پذیری و اصلاح نظریه های فیزیکی نشانه بی ثباتی است؛ بنابراین نقطه ضعف فیزیک محسوب می شود.

۱۲. مدل اتمی بور نتیجه بازنگری مدل ..... است. هم‌چنین با بازنگری مدل بور، مدل ..... ارائه شد.

۱۳. در مدل سازی حرکت زمین به دور خورشید کدام یک از عوامل زیر را حتماً باید در نظر بگیریم؟

نیروی گرانشی بین زمین و خورشید　　نیروی گرانشی بین سیارات دیگر و زمین

چرخش زمین به دور خود　　جرم خورشید



غول مرحله آخر!

خب، هنوز خیلی درس نخوندیم که بخوایم با این مدل سوالا سروکله بزنیم ....

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

اندازه‌گیری و کمیت‌های فیزیکی

کمیت فیزیکی: در فیزیک به هر چیزی که بتوانیم آن را **اندازه** بگیریم، کمیت فیزیکی می‌گوییم. (مانند **جرم** ، **طول** ، **زمان** ، **تندی** و ...)

- **برای اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی و مقایسه آن‌ها به یکای اندازه‌گیری نیاز داریم.**

یکای اندازه‌گیری: یکای اندازه‌گیری یک کمیت فیزیکی، مقدار ثابتی از همان کمیت است که همه آن را به عنوان معیار می‌پذیرند و با مقایسه سایر مقادیر آن کمیت با این معیار، اندازه آن را تعیین می‌کنند.

مثال

متر، سانتی‌متر و اینچ از یکاهای اندازه‌گیری طول هستند. برای اندازه‌گیری طول اجسام، طول آن‌ها را با این یکاها مقایسه می‌کنیم. وقتی می‌گوییم طول یک مداد ۱۵ سانتی‌متر است، یعنی طول آن مداد ۱۵ برابر یکای سانتی‌متر است.

نکته

- **یکای استاندارد باید: ۱. تغییر ناپذیر باشد و ۲.قابلیت باز تولید در مکان‌های مختلف را داشته باشد.**

(وقتی می‌گیم قابلیت بازتولید داشته باشه، یعنی همیشه در دسترس باشه!)

دسته‌بندی کمیت‌های فیزیکی: کمیت‌های فیزیکی را به دو صورت می‌توانیم دسته‌بندی کنیم:

دسته‌بندی اول: ۱. نرده‌ای – ۲. برداری

کمیت‌های نرده‌ای : کمیت‌هایی که جهت ندارند و برای مشخص کردن آن‌ها فقط به یک عدد و یکای اندازه‌گیری مناسب نیاز داریم. کمیت‌هایی مانند **جرم ، زمان ، تندی ، مسافت ، انرژی ، جریان الکتریکی ، فشار و...** کمیت نرده‌ای هستند.

کمیت‌های برداری: کمیت‌هایی هستند که برای بیان آن‌ها علاوه بر یک عدد و یکای اندازه‌گیری مناسب باید جهت آن را نیز مشخص کنیم. کمیت‌های برداری که تا کنکور با آن‌ها سرو کار داریم عبارتند از:

جابجایی ، سرعت ، شتاب ، نیرو، میدان مغناطیسی، میدان الکتریکی و تکانه

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۱. نرده‌ای (اسکالر) (Scalar)	۲. برداری (Vecor)
کمیت‌هایی که جهت ندارند و برای مشخص کردن آن‌ها فقط به یک عدد و یکای اندازه‌گیری مناسب نیاز داریم.	کمیت‌هایی که برای بیان آن‌ها علاوه بر یک عدد و یکای اندازه‌گیری مناسب باید جهت آن را نیز مشخص کنیم.

نمونه‌هایی از کمیت‌های نرده‌ای (اسکالر)

جرم	m	۲ kg	
زمان	t	۵ s	
تندی	v	۷۰ km/h	
مسافت	s	۱۵ km	
انرژی	E	۱۰۰ J	
جریان الکتریکی	I	۲ A	
فشار	P	10^5 Pa	
و ...	...	—	...

مثال: وقتی می‌گوییم جرم یک جسم ۲ کیلوگرم است، برای بیان آن فقط به عدد ۲ و یکای kg نیاز داریم و نیازی به تعیین جهت نیست؛ پس جرم یک کمیت نرده‌ای است.

نمونه‌هایی از کمیت‌های برداری

جابجایی	$\vec{d}$	از نقطهٔ A به نقطهٔ B	
سرعت	$\vec{v}$	تندی در یک جهت معین	
شتاب	$\vec{a}$	تغییر سرعت در یک جهت	
نیرو	$\vec{F}$	فشار یا کشش در یک جهت	
میدان مغناطیسی	$\vec{B}$	دارای جهت در فضا	× × ×
میدان الکتریکی	$\vec{E}$	دارای جهت در فضا	→ → →
تکانه	$\vec{p}$	حاصل ضرب جرم در سرعت (دارای جهت)	

مثال: وقتی می‌گوییم یک جسم با سرعت ۲۰ m/s به سمت شرق حرکت می‌کند، علاوه بر عدد ۲۰ و یکای m/s، جهت «شرق» را نیز مشخص کرده‌ایم؛ پس سرعت یک کمیت برداری است.

نکته

- وقتی می‌خواهیم یک کمیت برداری را نشان دهیم، بالای آن کمیت یک علامت **پیکان** (→) می‌گذاریم اگر این علامت پیکان نباشد منظور ما فقط اندازه آن کمیت برداری است.

به عنوان مثال:

F : اندازه نیرو

$F = 10$ N

عدم وجود علامت پیکان (→) یعنی فقط اندازه نیرو را در نظر گرفته‌ایم و جهت آن مشخص نیست.

$\vec{F}$: بردار نیرو

$\vec{F}$

وجود علامت پیکان (→) نشان می‌دهد که نیرو دارای اندازه و جهت است.

- کمیت‌های برداری را **نمی‌توان** مثل دو عدد معمولی با هم جمع کرد؛ بلکه هنگام جمع و تفریق آنها باید **جهت** را هم در نظر گرفت.

مثال:

$\vec{A} = ۳$ m به راست →

$\vec{B} = ۴$ m به بالا ↑

$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} = 5$ m (قطر) ↗

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

جمع عددی درست نیست

- اگر یک کمیت **برداری** را در یک کمیت نرده‌ای ضرب یا تقسیم کنیم ، حاصل آن یک کمیت **برداری** خواهد بود. اگر دو کمیت برداری را با هم ضرب یا تقسیم کنیم، باز هم حاصل یک کمیت **برداری** خواهد بود.

$\vec{A} \times ۳ = ۳\vec{A}$ $\quad \vec{A} \div ۲ = \frac{۱}{۲}\vec{A}$

- حاصل ضرب و تقسیم و همچنین جمع و تفریق دو کمیت **نرده‌ای** ، یک کمیت **نرده‌ای** خواهد بود.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

دسته‌بندی دوم: ۱. اصلی ۲. فرعی

پیش از بررسی کمیت‌های اصلی و فرعی ، به توضیح **دستگاه بین المللی (SI)** می‌پردازیم:

دستگاه متریک(SI): دستگاه یکاهایی که بیشتر دانشمندان و مهندسان از آن استفاده می‌کنند را دستگاه متریک می‌نامند. این دستگاه مورد قبول اکثر کشورها می‌باشد و از سال ۱۳۳۸ به طور رسمی دستگاه بین المللی (**SI**) نامیده می‌شود. یکاهای (**SI**) را مجمع عمومی اوزان و مقیاس که در فرانسه قرار دارد، انتخاب و معرفی کرده است. تعیین این که چه کمیتی اصلی و چه کمیتی فرعی باشد به عهده همین مجمع است.

کمیت‌های اصلی: مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها ، هفت کمیت فیزیکی **جرم (m) ، طول(L) ، زمان(t) ، دما(T) ، جریان الکتریکی(I) ، مقدار ماده (n) و شدت روشنایی(Iv)** را به عنوان کمیت‌های اصلی معرفی کرده است. برای این کمیت‌ها، یکاهای مستقلی تعریف شده است.

کمیت‌های فرعی: کمیت‌هایی هستند که یکای اندازه‌گیری آن‌ها توسط یکاهای اصلی تعریف می‌شوند و به یکاهای آن‌ها نیز یکای فرعی می‌گوییم.

کمیت های اصلی و یکای آن ها

کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کلوین	K
مقدار ماده	مول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	کاندلا (شمع)	cd

توجه!

هر کمیتی به جز هفت کمیت اصلی، کمیت فرعی محسوب می‌شود.

مانند : تندی ، شتاب ، نیرو ، فشار ، بار الکتریکی و انرژی.

یکاهای اصلی : به یکاهای اندازه‌گیری هفت کمیت اصلی ، یکاهای اصلی می‌گوییم که در جدول مقابل آن‌ها را مشاهده می‌کنید:

معرفی برخی از یکاهای کمیت‌های اصلی:

یکای طول (متر): اولین تعریف یکای طول یعنی یک متر مسافتی است که نور در مدت زمان $\frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}$ ثانیه در خلاء طی می‌کند.

داستان متر؛ از اندازه‌گیری زمین تا سرعت نور

حدود ۲۵۰ سال پیش، هر کشور واحد طول مخصوص خود را داشت. حتی در یک کشور نیز ممکن بود هر شهر از واحدی متفاوت برای اندازه‌گیری استفاده کند. این موضوع تجارت، صنعت و حتی پژوهش‌های علمی را با مشکل روبه‌رو کرده بود.

در سال **۱۷۹۱ میلادی**، دانشمندان فرانسوی تصمیم گرفتند واحدی بسازند که به هیچ انسان یا وسیله‌ای وابسته نباشد؛ بلکه از طبیعت گرفته شود. آن‌ها فاصله **خط استوا تا قطب شمال** را روی نصف‌النهاری که از شهر **پاریس** می‌گذشت اندازه‌گیری کردند و **یک ده‌میلیونیم** این فاصله را **یک متر** نامیدند.

اما اندازه‌گیری دقیق زمین کار ساده‌ای نبود و با پیشرفت علم، نیاز به تعریفی دقیق‌تر احساس شد. به همین دلیل، مدتی متر را با یک **میله استاندارد از جنس پلاتین–ایریدیوم** تعریف کردند. بعدها، تعریف متر بر اساس **طول موج نور** انجام شد.

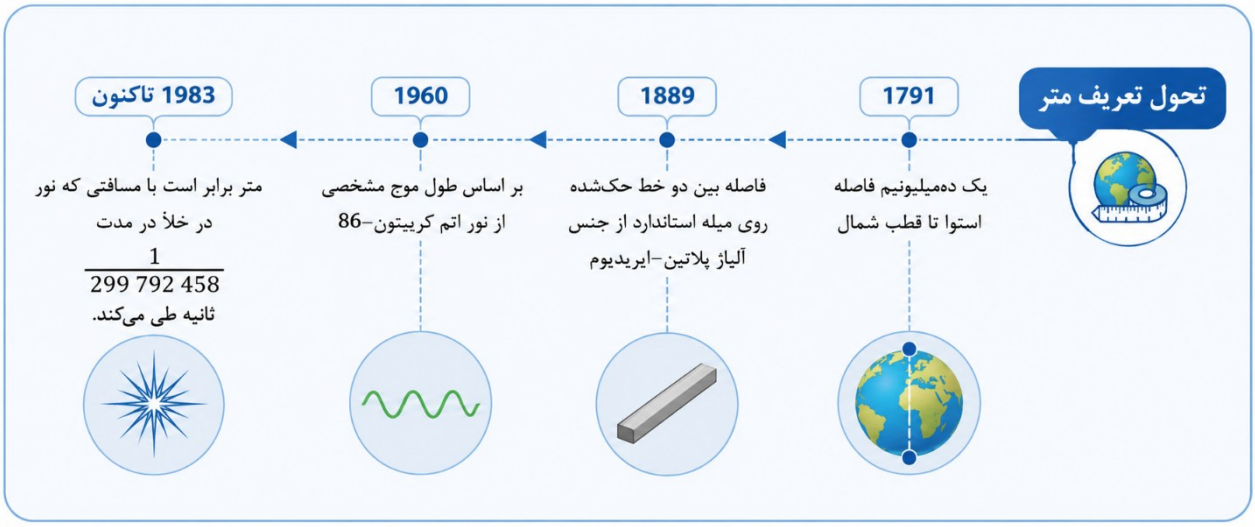
سرانجام از سال **۱۹۸۳ میلادی**، متر با پدیده‌ای کاملاً ثابت در طبیعت تعریف شد:

یک متر برابر است با مسافتی که نور در خلأ در مدت $\frac{۱}{۲۹۹\,۷۹۲\,۴۵۸}$ ثانیه طی می‌کند.

امروزه این تعریف، دقیق‌ترین تعریف متر است و در سراسر جهان برای اندازه‌گیری طول به کار می‌رود.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



یکای جرم (کیلوگرم): یک کیلوگرم جرم استوانه‌ای فلزی از جنس آلیاژ پلاتین – ایریدیوم است که در موزه سور فرانسه نگهداری می‌شود.

سرگذشت یکای جرم (کیلوگرم kg)

در گذشته‌های دور، مردم برای اندازه‌گیری جرم اجسام از روش‌های ساده و محلی استفاده می‌کردند. هر شهر یا کشور معیار مخصوص خود را داشت و این موضوع باعث می‌شد مقایسه و تجارت بین مناطق مختلف دشوار شود.

با گسترش علم و نیاز به یک سیستم واحد، دانشمندان در دوران انقلاب فرانسه تصمیم گرفتند برای جرم نیز مانند طول، یک واحد جهانی تعریف کنند. در ابتدا، **کیلوگرم** به صورت جرم یک لیتر آب خالص در دمای مشخص تعریف شد.

اما این تعریف به دلیل وابستگی به شرایط دما و خلوص آب، دقت کافی نداشت. به همین دلیل در سال **۱۸۸۹ میلادی**، یک استاندارد جدید ساخته شد: یک استوانه کوچک از آلیاژ **پلاتین–ایریدیوم** که در فرانسه نگهداری می‌شد و به عنوان نمونه اصلی کیلوگرم شناخته شد.

برای بیش از یک قرن، تمام جهان جرم را با مقایسه با این استوانه اندازه‌گیری می‌کرد. اما به مرور زمان مشخص شد که حتی این نمونه فلزی نیز ممکن است در طول زمان تغییرات بسیار جزئی داشته باشد.

به همین دلیل، در سال **۲۰۱۹ میلادی** تعریف کیلوگرم به طور کامل تغییر کرد. امروزه کیلوگرم بر اساس یک ثابت بنیادی طبیعت تعریف می‌شود:

کیلوگرم بر پایه ثابت پلانک و قوانین فیزیک کوانتومی تعریف می‌شود و دیگر به هیچ جسم فیزیکی وابسته نیست.

(در پایه دوازدهم با ثابت پلانک آشنا خواهید شد.)



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

چالش برای کارآگاهان فیزیک:

تحقیق کنید: چرا برای نمونه استاندارد میله یک متری و جرم یک کیلوگرمی در موزه ، از فلزی با جنس **آلیاژ پلاتین – ایریدیوم** استفاده کردند؟

یکای زمان (ثانیه): امروزه یک ثانیه بر اساس کارکرد ساعت‌های اتمی بسیار دقیق تعریف شده است ، اما در گذشته یک ثانیه $\frac{1}{86400}$ میانگین یک روز خورشیدی تعریف می‌شود.

تیک تاک ... سرگذشت ثانیه

از گذشته‌های دور، انسان برای سنجش زمان به پدیده‌های طبیعی نگاه می‌کرد. طلوع و غروب خورشید، حرکت ستارگان و تغییر فصل‌ها، نخستین ساعت‌های طبیعت بودند. بعدها با ساخت ساعت‌های آفتابی، شنی و آبی، اندازه‌گیری زمان دقیق‌تر شد.

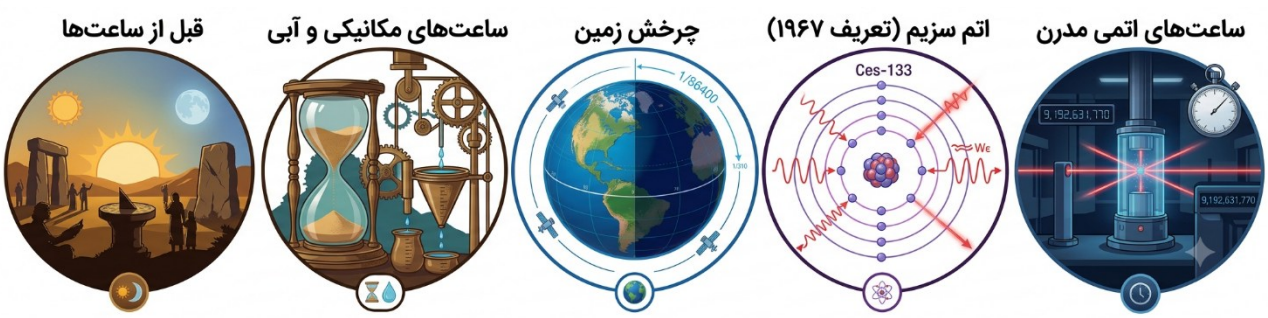
برای سال‌های طولانی، **ثانیه** را بر اساس حرکت زمین تعریف می‌کردند. در این تعریف، یک ثانیه برابر بود با **یک هشتاد و شش هزار و چهارصدم** ($1/86400$) **یک شبانه‌روز متوسط خورشیدی**؛ زیرا هر شبانه‌روز به ۲۴ ساعت، هر ساعت به ۶۰ دقیقه و هر دقیقه به ۶۰ ثانیه تقسیم می‌شد.

اما دانشمندان دریافتند که سرعت چرخش زمین کاملاً ثابت نیست و به مرور زمان تغییرات بسیار کوچکی دارد. بنابراین برای دستیابی به دقت بیشتر، باید تعریفی ارائه می‌شد که به طبیعت و قوانین بنیادی فیزیک وابسته باشد.

از سال **۱۹۶۷ میلادی**، ثانیه بر اساس ویژگی‌های اتم **سزیم-۱۳۳** تعریف شد. امروزه:

یک ثانیه برابر است با مدت زمانی که اتم سزیم-۱۳۳ در طی ۹۱۹۲۶۳۱۷۷۰ نوسان انجام می‌دهد.

به کمک این تعریف، ساعت‌های اتمی با دقتی شگفت‌انگیز ساخته شده‌اند و امروزه زمان در سراسر جهان بر پایه آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود.



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

یکای فرعی:

به یکای کمیت‌های فرعی که از روی یکاهای اصلی به دست می‌آید، یکای فرعی می‌گوییم.

در جدول مقابل برخی از کمیت‌های فرعی و ارتباط یکاهای آن‌ها با یکاهای اصلی را مشاهده می‌کنید:

برخی از کمیت و یکاهای فرعی مهم

کمیت	یکای SI	یکای فرعی
تندی و سرعت	m/s	m/s
شتاب	m/s^2	m/s^2
نیرو	نیوتون (N)	$kg\,m/s^2$
فشار	پاسکال (Pa)	kg/ms^2
انرژی	ژول (J)	$kg\,m^2/s^2$

نکته

- **در برخی از موارد ترکیبی از کمیت‌های اصلی که سازنده یک کمیت فرعی هستند را به نام دانشمندی نام‌گذاری کرده اند، مانند $^{kg}/_{m\cdot s^2}$ که به نام پاسکال pa نام گذاری شده است.**

سازگاری یکاها: در معادلات فیزیکی باید کمیت‌هایی که در دو سمت معادله هستند هم‌جنس بوده و یکای یکسانی داشته باشند، مثلا نمی‌توانیم بگوییم که یک سانتی‌متر مربع چند لیتر است، چرا که سانتی‌متر مربع یکای اندازه‌گیری مساحت و لیتر یکای اندازه‌گیری حجم است. همچنین یکای دو طرف معادلات باید بر حسب SI باشند تا جواب صحیح بدست بیاید.

$$F = ma = (۰/۳۲۵\ \text{kg})(۱/۷۵\ \text{m/s}^۲) = ۰/۵۶۹\ \text{N}$$

یکای دو طرف معادله با هم سازگار است.

نکته

- **برای این که بتوان دو کمیت فیزیک را با هم جمع و تفریق کرد، این دو باید هم جنس باشند، (یکاهای یکسانی داشته باشند) اما برای ضرب و تقسیم دو کمیت فیزیکی نیازی به یکسان بودن جنس (یکای) کمیت‌ها نیست.**

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۱۴. اگر مطابق شکل روبه‌رو یکای طول را به صورت فاصله نوک بینی تا نوک انگشتان دست کشیده شده بگیریم چه مزایا و معایبی دارد؟



۱۵. کمیت فیزیکی را تعریف کنید.

۱۶. یکا چیست؟

۱۷. نرده‌ای یا برداری بودن هر یک از کمیت‌های زیر را تعیین کنید.

الف: طول　　ب: زمان　　پ: مکان　　ت: جرم　　ث: نیرو　　ج: دما

۱۸. تفاوت کمیت‌های عددی (نرده‌ای) با برداری در چیست؟

۱۹. کمیت اصلی و فرعی را تعریف کنید.

۲۰. کمیت‌های اصلی چند تا هستند، نام ببرید.

۲۱. یکای مناسب برای کمیت باید چه شرایطی داشته باشد؟

۲۲. دانشمندان فرانسوی قرن هجدهم جرم $1\ cm^3$ آب خالص را $1\ g$ نامیدند و آن را به عنوان یکای استاندارد جرم معرفی کردند. چنین استانداری چه اشکال عمده‌ای دارد؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۲۳. در کدام گزینه تمام کمیت‌های آورده شده، دارای یکای اصلی هستند؟

۱) فاصلهٔ کانونی، دمای آب در حال جوش، انرژی توپ در حال حرکت

۲) فاصلهٔ کانونی، جرم آب در حال جوش، زمان لازم برای رسیدن به دمای جوش

۳) مساحت سایه، جرم آب در حال جوش، بار الکتریکی موجود بر روی یک کره

۴) حجم یک توپ، دمای آب در حال جوش، بار الکتریکی

۲۴. **"استاندارد قدیمی برای متر عبارت بود از فاصلهٔ میان دو علامت (خراش) روی میله‌ای از آلیاژ پلاتین-ایریدیوم"** که اکنون این میله در موزه نگه‌داری می‌شود. چرا دیگر از این میله برای واحد طول استفاده نمی‌شود؟

۱) میله در آتش سوزی آسیب دید.

۲) علامت‌ها نادرست روی میله حک شده بود.

۳) طول میله با تغییر دما، تغییر می‌کرد.

۴) استاندارد طول برحسب سرعت نور تعریف شده است.

۲۵. آیا ضربان قلب، یکای مناسبی برای زمان است؟ توضیح دهید.

یادداشت:

ارتقاء سطح...

۲۶. در کدام گزینه همه کمیت‌ها فرعی و برداری هستند؟

الف: نیرو، اختلاف پتانسیل الکتریکی، جابه‌جایی

ب: تکانه، میدان الکتریکی، شتاب گرانشی

پ: میدان مغناطیسی، نیروی محرکه الکتریکی، سرعت

ت: فشار ، شار مغناطیسی، جریان الکتریکی

۲۷. یکاهای فرعی زیر را بر حسب یکاهای اصلی بنویسید:

الف: یکای فشار pa (پاسکال)

ب: یکای نیرو N (نیوتون)

پ: یکای انرژی J (ژول)

غول مرحله آخر!

۲۸. در فرمول فیزیکی $D^2 = \frac{A \times B^3}{B+C}$ یکای کمیت C برابر $\frac{m^2}{s^3}$ و کمیت D از جنس شتاب است. یکای کمیت A کدام است؟

الف: $\frac{m}{s}$ ب: $\frac{s}{m}$ پ: $\frac{m^2}{s^2}$ ت: $\frac{s^2}{m^2}$

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تبدیل یکا و نمادگذاری علمی

پیشوند یکاها: برای مشخص کردن کمیت‌هایی با مقادیر بزرگتر و کوچکتر و همچنین برای سادگی نوشتار و محاسبه ضرب و تقسیم آن‌ها، از عددی توان‌دار به صورت ۱۰^{n} استفاده می‌کنیم. پیشوند یکا بعد از عدد و قبل از یکا آمده و یکای مورد نظر را چندین برابر بزرگتر یا کوچکتر می‌کند.

در جدول زیر پیشوند یکاهای **بزرگ کنند** و **کوچک کننده** را مشاهده می‌کنید:

پیشوندهای پرکاربرد برای یکاها

پیشوند	ضریب تبدیل	نماد	پیشوند	ضریب	نماد
دسی	$\frac{۱}{۱۰}=۱۰^{-۱}$	d	دکا	$۱۰^{۱}$	da
سانتی	$\frac{۱}{۱۰۰}=۱۰^{-۲}$	c	هکتو	$۱۰^{۲}$	h
میلی	$\frac{۱}{۱۰۰۰}=۱۰^{-۳}$	m	کیلو	$۱۰^{۳}$	k
میکرو	$\frac{۱}{۱۰^{۶}}=۱۰^{-۶}$	μ	مگا	$۱۰^{۶}$	M
نانو	$\frac{۱}{۱۰^{۹}}=۱۰^{-۹}$	n	گیگا	$۱۰^{۹}$	G
پیکو	$\frac{۱}{۱۰^{۱۲}}=۱۰^{-۱۲}$	p	ترا	$۱۰^{۱۲}$	T

به طور مثال:
اگر پیشوند **پیکو** p را برای یکای طول استفاده کنیم ،یک **پیکومتر** برابر خواهد بود با:
$۱pm = ۱ \times ۱۰^{-۱۲}m$

توجه!

- **میکرو** پیشوند است و برابر با عدد $۱۰^{-۶}$ می‌باشد اما **میکرون** یکای طول بوده و به معنی یک میکرومتر μm ۱ یا $۱۰^{-۶}m$ است.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

نمادگذاری علمی:

چرا از نمادگذاری علمی استفاده می‌کنیم؟

در فیزیک با اعدادی مانند جرم زمین، فاصله ستاره‌ها یا اندازه اتم‌ها سروکار داریم. نوشتن این اعداد به روش معمول دشوار است؛ بنابراین از **نمادگذاری علمی** استفاده می‌کنیم تا هم نوشتن و هم انجام محاسبات ساده‌تر شود.

برای نوشتن اعداد به روش نمادگذاری علمی، عدد مورد نظر را به صورت $a \times ۱۰^{n}$ می‌نویسیم:

- **اگر عدد بسیار بزرگ باشد:** عدد را طوری می‌نویسیم که در طرف چپ اعشار (میمز) عددی بین صفر تا ۱۰ (از ۱ الی ۹) قرار گیرد، در سمت راست ممیز هم فقط دو عدد باقی می‌گذاریم ، سپس به مقدار تعداد اعداد n که اعشار را جابه‌جا کرده‌ایم ،مقدار n را در توان عدد ۱۰^{n} می‌نویسیم. برای درک بهتر مطلب به مثال زیر توجه فرمایید.

۱) اگر عدد بسیار بزرگ باشد

$n = ۴$

$۳۲۴۴۷ / ۹۳۴ \rightarrow ۳/۲۴ \times ۱۰^{۴}$

ممیز را به سمت چپ جابه‌جا می کنیم

به تعداد رقم‌هایی که ممیز را جابه‌جا کرده‌ایم (۴ رقم)، برای عدد ۱۰ توان مثبت می‌نویسیم.

- **اگر عدد بسیار کوچک باشد:** اگر اعداد بسیار کوچک اعشاری داشته باشیم، اعشار (ممیز) را طوری جابه‌جا می‌کنیم که در سمت چپ ممیز فقط یک عدد بین صفر تا ۱۰ قرار گیرد (عددی از ۱ الی ۹) سپس در سمت راست اعشار دو عدد باقی می‌گذاریم. حال به تعدادی که ممیز را به سمت راست جابه‌جا کردیم، به جای n عدد منفی در ۱۰^{n} قرار می‌دهیم. برای درک بهتر مطلب به مثال‌های زیر توجه فرمایید.

۲) اگر عدد بسیار کوچک (اعشاری) باشد

$n = -۸$

$۰/۰۰۰۰۰۰۰۷۴۱۵ \rightarrow ۷/۴۱۵ \times ۱۰^{-۸}$

ممیز را به سمت راست جابه‌جا می کنیم

به تعداد رقم‌هایی که ممیز را جابه‌جا کرده‌ایم (۸ رقم)، برای عدد ۱۰ توان منفی می‌نویسیم.

تبدیل یکاها: برای تبدیل یکاها به یکدیگر، یکاهای کمیت‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد و برای هر کدام روش متفاوتی به کار برد.

۱.یکاهای پیشوند دار

۲. یکاهای بدون پیشوند

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

نحوه تبدیل یکاهای پیشوند دار: **اگر یکاها یکسان بوده ولی پیشوند متفاوتی داشته باشند، می توانیم از روش معلوم – مجهول استفاده کنیم. در تبدیل این نوع یکاها به این صورت عمل می‌کنیم:**

- ساخت عامل تبدیل با استفاده از فرمول $\text{عامل تبدیل} = \left(\frac{\text{ضریب معادل پیشوند طرف معلوم}}{\text{ضریب معادل پیشوند طرف مجهول}}\right)^{n}$ (n توان یکا است)
- ضرب عامل تبدیل در طرف مجهول معادله

مثال

$۲۵cm^{۲}$ برابر چند $km^{۲}$ است؟

پیشوند معلوم در این سوال سانتی (c) است که معادل $۱۰^{-۲}$می‌باشد، و پیشوند مجهول کیلو (k) است که برابر $۱۰^{۳}$ می‌باشد. همچنین توان یکا (یعنی n) برابر ۲ می‌باشد، در نهایت عامل تبدیل به این صورت به دست می‌آید:

$$\text{عامل تبدیل} = \left(\frac{۱۰^{-۲}}{۱۰^{۳}}\right)^{۲} = ۱۰^{-۱۰}$$

حال اگر این عامل را در عددمان ضرب کنیم جواب بدست می‌آید: $۲۵ \times ۱۰^{-۱۰} km^{۲}$

نحوه تبدیل یکاهای بدون پیشوند: برای تبدیل یکاهای یک کمیت که یکسان نیستند مانند یکاهای زمان (ثانیه ، دقیقه، ساعت ، روز و سال و ...) باید از **تبدیل یکای زنجیره‌ای** استفاده کنیم.

در این روش به این صورت عمل می‌کنیم:

- با استفاده از رابطه‌ای که بین یکاها وجود دارد، کسری به ارزش یک می‌سازیم. این کسر را **کسر تبدیل** (یا ضریب تبدیل) می‌نامیم.
- یکی از کسرهای تبدیل را انتخاب می‌کنیم. در انتخاب کسر تبدیل به این نکته توجه می‌کنیم که با ضرب این کسر در سمت معلوم معادله ، باید یکای سمت معلوم حذف و یکای خواسته شده در سمت مجهول باقی بماند.
- کسر تبدیل انتخاب شده را در سمت معلوم ضرب کرده و معادله را حل می‌کنیم.

برای درک بهتر این روش یک مثال می‌زنیم:

مثال

۱۲ دقیقه (۱۲ min) چند ثانیه است؟ می‌دانیم هر دقیقه ۶۰ ثانیه می‌باشد پس کسر تبدیل ما به دو صورت $\frac{۱\ min}{۶۰\ s}$ یا $\frac{۶۰\ s}{۱\ min}$ می‌باشد. اگر کسر $\frac{۶۰\ s}{۱\ min}$ را در ۱۲ min ضرب کنیم ، یکای دقیقه حذف شده و تبدیل به ثانیه می‌شود:

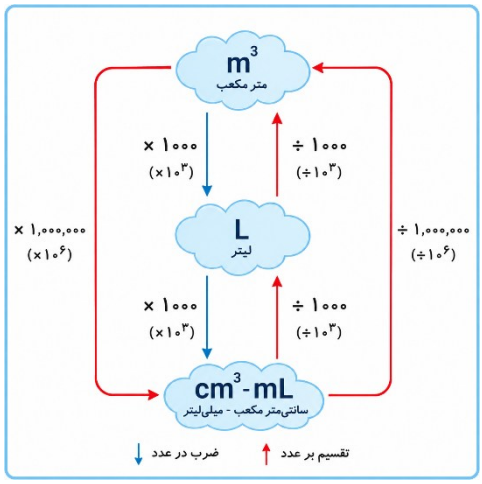
$$۱۲\ min \times \frac{۶۰\ s}{۱\ min} = ۷۲۰\ s$$

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

چند یکای خاص:

- **سال نوری (ly) :** یکای **طول** است و برابر با مسافتی است که نور می‌تواند در مدت **یک سال** در خلاء طی کند. یک سال نوری تقریبا برابر با $۹ \times ۱۰^{۱۵} m$ است.
- **یکای نجومی (AU) :** یکای نجومی یکای طول است و برابر با میانگین فاصله زمین تا خورشید است، که معادل $۱/۵ \times ۱۰^{۱۱} m$ است.
- **لیتر (L) :** برای حجم مایعات و گازها از واحد لیتر استفاده می‌شود. هر لیتر معادل $۱۰^{-۳} m^۳$ یا $۱۰^۳ cm^۳$ می‌باشد.



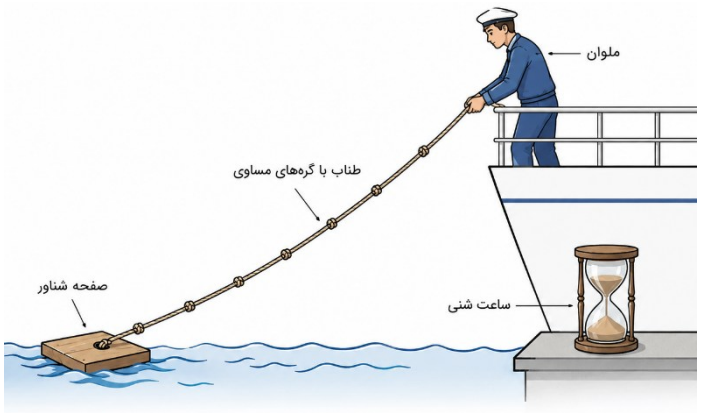
- **گره دریایی:** تندی شناورها در دریا بر حسب یکایی به نام **گره** بیان می‌شود. هر گره دریایی برابر ۰/۵۱۴۴ متر بر ثانیه است.

داستان پیدایش گره دریایی

حدود ۴۰۰ سال پیش، زمانی که هنوز خبری از *GPS* و سرعت‌سنج‌های امروزی نبود، ملوانان برای اندازه‌گیری تندی کشتی خود از وسیله‌ای ساده به نام تندی‌سنج شناور استفاده می‌کردند.

این وسیله از یک طناب بلند تشکیل شده بود که در فواصل مساوی روی آن گره‌هایی زده شده بود. یک سر طناب به تخته‌ای کوچک در آب متصل می‌شد و سر دیگر آن در دست ملوان قرار داشت.

ملوان تخته را در آب رها می‌کرد و هم‌زمان یک ساعت شنی را برمی‌گرداند. تا زمانی که شن‌های ساعت پایین می‌ریخت، طناب از میان دست او عبور می‌کرد. سپس ملوان تعداد گره‌هایی را که در آن زمان معین از دستش گذشته بود، می‌شمرد.



اگر مثلاً در مدت زمان تعیین‌شده ۱۰ گره از طناب عبور می‌کرد، می‌گفتند سرعت کشتی ۱۰ گره است. به همین دلیل، این واحد سرعت به نام گره دریایی *(Knot)* شناخته شد؛ نامی که پس از گذشت چهار قرن، هنوز هم برای بیان سرعت کشتی‌ها و هواپیماها به کار می‌رود.

امروزه هر ۱ گره دریایی تقریبا برابر با نیم متر بر ثانیه یا برابر با ۱ مایل دریایی بر ساعت یا حدود ۱/۸۵۲ کیلومتر بر ساعت است.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

توجه!

در تبدیل یکا ، فقط می‌توانیم یکاهای هم جنس را به یکدیگر تبدیل کنیم. مثلا می‌توانیم کیلوگرم را به گرم تبدیل کنیم.

اما تبدیل ثانیه به متر غیر ممکن است!

آهنگ کمیت: در فیزیک ، **تغییر** هر کمیت را نسبت به **زمان**، معمولا آهنگ آن کمیت می‌نامیم.

چالش برای کارآگاهان فیزیک:

چند تا کمیت نام ببرید که خودشون آهنگ
یک کمیت دیگه ان !

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۲۹. مقدار بار الکتریکی الکترون $-۱۶۰ \times ۱۰^{-۱۵} \mu C$ است. مقدار این بار را برحسب کولن و با نمادگذاری علمی بنویسید.

۳۰. کدام گزینه جرم یک زنبور عسل ($۰/۰۰۰۱۵\ kg$) را به صورت نمادگذاری علمی درست بیان می‌کند؟

الف: $۰/۱۵ \times ۱۰^{-۳} kg$ ب: $۱/۵۰ \times ۱۰^{-۴} kg$

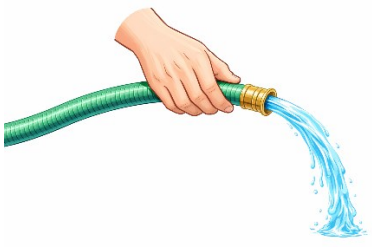
پ: $۱/۵۰ \times ۱۰^{-۵} kg$ ت: $۱۵ \times ۱۰^{-۵} k$

۳۱. با توجه به پیشوندهای یکاهای SI و نمادگذاری علمی جدول مقابل را کامل کنید.

قطر میانگین یک گویچهٔ (گلبول) قرمز	$۷/۰ \times ۱۰^{-۶} m$	..... mm	..... μm
قطر هستهٔ اتم اورانیوم	$۱/۱۷ \times ۱۰^{-۱۴} m$	..... pm	..... fm
جرم یک گیرهٔ کاغذ	$۱/۰ \times ۱۰^{-۴} kg$	..... g	..... mg
زمانی که نور مسافت ۰/۳ متر را در هوا طی می‌کند.	$۱/۰ \times ۱۰^{-۹} s$	..... μs	..... ns
زمانی که صوت مسافت ۰/۳۵ متر را در هوا طی می‌کند.	$۱/۰ \times ۱۰^{-۳} s$	..... ms	..... μs

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



۳۲. از شیلنگ شکل روبرو، آب با آهنگ $125\ {cm^3}/{s}$ خارج می‌شود. این آهنگ را به روش تبدیل زنجیره‌ای ، بر حسب یکای لیتر بر دقیقه $({L}/{min})$ بنویسید. (هر لیتر معادل ۱۰۰۰ سانتی‌متر مکعب است.)

۳۳. لولهٔ یک ماشین آتش‌نشانی در هر دقیقه ۳۶ لیتر آب روی آتش می ریزد این عدد برحسب $\frac{m^3}{s}$ چقدر می‌شود؟



۳۴. **"یکای نجومی AU برابر میانگین فاصله زمین تا خورشید است"** ($1\ AU \approx 1/5 \times 10^{11} m$). فاصله زمین (منظومه شمسی) تا نزدیکترین ستاره بعد از خورشید بر حسب یکای نجومی چقدر است؟

۳۵. **"مسافتی را که نور در مدت یک سال در خلا می‌پیماید یک سال نوری می‌نامند و آن را با Ly نشان می دهند."** اختروش‌ها دورترین اجرام شناخته شده از منظومه شمسی هستند و به عبارتی در دورترین محل قابل مشاهده کیهان قرار دارند. فاصله اختروش‌ها از منظومه شمسی $1/0 \times 10^{26} m$ برآورد شده است این فاصله را بر حسب سال نوری بیان کنید. تندی نور در خلاء $3/0 \times 10^8\ {m}/{s}$ را در نظر بگیرید.

۳۶. خروار، من تبریز، سیر، مثقال، نخود و گندم از جمله یکاهای قدیمی ایرانی برای اندازه‌گیری جرم است این یکاها به صورت زیر به یکدیگر مرتبطاند:

۱ خروار = ۱۰۰ من تبریز

۱ من تبریز = ۴۰ سیر = ۶۴۰ مثقال

۱ مثقال = ۲۴ نخود = ۹۶ گندم

با توجه به اینکه هر مثقال اندکی بیش از ۴/۶ گرم است، یکاهای سیر، گندم و خروار را برحسب گرم و کیلوگرم بیان کنید.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۳۷. عددهای داده شده را به صورت نمادگذاری علمی بنویسید:

الف) $۳۳۴۲ \times ۱۰^{-۲۷} = ۰۰۰۰۰۰$ ب) $۵۹۸ \times ۱۰^{۲۲} = ۰۰۰۰۰۰$ پ) $۴۹ = ۰۰۰۰۰۰$

ت) $۷ = ۰۰۰۰۰۰$ ث) $۰/۰۰۰۰۰۷۲۱ = ۰۰۰۰۰۰$ ج) $۰/۰۰۰۴۲ \times ۱۰^{۴} = ۰۰۰۰۰۰$

۳۸. سریع ترین رشد گیاه متعلق به گیاهی به نام هسپرویوکا است. این گیاه طی ۱۴ روز ، $۳/۷\,m$ رشد می‌کند. رشد این گیاه در هر ثانیه چند میکرومتر است؟

۳۹. "قیراط" یکای متداول برای اندازه‌گیری جرم جواهرات (مخصوصا الماس) است. هر قیراط معادل ۲۰۰ میلی‌گرم است. دو الماس دریای نور و کوه نور به ترتیب ۱۸۲ قیراط و ۱۰۸ قیراط جرم دارند. جرم آن‌ها را بر حسب گرم به دست آورید.



۴۰. فرسنگ (فرسخ) و ذرع از یکاهای قدیمی ایرانی برای طول هستند. هر فرسنگ معادل ۶۰۰۰ ذرع و هر ذرع برابر با ۱۰۴ سانتی‌متر می‌باشد.

الف: هر فرسنگ چند کیلومتر است؟

ب: ۸۰ ذرع معادل چند متر می‌باشد؟

۴۱. فوت و اینچ از یکاهای بریتانیایی طول می‌باشند، هر فوت برابر ۱۲ اینچ ($ft = ۱۲\,in$ ۱) و هر اینچ ۲/۵۴ سانتی‌متر است ($in = ۲/۵۴\,cm$ ۱). هواپیمایی که در ارتفاع ۲۰۰۰ پا (۲۰۰۰ ft) پرواز می‌کند، چند متر از سطح زمین فاصله دارد؟

۴۲. ۵۴×۱۰^{-۳} متر مکعب چند میکرومتر مکعب است؟ پاسخ را به صورت نمادگذاری علمی بنویسید.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

ارتقاء سطح...

۴۳. مقدار $۱۰cm^۳$ روغن بر روی سطح استخر آبی به ابعاد $۲۰\ m \times ۴۰\ m$ ریخته می‌شود. روغن به صورت یکنواخت تمام سطح آب استخر را می‌پوشاند. ضخامت لایه روغن به صورت نماد علمی و برحسب واحد SI چقدر است؟

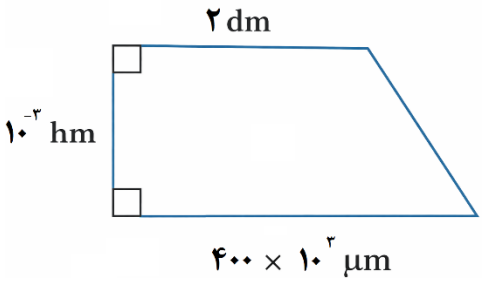
۴۴. تندی نور در خلا $۳ \times ۱۰^۸ m/s$ است. این مقدار چند یکای نجومی بر ساعت (AU/h) است؟
$(۱AU = ۱/۵ \times ۱۰^{۱۱} m)$

۴۵. جرم یک اتومبیل ۳۰۰ من تبریز است. جرم این اتومبیل چند سوت است؟ (۱من تبریز = ۴ چارک، ۱چارک = ۱۰ سیر، ۱ سیر = ۳۷۵ قیراط و ۱قیراط = ۲۰۰ سوت)

۴۶. مقدار $۴/۲ \times ۱۰^{-۳} \frac{kJ}{g.K}$ بر حسب یکاهای SI کدام است؟

الف: ۴۲۰۰ ب: ۴/۲ پ: ۴۲ ت: ۴۲۰

۴۷. مساحت ذوزنقه شکل مقابل چند سانتی متر مربع است؟



غول مرحله آخر!

۴۸. اگر توان جسم در یکای غیر SI، $\frac{g.mm^۲}{min^۳}$ باشد، توان این جسم در SI چه‌قدر است؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۴۹. اگر در رابطه فیزیکی $A = \frac{BC^2}{D^3} + \frac{E}{F}$ ، کمیت های A و E به ترتیب از جنس توان و کار باشند، کمیت های B ، C و D به ترتیب از چه جنسی می‌توانند باشند؟

الف: زمان، جرم، طول　　ب: جرم، زمان، طول

پ: طول، جرم، زمان　　ت: جرم، طول، زمان

۵۰. اتومبیلی به ازای ۴۰ مایل ، ۲ گالن بنزین مصـــرف می‌کند. اگر این اتومبیل پس از طی مســـافتی، $۵ \times ۱۰^{-۲} m^۳$ بنزین مصرف کند، مسافت طی شده بر حسب کیلومتر و با نمادگذاری علمی چقدر می‌شود؟ (هر گالن را برابر ۵ لیتر و یک مایل را ۱۶۰۰ متر در نظر بگیرید.)

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

اندازه‌گیری و دقت وسیله‌های اندازه‌گیری

در اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی مانند طول، جرم، زمان و سایر کمیت‌ها، همواره مقداری **عدم قطعیت** یا **خطای اندازه‌گیری** وجود دارد. با استفاده از ابزارهای دقیق‌تر و به‌کارگیری روش‌های صحیح اندازه‌گیری، می‌توان مقدار این خطا را کاهش داد؛ اما حذف کامل آن و رسیدن به اندازه‌گیری کاملاً بدون خطا امکان‌پذیر نیست.

به همین دلیل، هیچ اندازه‌گیری نمی‌تواند مقدار دقیق و واقعی یک کمیت فیزیکی را به دست دهد و نتیجه هر اندازه‌گیری تنها بهترین برآورد از مقدار واقعی آن کمیت است. ازاین‌رو، در تمام اندازه‌گیری‌های فیزیکی باید وجود مقدار اندکی عدم قطعیت را پذیرفت.

عوامل موثر در دقت اندازه‌گیری:

- **دقت وسیله ی اندازه‌گیری:** هرچه وسیله اندازه‌گیری از دقت و حساسیت بیشتری برخوردار باشد، مقدار اندازه‌گیری‌شده به مقدار واقعی نزدیک‌تر خواهد بود.
- **مهارت شخص آزمایشگر:** نحوه استفاده از ابزار اندازه‌گیری و مهارت فرد اندازه‌گیرنده، نقش مهمی در افزایش دقت اندازه‌گیری دارد. هرچه آزمایشگر با روش صحیح اندازه‌گیری آشناتر باشد، مقدار خطای اندازه‌گیری کاهش یافته و نتیجه به مقدار واقعی نزدیک‌تر خواهد شد.
- **تعداد دفعات اندازه‌گیری :** اندازه‌گیری یک کمیت در چند نوبت و استفاده از میانگین نتایج، باعث می‌شود مقدار به‌دست‌آمده به مقدار واقعی نزدیک‌تر شود و تأثیر خطاهای تصادفی کاهش یابد.

تعریف دقت اندازه‌گیری وسیله اندازه‌گیری: کوچک‌ترین مقداری را که یک وسیله می‌تواند اندازه بگیرد را دقت اندازه‌گیری آن وسیله می‌گویند.

انواع وسایل اندازه‌گیری:

وسایل اندازه‌گیری معمولاً به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱. مدرج (درجه بندی شده): در این وسایل، مقدار کمیت با توجه به خطوط یا تقسیم‌بندی‌های روی وسیله خوانده می‌شود.

۲. رقمی (دیجیتال): در این وسایل، مقدار کمیت به صورت عدد روی نمایشگر نشان داده می‌شود.

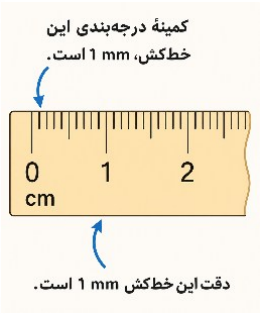
- **از لوازم مدرج می‌توان به خط کش ، نقاله ، دماسنج جیوه‌ای و .... اشاره کرد. و برای وسایل دیجیتالی می‌توان ترازوی دیجیتالی ، دماسنج دیجیتالی ، نمایشگر پمپ بنزین را نام برد.**

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

دقت وسایل مدرج:

در وسایل مدرج، دقت اندازه‌گیری برابر با **کوچک‌ترین تقسیم‌بندی** روی وسیله است.



مثال

دقت خط‌کشی که تا میلی‌متر درجه‌بندی شده است، یک میلی‌متر و دقت خط‌کشی که تا سانتی‌متر درجه‌بندی شده است، یک سانتی‌متر خواهد بود.

دقت وسایل دیجیتال:

در وسایل اندازه‌گیری دیجیتال، دقت اندازه‌گیری برابر با یک واحد از ارزش مکانی آخرین رقمی است که نمایشگر نشان می‌دهد.

مثال



در دماسنج شکل مقابل، آخرین رقمی که نمایش داده می‌شود ۰/۲°C است. پس دقت این دماسنج یک واحد از آن یعنی ۰/۱°C می باشد.

تکرار اندازه‌گیری:

اگر کمیتی را چندین بار اندازه‌گیری کنیم، **میانگین** مقادیر اندازه‌گیری‌شده را به‌عنوان نتیجه اندازه‌گیری در نظر می‌گیریم.

توجه!

اگر در تکرار اندازه‌گیری یک کمیت، یکی از اندازه‌گیری‌ها اختلاف زیادی با سایر مقادیر داشته باشد، آن مقدار را از محاسبات حذف می کنیم.



چالش برای کارآگاهان فیزیک:

آیا هر وسیله اندازه‌گیری که دقت بیشتری داشته باشد مقدار درست‌تری را نمایش خواهد داد؟ آیا هر وسیله‌ای که دقیق‌تره، صحیح‌تر هم هست؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:



دست گرمی...

۵۱. آزمایشی طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان جرم و حجم یک قطره آب را اندازه‌گیری کرد.

۵۲. تکه‌ای سیم لاکی نازک یا نخ قرقره به طول تقریبی یک متر تهیه کنید. آزمایشی طراحی و اجرا کنید که به کمک یک خط‌کش میلی‌متری بتوان قطر این سیم یا نخ را اندازه‌گیری کرد.

۵۳. مدت زمان یک پدیده را چندین بار توسط یک زمان سنج اندازه‌گیری کرده‌ایم و مقادیر ۱۵ s ، ۱۳ s ، ۱۶ s ، ۵ s ، ۱۴ s ، ۱۲ s و ۳۲ s بدست آمده است. چه عددی را برای مدت زمان این پدیده گزارش کنیم؟

۵۴. حجم یک قطره آب را چگونه می‌توانیم اندازه بگیریم؟

۵۵. چگونه می‌توان با یک ترازوی آشپزخانه جرم یک عدد سنجاق ته‌گرد را اندازه گرفت؟

۵۶. جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید:

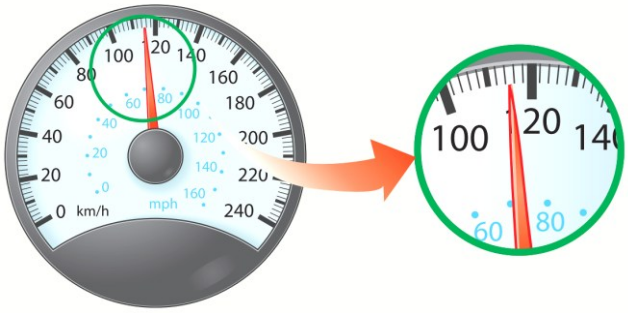
الف: هرچه یک آزمایش را بیشتر تکرار کنیم ، احتمال خطا ..... می‌شود.

ب: هرچه وسیله اندازه‌گیری بتواند مقادیر کوچکتری را بسنجد ، دقت اندازه‌گیری‌اش ..... می‌باشد.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

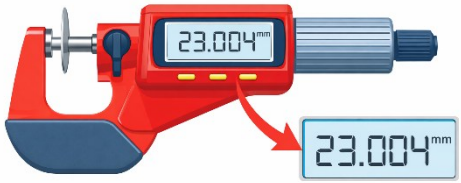
۵۷. شکل زیر، صفحه تندی‌سنج یک خودرو را نشان می‌دهد. دقت این تندی‌سنج چقدر است؟



۵۸. شکل مقابل قسمتی از کولیس رقمی را نشان می‌دهد که بر حسب یکای اینچ کار می‌کند، دقت این وسیله را مشخص کنید.



۵۹. شکل مقابل قسمتی از یک ریزسنج را نشان می‌دهد که بر حسب میلی‌متر کار می‌کند، دقت اندازه‌گیری‌ای وسیله چقدر است؟



۶۰. کدام یک از عوامل زیر نقش مهمی در افزایش دقت اندازه‌گیری دارد؟

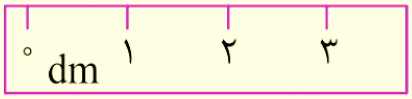
۱) مهارت آزمایشگر

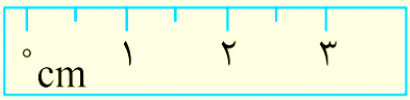
۲) دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری

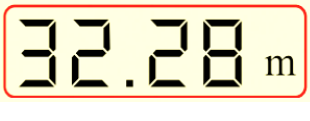
۳) تعداد دفعات اندازه‌گیری

۴) یکای گزارش شده برای اندازه‌گیری

۶۱. دقت اندازه‌گیری کدام وسیله بیشتر است؟

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

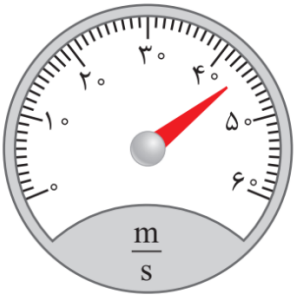
۶۲. طول جسمی را ۵ بار به وسیلهٔ خط‌کشی که بر حسب میلی‌متر مدرج شده است، اندازه گرفته‌ایم و عددهای ۳۰/۳، ۳۰/۷، ۲۹/۸، ۳۰/۶ و ۳۵/۴ سانتی‌متر را به دست آورده‌ایم. طول واقعی این جسم برحسب سانتی‌متر به کدام عدد نزدیک‌تر است؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

ارتقاء سطح...

۶۳. کدام یک از تندی سنج‌های روبه‌رو، دقت اندازه‌گیری بالاتری دارد؟



(۱)



(۲)

۶۴. حجم مایع داخل بشکه‌ای $۲/۱۲۱m^۳$ گزارش شده است. دقت این اندازه گیری چند سانتی متر مکعب است؟

۶۵. پیمانه‌ای در اختیار داریم. با استفاده از این پیمانه حجم مایع درون ظرف A را $۴۲L$ و حجم مایع درون ظرف B را $۵۶L$ گزارش کرده‌ایم. حجم این پیمانه بر حسب لیتر کدام یک از مقادیر زیر می‌تواند باشد؟

الف: ۳ ب: ۶ پ: ۷ ت: ۸

۶۶. دو پیمانه ۳ و ۷ لیتری در اختیار داریم. با استفاده از این پیمانه‌ها کدام یک از حجم‌های زیر را (برحسب لیتر) نمی‌توان به طور دقیق اندازه‌گیری کرد؟

الف: ۹ ب: ۱۰ پ: ۱۱ ت: ۱۷

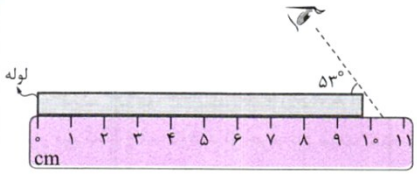
غول مرحله آخر!

۶۷. فرض کنید ساعت شما، عقربه‌ای است و آن را اکنون، به طور دقیق تنظیم کرده‌اید. اگر ساعت شما در هر ماه ۱ ثانیه عقب بماند. پس از چند سال دوباره زمان درست را نشان می‌دهد؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۶۸. مطابق شـکل مقابل، شـخصـی طول یک لوله را اندازه‌گیری می‌کند. اگر شخص طول لوله را ۵ درصد بیشتر از مقدار واقعی آن اندازه‌گیری کند. طول لوله چند برابر ضخامت آن است؟ ($\sin ۵۳^\circ = ۰/۸$)



یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

چگالی

نسبت جرم به حجم یک جسم را **چگالی** می‌گوییم و آن را با ρ (بخوانید "رو") نشان می‌دهیم. و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

در این رابطه m جرم جسم بر حسب kg کیلوگرم و V حجم جسم بر حسب m^3 مترمکعب می‌باشد.

چگالی برخی مواد متداول			
ماده	ρ (kg/m^3)	ماده	ρ (kg/m^3)
یخ	$0/917 \times 10^3$	آب	$1/00 \times 10^3$
آلومینیم	$2/70 \times 10^3$	گلیسیرین	$1/26 \times 10^3$
آهن	$7/86 \times 10^3$	اتیل الکل	$0/806 \times 10^3$
مس	$8/92 \times 10^3$	بنزن	$0/879 \times 10^3$
نقره	$10/5 \times 10^3$	جیوه	$13/6 \times 10^3$
سرب	$11/3 \times 10^3$	هوا	$1/29$
اورانیم	$19/1 \times 10^3$	هلیم	$1/79 \times 10^{-1}$
طلا	$19/3 \times 10^3$	اکسیژن	$1/43$
پلاتین	$21/4 \times 10^3$	هیدروژن	$8/99 \times 10^{-2}$

داده‌های این جدول در دمای صفر درجه ($0^\circ C$) سلسیوس و فشار یک اتمسفر اندازه‌گیری و گزارش شده‌اند.

توجه!

- **چگالی کمیتی نپرده‌ای بوده و یکای آن در SI کیلوگرم بر متر مکعب (kg/m^3) می‌باشد. از یکاهای دیگر چگالی می‌توان یکاهای گرم بر سانتی‌متر مکعب (g/cm^3)، کیلوگرم بر لیتر (kg/L)، گرم بر لیتر (g/L) را نام برد.**

نکته

- **یکای کیلوگرم بر متر مکعب (kg/m^3) با یکای گرم بر لیتر (g/L) برابر است. ($kg/m^3 = g/L$)**
- **یکای گرم بر سانتی‌متر مکعب (g/cm^3) با یکای کیلوگرم بر لیتر (kg/L) برابر است. ($g/cm^3 = kg/L$)**
- **رابطه زیر بین یکاهای چگالی برقرار است:**

$$kg/m^3 = g/L \underset{\times 10^3}{\overset{\times 10^{-3}}{\rightleftarrows}} g/cm^3 = kg/L$$

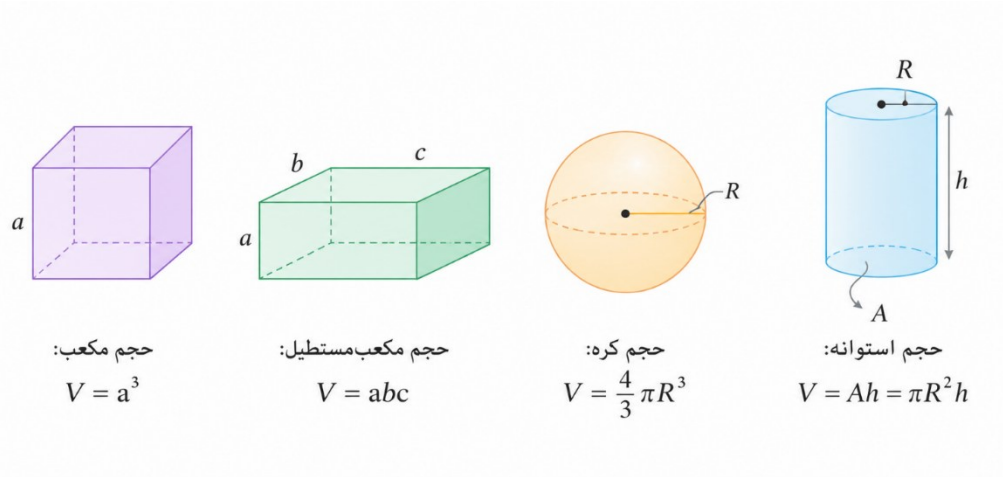
- **چگالی یک ماده در دما و فشار ثابت، مقدار ثابتی است و به جرم و حجم آن بستگی ندارد و فقط به جنس ماده وابسته است. مثلا چگالی دو کیلوگرم آب و یک کیلوگرم آب با هم یکسان ($1000\ kg/m^3$) است.**

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

حجم جسم‌هایی با شکل هندسی خاص:

برای محاسبه چگالی اجسام به حجم آن‌ها نیازمندیم ، روابط حجم برخی از شکل‌های هندسی مهم را در شکل زیر مشاهده می‌کنید:

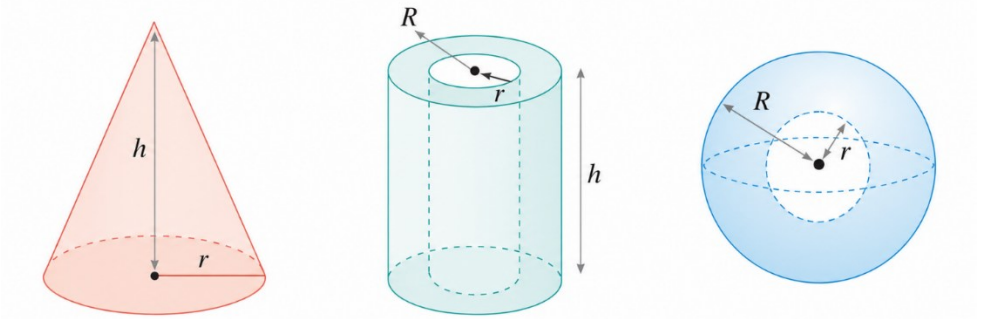


حجم مکعب:
$V = a^3$

حجم مکعب‌مستطیل:
$V = abc$

حجم کره:
$V = \frac{4}{3}\pi R^3$

حجم استوانه:
$V = Ah = \pi R^2 h$

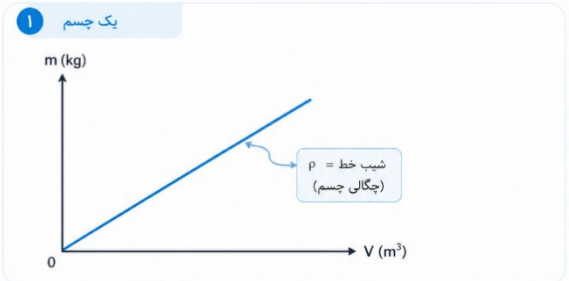


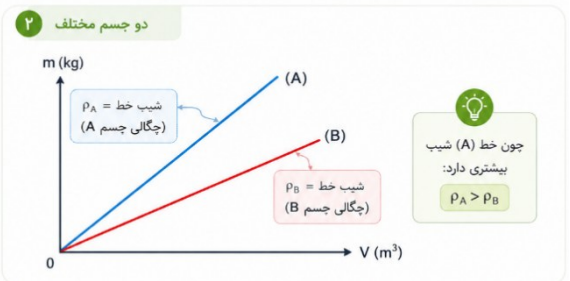
حجم مخروط:
$V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$

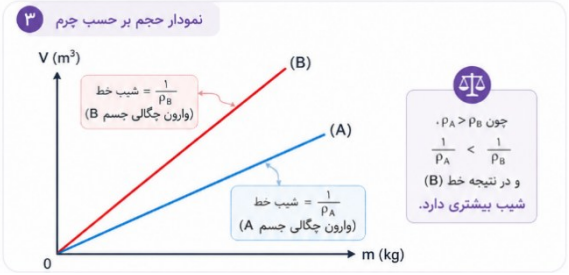
حجم پوسته استوانه‌ای:
$V = \pi (R^2 - r^2) h$

حجم پوسته کره:
$V = \frac{4}{3}\pi (R^3 - r^3)$

نمودار جرم جسم بر حسب حجم آن، خط راستی با شیب ثابت است که امتداد آن از مبدا مختصات عبور می‌کند. شیب این خط برابر چگالی جسم است.



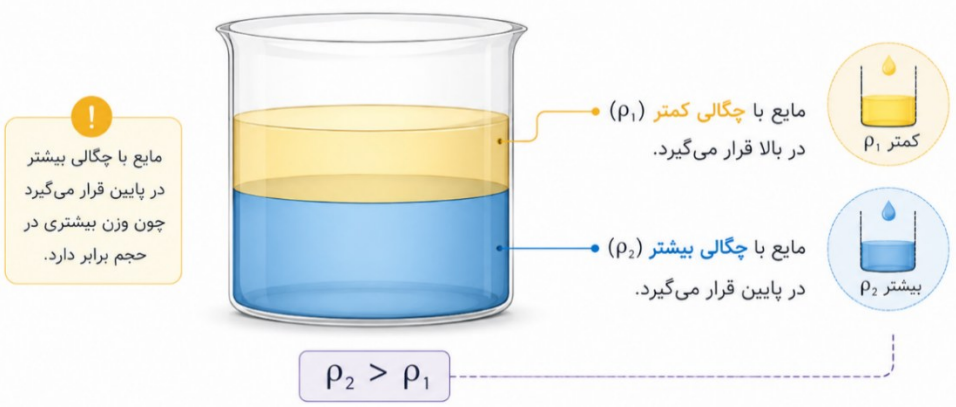




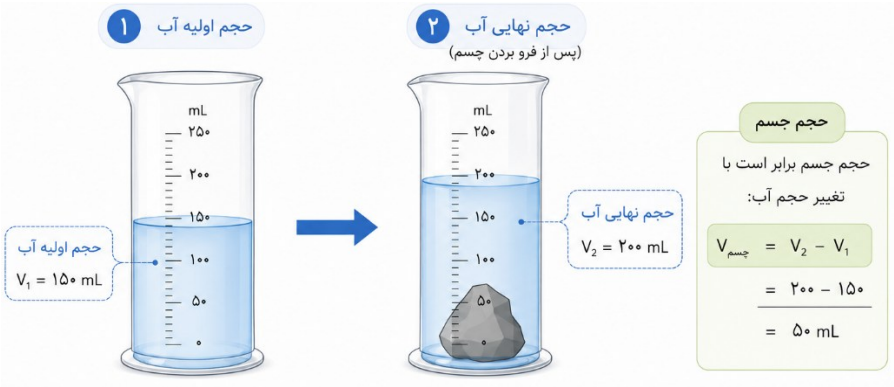
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

اگر دو مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های متفاوت را درون ظرفی بریزیم، مایعی که چگالی بیشتری دارد در پایین و دیگری روی آن قرار می‌گیرد.



اگر جسمی شکل هندسی مشخصی نداشته باشد ، می‌توانیم آن را داخل آب فرو ببریم، تغییر حجمی که آب پیدا می‌کند، حجم جسم را مشخص می‌کند.



اگر از شما نسبت چگالی دو ماده را بخواهند، یعنی بپرسند چگالی ρ_2 چند برابر چگالی ρ_1 است. می‌توانید از رابطه زیر استفاده کنید:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{v_1}{v_2}$$

چگالی مخلوط یا آلیاژ:

اگر دو یا چند ماده را با هم مخلوط کنیم، به شرط آنکه مجموع حجم‌های اولیه با حجم نهایی مخلوط یکسان باشد، از رابطه زیر می‌توانیم چگالی مخلوط را بدست آوریم:

$$\rho_{مخلوط} = \frac{m_{کل}}{V_{کل}} \rightarrow \rho_{مخلوط} = \frac{m_1 + m_2 + \cdots}{V_1 + V_2 + \cdots}$$

(در این رابطه m جرم و V حجم می‌باشد)

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

- اگر جرم و چگالی مواد را بدهند و **حجم** داده نشود چگالی مخلوط از رابطه $\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1+m_2+\cdots}{\frac{m_1}{\rho_1}+\frac{m_2}{\rho_2}+\cdots}$ بدست می‌آید.
- اگر حجم و چگالی مواد را بدهند و **جرم** داده نشود چگالی مخلوط از رابطه $\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_1 v_1+\rho_2 v_2+\cdots}{V_1+V_2+\cdots}$ بدست می‌آید.

تمرین و حل مسئله:



دست گرمی...

۶۹. چگالی بنزین $۶/۸۰ \times ۱۰^۲ \ kg/m^۳$ است. توضیح دهید چرا آب مایع مناسبی برای خاموش کردن بنزین شعله‌ور نیست؟

۷۰. فلز اسمیم (با چگالی $۲۲/۵ \times ۱۰^۳ \ kg/m^۳$) یکی از چگال‌ترین مواد یافت شده روی زمین است. جرم قطعه‌ای از این ماده به حجم $۲۰ cm^۳$ ، چند کیلوگرم است؟

۷۱. حجم خون در گردش یک فرد بالغ با توجه به جرمش ، می‌تولند بین $۴/۷ \ L$ تا $۵/۵ \ L$ باشد. جرم $۴/۷ \ L$ خون چند کیلوگرم است؟ (چگالی خون را $۱/۰۵ \ g/cm^۳$)

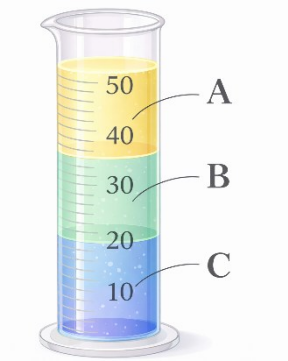
۷۲. به طور تقریبی جرم هوای درون کلاستان را محاسبه کنید.

۷۳. اگر پرتقالی را درون ظرف محتوی آب بیندازیم پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟ اگر پرتقال بدون پوست را داخل ظرف آب بیندازیم چه اتفاقی می‌افتد؟

۷۴. آیا سنگین بودن جسمی دلیل بر فرو رفتن آن در آب است؟ توضیح دهید.

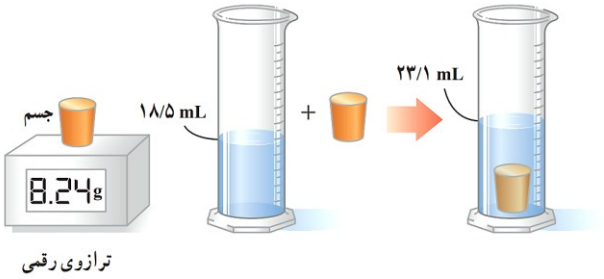
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



۷۵. سه مایع مخلوط نشدنی A، B، و C که چگالی‌های متفاوتی دارند درون استوانه‌ای شیشه‌ای ریخته شده اند. این سه مایع عبارتند از جیوه (با چگالی $۱۳/۶ \times ۱۰^۳ \ kg/m^۳$) ، روغن زیتون ($۹/۲۰ \times ۱۰^۲ \ kg/m^۳$) و آب ($۱/۰۰ \times ۱۰^۳ \ kg/m^۳$). جنس هر یک از مایع‌های A، B، و C درون استوانه را مشخص کنید.

۷۶. برای تعیین چگالی یک جسم جامد، ابتدا جرم و حجم آن را مطابق شکل زیر پیدا کرده ایم. با توجه به داده‌های روی شکل، چگالی جسم را برحسب $g/cm^۳$ و g/L حساب کنید.



۷۷. ابعاد یک سالن $۸\ m \times ۵\ m \times ۴\ m$ است. اگر چگالی هوا $۱/۲ \ \frac{g}{L}$ باشد، جرم هوای داخل سالن، برحسب کیلوگرم، چقدر است؟

۷۸. چگالی دو کیلوگرم آهن بیشتر است یا یک کیلوگرم آهن؟ (شرایط دمایی ثابت است.)

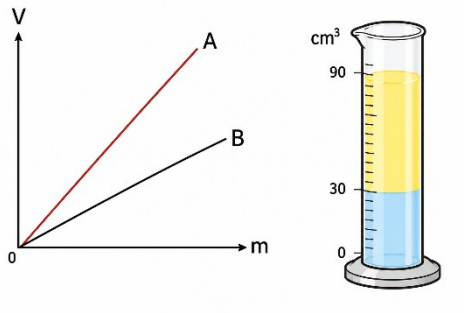
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

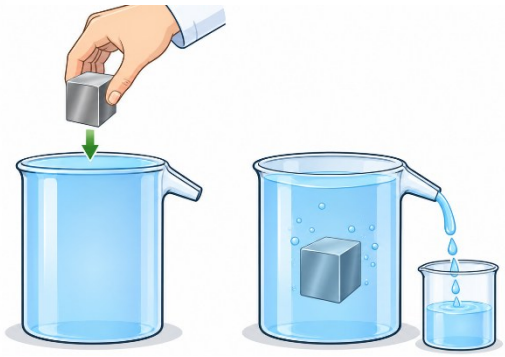
۷۹. در یک مکعب آهنی که ظاهراً بی عیب و نقص است، حفره‌ای وجود دارد. طول هر ضلع این مکعب $5\ cm$ و جرم آن برابر با ۹۰۰ گرم است. حجم حفره تقریباً چقدر است؟ (چگالی آهن را $7/8\ g/cm^3$ در نظر بگیرید)

۸۰. یک جواهرساز در ساختن یک قطعهٔ زینتی، همراه با طلا مقداری نقره نیز به کار برده است. اگر حجم قطعه $10\ cm^3$ و چگالی آن $13/6\ \frac{g}{cm^3}$ و چگالی طلا و نقره $19\ \frac{g}{cm^3}$ و $10\ \frac{g}{cm^3}$ باشد، چند درصد از حجم قطعه، نقره است؟

۸۱. شکل مقابل نمودار تغییرات حجم برحسب جرم دو مایع مخلوط نشدنی A و B را که در درون استوانه مدرجی ریخته شده‌اند. نشان می‌دهد. اگر شیب خط A، $\frac{3}{2}$ برابر شیب خط B باشد، نسبت $\frac{m_A}{m_B}$ چقدر است؟



۸۲. یک قطعه فلزی که چگالی آن $7/8\ \frac{g}{cm^3}$ است را کاملاً در ظرف پر از الکل به چگالی $800\ \frac{kg}{m^3}$ وارد می‌کنیم و به اندازهٔ $240\ g$، الکل از ظرف بیرون می‌ریزد. جرم قطعه فلز چند گرم است؟

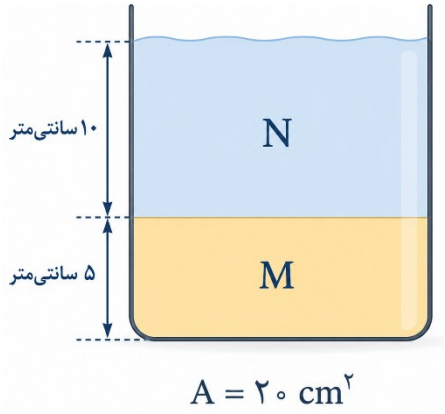


Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

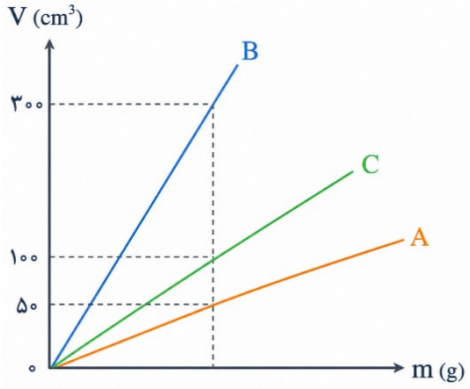
غول مرحله آخر!

۸۳. در شکل مقابل، چگالی مایع M ، $\frac{۴}{۳}$ برابر چگالی مایع N است. اگر جرم مایع N ، ۵۰g بیشتر از جرم مایع M باشد، چند گرم از مایع M حجمی برابر ۰/۵ L دارد؟



۸۴. استوانه‌ای توپر به شعاع قاعده R را ذوب می‌کنیم. از نصف جرم حاصل، کره‌ای به شعاع $\frac{۳R}{۲}$ و از نصف دیگر آن ۴ مکعب هم اندازه می‌سازیم. ارتفاع استوانه و ضلع هر یک از مکعب‌ها چند R است؟ ($\pi = ۳$)

۸۵. شکل مقابل، نمودار حجم مایع‌های A و B و مخلوط آن‌ها C بر حسب جرم آن‌هاست. اگر بر اثر مخلوط کردن دو مایع A و B، حجم مجموع آن‌ها ۲۰ درصد کاهش یافته باشد، در مخلوط حاصل نسبت جرم مایع A به جرم مایع B کدام است؟



الف: ۲ ب: $\frac{۷}{۳}$ پ: ۳ ت: $\frac{۱۰}{۳}$

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

فصل دوم :

ویژگی های فیزیکی مواد



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

حالت های ماده

ماده:

به هر چیزی که فضا را اشغال می‌کند (یعنی حجم دارد)، ماده می‌گوییم.

- **مواد از ذرات ریزی به نام اتم و مولکول (و گاهاً از یون) تشکیل شده‌اند.**

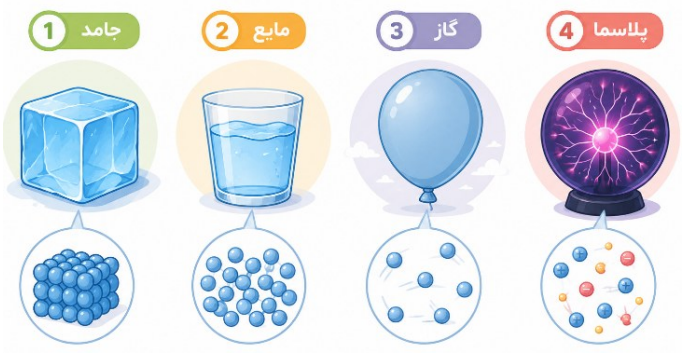
اندازه اجزای سازنده مواد: اندازه اتم‌ها حدود یک تا چند آنگستروم ($\dot{A}$ (*Angstrom*)) است و اندازه مولکول‌ها به این بستگی دارد که از چند اتم ساخته شده باشند، اندازه برخی از درشت مولکول‌ها مانند ، بَسپارها (یا همان پلیمرها) می‌تواند تا ۱۰۰۰ آنگستروم نیز باشند.

- **یک آنگستروم یکای طول و معادل $10^{-10}m$ است.** ($1\dot{A} = 10^{-10}m$)

حالت (فاز) ماده: ذره‌های سازنده مواد همواره در حرکت‌اند و به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند.

- **حالت ماده به چگونگی حرکت این ذره‌ها و اندازه نیروی بین آن‌ها بستگی دارد.**

انواع حالت‌های ماده: معمولا ماده در طبیعت به چهار حالت وجود دارد:



۱.جامد

۲.مایع

۳.گاز

۴.پلاسما

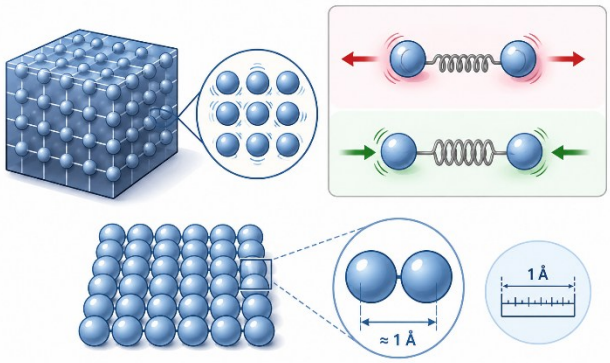
چالش برای کارآگاهان فیزیک:

آیا به جز این چهار حالت ماده ، حالت دیگری هم وجود دارد؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

ویژگی‌های حالت جامد:



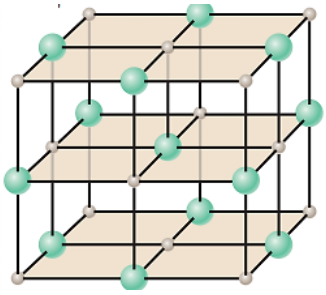
نوع حرکت ذرات سازنده: در مکان‌های معینی نسبت به هم قرار دارند، و در همان مکان نوسان‌های بسیار کوچکی انجام می‌دهند.

نیروی بین ذرات سازنده: نیروهای الکتریکی بین ذرات سازنده جامد، مانند یک **فنر** عمل می‌کنند و اگر ذرات به هم نزدیک شوند نیروی دافعه سبب می‌شود تا ذرات به هم برخورد نکنند و اگر ذرات بخواهند از هم دور بشوند نیروی جاذبه ایجاد می‌شود و مانع از هم گسستن ذرات می‌شود.

فاصله بین ذرات سازنده: فاصله ذرات سازنده جامد بسیار کم و در حدود $1\dot{A}$ است.

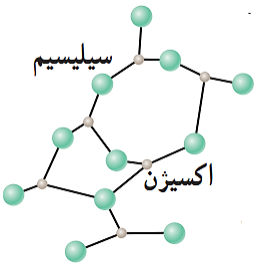
انواع جامد: مواد جامد به دو دسته تقسیم می شوند:

۱. جامد بلورین ۲. جامد بی‌شکل (آمورف)



جامد بلورین: ذره‌های سازنده برخی از جامدها، در شکل‌های هندسی منظم تکرار شونده سه‌بعدی قرار می‌گیرند، به این جامدها **"جامد بلورین"** گفته می‌شود.

- **فلزها ، نمک‌ها، الماس، یخ و بیشتر مواد معدنی جزو جامدهای بلورین هستند.**
- **وقتی مایعی به آهستگی سرد شود اغلب فرصت کافی ایجاد می‌شود تا ذرات ماده در طرح‌های منظم خود قرار بگیرند.**



جامد بی‌شکل (آمورف): در برخی دیگر از جامدها، ذرات سازنده ، در طرح‌هایی منظم قرار نمی‌گیرند و نمی‌توانیم یک الگوی تکرار شونده در آن‌ها یافت. به این نوع جامدها **"جامد بی‌شکل یا آمورف"** می‌گویند.

- **شیشه یک جامد بی‌شکل است. (شکل مقابل ساختار شیشه می‌باشد)**
- **پلاستیک ، لاستیک ، قیر و موم هم جزو جامدهای بی‌شکل هستند.**
- **اگر یک مایع را به سرعت سرد و منجمد سازیم، ذرات سازنده اش فرصت کافی برای منظم شدن پیدا نمی‌کنند و جامد بی‌شکل پدید می‌آید.**

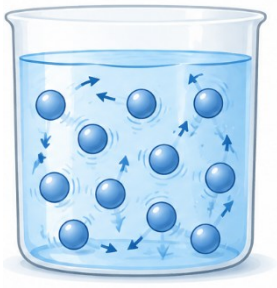
نکته

- **اگر یک فلز را بسیار سریع سرد کنند (مثلاً در حد میلیون‌ها درجه بر ثانیه)، اتم‌ها فرصت تشکیل شبکه بلوری را پیدا نمی‌کنند و ماده‌ای به نام فلز شیشه‌ای (Metallic Glass) یا فلز آمورف به دست می‌آید. این مواد بی‌شکل هستند، اما در طبیعت بسیار نادرند و بیشتر به‌صورت مصنوعی تولید می‌شوند.**

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

ویژگی‌های حالت مایع:



نوع حرکت ذرات سازنده: در فواصل نزدیک به هم به طور نامنظم حرکت می‌کنند.

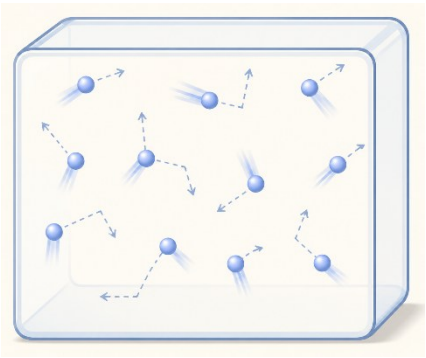
نیروی بین ذرات سازنده: نیروهای الکتریکی بین ذرات سازنده مایعات همانند جامدات عمل می‌کند.

فاصله بین ذرات سازنده: فاصله بین ذرات سازنده جامد و مایع تقریبا یکسان و در حدود یک آنگستروم $1\dot{A}$ می‌باشد.

نکته

- **مایعات تراکم ناپذیر هستند. چرا؟**

ویژگی‌های حالت گاز:



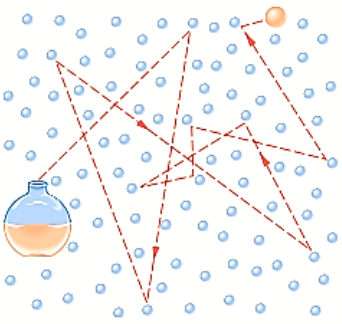
نوع حرکت ذرات سازنده: در فواصل دور از هم به طور کاتوره‌ای (نامنظم و غیر قابل پیش‌بینی) حرکت می‌کنند.

نیروی بین ذرات سازنده: به دلیل فاصله دور از هم ذرات در حالت گاز، نیروی چندانی به یکدیگر وارد نمی‌کنند.

نکته

- **اندازه مولکول‌های هوا در حدود ۱ الی ۳ آنگستروم و فاصله بین مولکول‌ها در حدود ۳۵ آنگستروم است.**
- **گازها بر خلاف مایعات تراکم پذیر هستند.**

پدیده پخش در مایعات و گازها:



ذرات سازنده مایعات و گازها همواره در حال حرکت نامنظم و کاتوره‌ای هستند. برخورد پی‌درپی این ذرات با ذرات یک ماده دیگر، باعث می‌شود آن ماده به تدریج در سراسر محیط پخش شود. به این فرایند، **پدیده پخش** گفته می‌شود.

مثال

- **اگر مقداری نمک را در یک لیوان آب بریزیم، پس از مدتی آب شور می‌شود. همچنین اگر چند قطره جوهر را به آب اضافه کنیم یا درِ یک عطر را در اتاق باز کنیم، ذرات جوهر در آب و مولکول‌های عطر در هوا، به تدریج در تمام محیط پخش می‌شوند. علت این پدیده، حرکت نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های آب یا هوا و برخورد آن‌ها با ذرات نمک، جوهر یا مولکول‌های عطر است.**

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

نکته

- **هرچه ذرات کمتری در مسیر حرکت ماده پخش شونده قرار بگیرند، آن ماده با تندی بیشتری در آن محیط بخش می‌شود. فاصلهٔ مولکول ها در گازها بیشتر از فاصلهٔ آن‌ها در مایع‌هاست. به همین دلیل، فرایند پخش در گازها سریع‌تر از مایع‌هاست.**
- **هرچه دمای محیط بیشتر باشد، جنبش مولکول‌ها و تعداد برخوردهای مولکول‌های محیط با ذرات ماده پخش شونده بیشتر می‌شود و پدیدهٔ بخش، سریع‌تر اتفاق می‌افتد.**



پلاسما: قسمت عمده‌ای از جهان قابل مشاهده ، از **پلاسما** تشکیل شده است، خورشید ، ستارگان و بیشتر فضای بین ستاره‌ای ، آذرخش ، شفق‌های قطبی و شعله‌های آتش از جنس پلاسما هستند.

(توضیحات ساختار حالت پلاسما خارج از برنامه درسی بوده و فقط به همین مثال‌ها بسنده می‌کنیم)

Telegram: @konkur_in

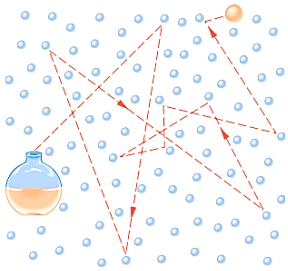
www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۱. یک سرنگ، را بکشید تا پر از هوا شود. انگشت خود را محکم روی دهانه خروجی سرنگ قرار دهید و پیستون را فشار دهید تا هوای درون آن متراکم شود. هوای درون سرنگ را خالی کرده آن را از آب پر کنید. و سپس آزمایش را دوباره تکرار کنید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای برای تراکم پذیری گازها و مایع‌ها می‌گیرید؟

۲. وقتی در شیشه‌ای عطری را در گوشه‌ای از اتاق باز می‌کنید، پس از چند ثانیه ذرات عطر در همه جای اتاق پخش و بوی آن حس می‌شود. با توجه به شکل روبه رو این پدیده را چگونه توجه می‌کنید؟



۳. هوای اطراف کره زمین ، آمیزه‌ای از نیتروژن ، اکسیژن ، کربن دی اکسید، بخار آب و مقدار کمی گازهای بی‌اثر (کریپتون، نئون و هلیم) است. این مولکول‌ها به طور کاتوره‌ای و با تندی زیاد همواره در حرکت‌اند. برخورد مولکول‌های هوا به یکدیگر سبب پخش آن‌ها می‌شود. اهمیت این پدیده را برای حیات روی کره زمین توضیح دهید.

۴. درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید:

الف: چگونگی حرکت ذره‌های سازنده مواد و اندازه نیروی بین آن‌ها به ابعاد ذرات بستگی دارد.

ب: حالت چهارم ماده را پلاسما می‌نامیم.

پ: فاصله ذرات جامد و مایع تقریبا یکسان و در حدود یک آنگستروم است.

۵. جاهای خالی را با کلمه مناسب کامل کنید.

الف: مواد از ذره‌های ریزی به نام اتم ، ..... و یا ..... تشکیل شده‌اند.

ب: بیشترین فضای بین ستاره‌ای از ..... تشکیل شده است.

پ: معمولا از سرد کردن سریع مایع ، جامد ..... ساخته می‌شود.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۶. کلمه مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

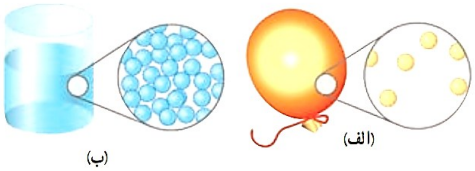
الف: ابعاد ذرات سازنده مواد معمولا از مرتبه (نانو – آنگستروم) است.

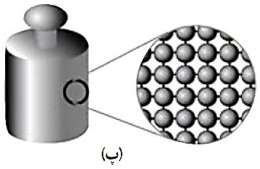
ب: اتم‌های جسم جامد را نیروهای عمدتا (گرانشی – الکتریکی) کنار یکدیگر نگه می‌دارند.

پ: فاصله اتم‌ها و مولکول‌های گاز حدود (۵ – ۳۵) آنگستروم است.

۷. چرا لاستیک اتومبیل‌ها پس از مدتی کم باد می شوند؟

۸. دریافت خود را از شکل‌های زیر بر اساس مفاهیمی که از سه حالت معمول ماده فرا گرفته‌اید بیان کنید.



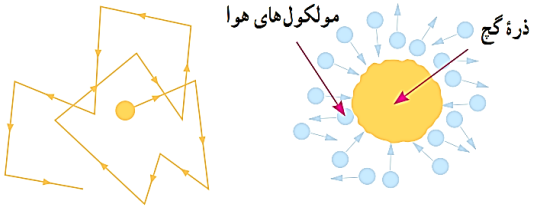


۹. توضیح دهید از سه حالت مختلف ماده در چه بخش‌هایی از یک دوچرخه و به چه دلیلی استفاده شده است؟



۱۰. هنگام پاک کردن تخته سیاه، ذرات گچ به طور نامنظم در هوای اطراف پراکنده شده و حرکت می‌کنند. این حرکت نامنظم ذرات گچ، مطابق شکل مقابل مدلسازی شده است.

الف: چه عاملی باعث حرکت نامنظم ذره‌های گچ می‌شود؟



ب: مولکول‌های هوا بسیار کوچک‌تر و و سبک‌تر از ذره‌های گچ هستند و توسط میکروسکوپ هم دیده نمی‌شوند. توضیح دهید: چگونه این تجربه ساده شاهدی بر وجود مولکول‌های هواست؟

۱۱. توضیح دهید چرا:

الف: پخش در گازها، سریع‌تر از مایع‌ها انجام می‌شود.

ب: یک بادکنک پر از باد، حتی اگر دهانه آن نیز کاملا بسته شده باشد، باز هم رفته‌رفته کم باد می‌شود.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۱۲. کدام عامل مایع‌ها را تقریباً تراکم ناپذیر می کند؟

الف: وجود پیوندهای یونی بین مولکولی
ب: نیروی جاذبه بین مولکول‌ها در فاصله های نزدیک
پ: نیروی رانشی بین مولکول‌ها در فاصله های خیلی نزدیک
ت: آزاد بودن مولکول‌های مایع در جابه جایی بین مولکولی

۱۳. هنگامی که در یک شیشه عطر را در اتاق باز می کنیم مولکولهای عطر در مسیر ..... در فضای اتاق حرکت می‌کنند و در اثر پدیده ..... ، بوی عطر به قسمتهای مختلف اتاق انتقال می یابد. به ترتیب از راست به چپ:

الف: خط راست - پخش
ب: خط شکسته – مویینگی
پ: خط راست - مویینگی
ت: خط شکسته - پخش

۱۴. کدام یک از عبارت‌های زیر نادرست است؟ (دو مورد)

الف: نداشتن شکل و حجم معین، ویژگی مشترک ماده در حالت مایع و گاز است.

ب: دلیل پخش ذرات جوهر در آب، حرکت‌های نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های جوهر است.

پ: فاصله ذرات سازنده مایع و جامد تقریبا یکسان و برابر یک آنگستروم است.

ت: پدیده پخش در گازها سریع‌تر از مایع‌ها رخ می‌دهد.

۱۵. از دیدگاه علم فیزیک در چه تعداد از موارد زیر، پدیده پخش اتفاق نمی‌افتد؟

الف: حل شدن شکر در آب
ب: خیس شدن کامل دستمال کاغذی که بخش کوچکی از آن در تماس با آب است.
پ: گسترده شدن آب بر سطح شیشه
ت: انتقال بوی عطر به محیط اطراف

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

نیروهای بین مولکولی

نیروهای بین مولکولی (هم‌چسبی – دگرچسبی):

بین مولکول‌های سازنده مواد، در فاصله‌های بسیار کم (در حدود چند آنگستروم)، نیروهایی وجود دارد که بر رفتار آن‌ها اثر می‌گذارد. این نیروها مانند یک **فنر** کوچک عمل می‌کنند؛ یعنی اگر مولکول‌ها بیش از اندازه به یکدیگر نزدیک شوند، نیروی **دافعه** بین آن‌ها ایجاد می‌شود و مانع نزدیک‌تر شدن آن‌ها می‌گردد. از طرف دیگر، اگر مولکول‌ها از فاصله تعادل خود دور شوند، نیروی **جاذبه**‌ای ایجاد می‌شود که آن‌ها را به سمت یکدیگر می‌کشد.

در واقع، وجود هم‌زمان نیروهای جاذبه و دافعه باعث می‌شود مولکول‌ها در فاصله‌ای مشخص از هم قرار بگیرند و ماده شکل خود را حفظ کند.

- **نیروهای جاذبه بین مولکول‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: نیروی هم‌چسبی و نیروی دگرچسبی.**

نیروی هم‌چسبی: نیروی جاذبه بین مولکول‌های **همسان** را نیروی هم‌چسبی می‌نامند. **مثلا** نیروی بین مولکول‌های آب، هم‌چسبی است.



عوامل موثر بر نیروی هم‌چسبی:

۱. دما: با افزایش دمای یک مایع، حرکت مولکول‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه نیروی جاذبه بین آن‌ها (نیروی هم‌چسبی) کاهش پیدا می‌کند.

۲. جنس ماده: جنس و نوع ماده تأثیر زیادی بر مقدار نیروی هم‌چسبی دارد. برای مثال، نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های جیوه بیشتر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است.

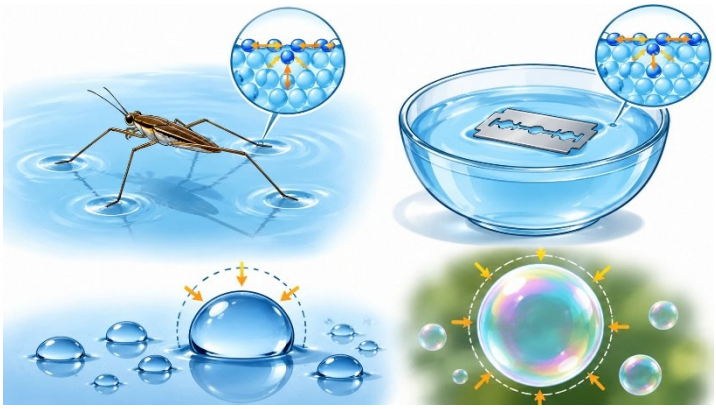
۳. ناخالصی: وجود ناخالصی در یک مایع، در بیشتر موارد باعث کاهش نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آن می‌شود.

کشش سطحی:

وجود نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های واقع بر سطح آزاد مایعاتی مانند آب، سبب می‌شود که این سطح، مانند یک پوسته تحت کشش رفتار کند و کشش سطحی روی دهد.

مثال

- **ایستادن حشرات بر سطح آب یا شناور بودن یک تیغ فلزی بر سطح آب و همچنین کروی بودن حباب صابون و قطره درحال سقوط به دلیل کشش سطحی می‌باشد.**



Telegram: @konkur_in

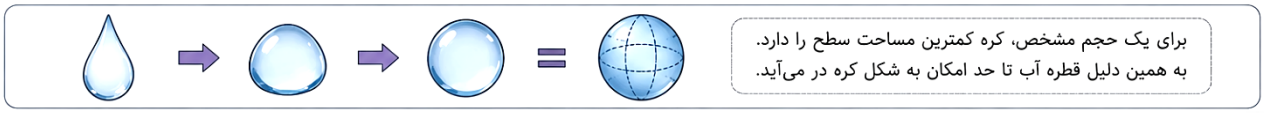
www.konkur.in

چالش برای کارآگاهان فیزیک:

به نظر شما اندازه کشش سطحی یک مایع به چه عواملی بستگی دارد؟



دلیل کروی بودن قطرات آب هنگام سقوط: هنگامی که قطره‌ای از آب آزادانه سقوط می‌کند، **کشش سطحی** باعث می‌شود سطح آن مانند یک **پوسته کشیده و انعطاف‌پذیر** رفتار کند. این پوسته همواره تمایل دارد **کمترین مساحت ممکن** را داشته باشد. از آنجا که **کره، در میان همه شکل‌ها، برای یک حجم مشخص کمترین مساحت سطح را دارد**، قطره آب تا حد امکان به شکل **کره** در می‌آید.



نیروی دگرچسبی: به نیروی جاذبه بین مولکول‌های دو ماده غیر همسان نیروی دگرچسبی می‌گویند.

عوامل موثر بر نیروی دگرچسبی:

۱. **دما:** هر چه‌قدر دما افزایش یابد نیروی دگرچسبی هم کاهش پیدا می‌کند.

۲. **جنس دو ماده:** جنس دو ماده تاثیر مستقیمی بر نیروی دگرچسبی دارد. به عنوان مثال دگرچسبی آب و شیشه بیشتر از دگرچسبی جیوه و شیشه است.

۳. **ناخالصی:** وجود ناخالصی (مثل صابون یا مایع ظرفشویی) دگرچسبی آب و سطوح مختلف را کاهش می‌دهد.

توجه!

- **نیروی‌های بین مولکولی کوتاه‌برد هستند، یعنی اگر فاصله بین ذرات سازنده کمی بیشتر شوند دیگر نیروی بین مولکولی وجود نخواهد داشت.**

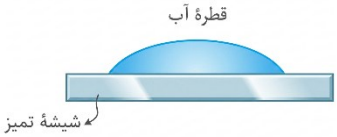
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تَر شوندگی: اگر مایعی در تماس با جامدی قرار بگیرد و دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد از هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع بیشتر باشد، مایع به جامد می‌چسبد که در این صورت می‌گوییم ، مایع جامد را تَر یا خیس می‌کند.

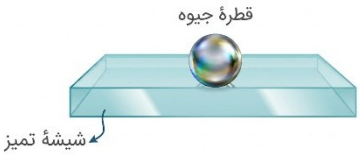
مثال

- **اگر قطره‌ای آب را روی سطح یک شیشه تمیز قرار دهیم، مشاهده می‌کنیم که آب روی سطح شیشه پخش می‌شود. دلیل این پدیده، بیشتر بودن نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و شیشه نسبت به نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است.**

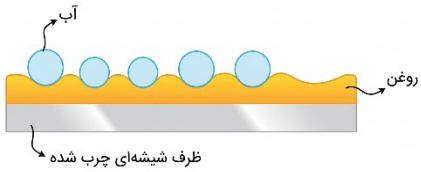


در این حالت، جاذبه بین آب و شیشه بر جاذبه بین مولکول‌های آب غلبه می‌کند و آب سطح شیشه را تَر می‌کند.

- **اگر یک قطره جیوه را روی یک شیشه تمیز قرار بدهیم، جیوه به دلیل نیروی هم‌چسبی زیاد به صورت کروی قرار می‌گیرد. در این حالت می‌گوییم جیوه شیشه را تَر (خیس) نکرده است.**



- **حال اگر شیشه چرب باشد یا دود روی شیشه قرار گیرد، به دلیل کم بودن دگرچسبی آب با این مواد، قطره آب روی آن به صورت کروی در می‌آید.**



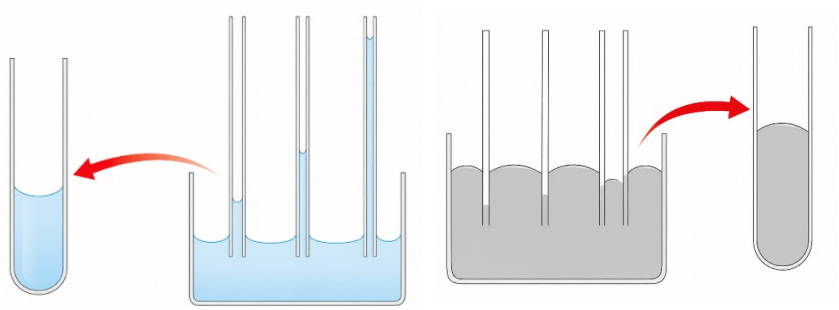
اثر مویینگی: بالا رفتن و یا پایین آمدن مایع داخل لوله‌های مویین را خاصیت مویینگی می‌گویند.

توجه!

- **لوله‌هایی که قطر داخلی آنها حدود یک دهم میلی‌متر باشد، معمولا لوله مویین (مو مانند) نامیده می شوند.**
- **اگر دگرچسبی مایع داخل لوله مویین بیشتر از هم‌چسبی مولکول‌های مایع باشد ، آنگاه مایع از لوله مویین بالا می‌رود.**
- **اگر دگرچسبی مایع داخل لوله مویین کمتر از هم‌چسبی مولکول‌های مایع باشد ، آنگاه مایع در لوله مویین پایین می‌رود.**

نکته

- **هر چه لوله مویین نازک‌تر باشد اثر مویینگی (بالا رفتن یا پایین آمدن مایع) بیشتر نمایان خواهد شد.**
- **اگر مایع در لوله مویین بالا رود، سطح مایع فرو رفته (کاو) و اگر مایع در لوله پایین بیاید سطح مایع برآمده (کوژ) خواهد بود.**
- **جیوه در لوله مویین به پایین و آب به سمت بالا می‌رود:**



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

مثال

بالا رفتن آب از گیاهان ، نفوذ آب به دیوار ، یا خیس شدن حوله نمونه‌ای از مثال‌های خاصیت مویینگی می‌باشد.

تمرین و حل مسئله:



دست گرمی...

۱۶. درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید:

الف: هنگامی که فاصله مولکول‌ها چند برابر فاصله بین مولکولی شود، نیروی بین مولکولی به بیشترین مقدار خودش می‌رسد.

ب: به ازای حجم معینی، کره نسبت به هر شکل هندسی دیگری، بزرگ‌ترین مساحت سطح را دارد.

پ: هر چه دما کم شود، نیروی هم‌چسبی افزایش می‌یابد.

ت: نیروی دگرچسبی محلول آب و مایع ظرفشویی با شیشه از نیروی دگرچسبی آب با شیشه بیشتر است.

۱۷.در جمله‌های زیر جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید.

الف: وقتی سعی می‌کنیم، فاصله بین مولکول‌های مایع را کم کنیم، نیروی دافعه بزرگی بین آن‌ها ظاهر می‌شود که از ..... مایع جلوگیری می‌کند.

ب: نیروی ..... ، جاذبه بین مولکول‌های مشابه و ..... جاذبه بین مولکول‌های نامشابه است.

پ: لوله‌هایی که قطر دهانه آن‌ها حدود ..... میلی‌متر باشد، معمولا لوله مویین نامیده می‌شوند.

ت: برای جلوگیری از تراوش آب به دیوارهای بتونی، این دیوارها را معمولا با مواد ..... می‌پوشانند.

۱۸. کلمه مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف: کشش سطحی ناشی از نیروی (دگرچسبی- هم‌چسبی) مولکول‌های سطح مایع است.

ب: اگر نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد بیشتر باشد، می‌گوییم مایع جامد را تَر (می‌کند – نمی‌کند).

پ: جیوه سطح داخلی لوله مویین شیشه‌ای تمیز را خیس (می‌کند – نمی‌کند) و در نتیجه سطح جیوه در لوله (پایین‌تر – بالاتر) از سطح جیوه درون ظرف قرار می‌گیرد.

۱۹. نیروی هم‌چسبی را تعریف کنید.

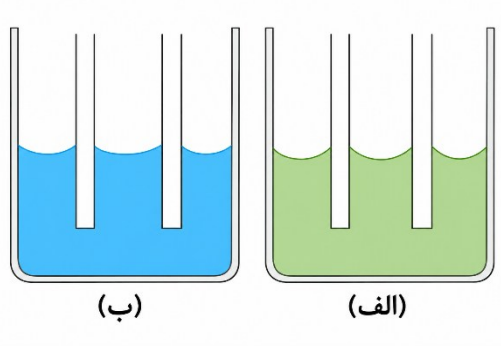
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

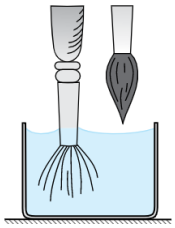
۲۰. کوتاه‌برد بودن نیروی بین مولکولی به چه معناست؟

۲۱. چرا قطره‌هایی که آزادانه سقوط می‌کنند، کروی‌اند؟

۲۲. نحوه قرار گرفتن سطح و ارتفاع مایع را در لوله‌های مویین شکل مقابل مشخص کنید:



۲۳. وقتی قلمو را از آب بیرون می‌کشیم، موهای آن مطابق شکل روبه‌رو به هم می‌چسبند. چرا این اتفاق رخ می‌دهد؟



۲۴. چرا وقتی در بیابان باد ضعیف می‌تواند به راحتی توفان شن ایجاد کند ولی توفان‌های شدید در دریاها فقط مقدار بسیار اندکی از ذره‌های آب را می‌تواند از سطح دریا جدا کند؟

۲۵. چرا وقتی شیشه می‌شکند با نزدیک کردن قطعه‌های آن به هم نمی‌توان اجزای شیشه را دوباره به هم چسباند؛ اما وقتی قطعه‌های شیشه را مقداری گرم کنیم و نرم شوند می‌توان آن‌ها را به هم چسباند؟

۲۶. شکل روبرو خروج قطره‌های روغن با دمای متفاوت را از دهانه دو قطره چکان نشان می‌دهد.



الف: توضیح دهید در کدام شکل دمای قطره‌های روغن کمتر است؟

ب: افزایش دما چه تاثیری بر نیروی هم‌چسبی مولکول‌های یک مایع می‌گذارد؟

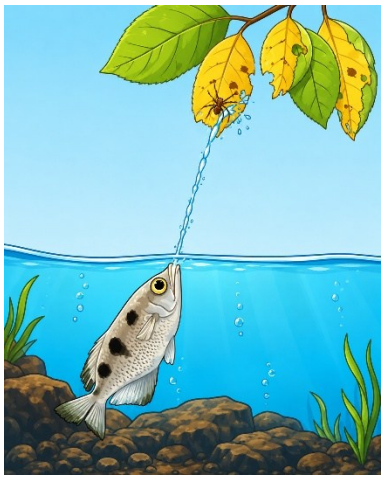
پ: چرا هنگام شستن ظروف، افزون بر استفاده از مایع ظرفشویی، ترجیح می‌دهیم از آب گرم نیز استفاده کنیم؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۲۷. آیا جیوه همواره بر روی سطح جامد به شکل قطره‌های کروی در می‌آید؟

۲۸. پس از حمام کردن، بدن و موی خود را با حوله خشک می‌کنیم. توضیح دهید چرا از حوله استفاده می‌کنیم؟



۲۹. نوعی ماهی به نام ماهی کمانگیر با جمع کردن آب در دهان خود و پرتاب آن به سوی حشراتی که در بیرون از آب، روی گیاهان نشسته‌اند، آنها را شکار می‌کند و می‌خورد. هدف‌گیری آنها به اندازه‌ای دقیق است که معمولا در این کار اشتباه نمی‌کنند. کدام ویژگی فیزیکی آب این امکان را به ماهی کمانگیر برای شکار می‌دهد؟

۳۰. قیرگونی کردن دیوارهای داخل یا خارج ساختمان و پشت بام برای مقابله با کدام پدیدهٔ فیزیکی زیر انجام می‌شود؟

۱) مویینگی
۲) کشش سطحی
۳) پخش
۴) هم چسبی

ارتقاء سطح...

۳۱. یک تیغ فولادی از پهنا می تواند روی آب شناور شود؛ زیرا ..... .

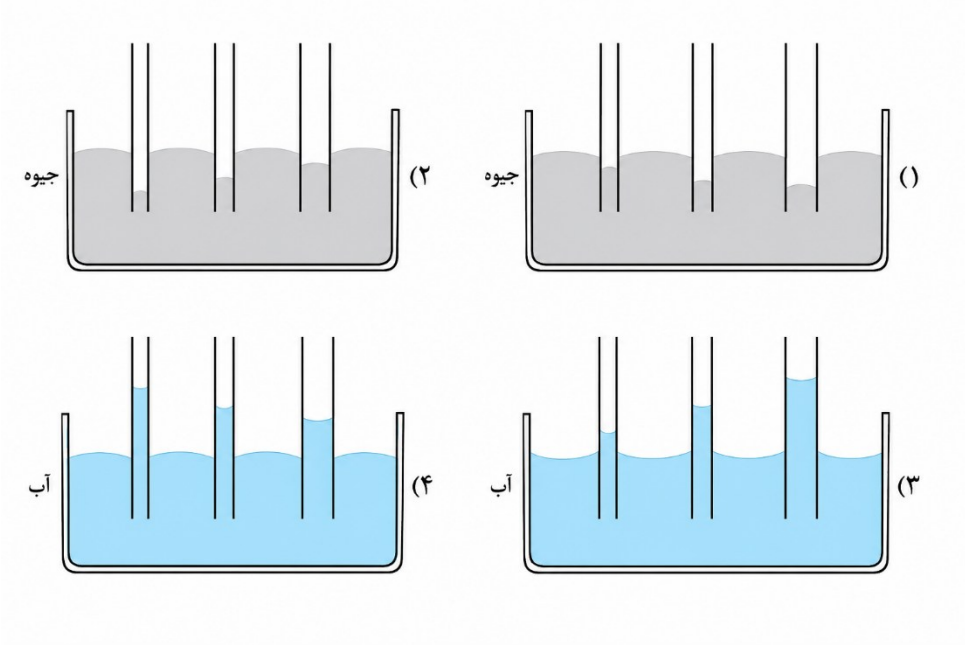
الف: حجم تیغ بسیار کم است　　ب: جرم تیغ بسیار کم است

پ: چگالی تیغ کمتر از چگالی آب است　　ت: در سطح آب کشش سطحی وجود دارد

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۳۲. کدام یک از شکلهای زیر خاصیت مویینگی در لوله های شیشه ای را درست نشان داده است؟



۳۳. دلیل ایجاد کدام پدیده زیر با بقیه پدیده‌ها فرق دارد؟

الف: نشستن حشره روی سطح آب　　ب: تشکیل حباب‌های آب و صابون

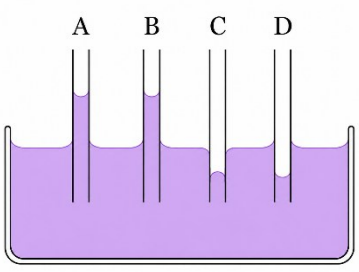
پ: ایجاد قطره‌های کروی آب در حین سقوط　　ت: بالا رفتن آب در لوله شیشه‌ای بسیار نازک

غول مرحله آخر!

۳۴. یک قطره آب با حجم معین که سقوط آزاد میکند به شکل کره است. اگر این قطره به شکل مکعب بود، مساحت سطح خارجی اش چند برابر می‌شد؟

الف: ۲　　ب: $۲^{\frac{۱}{۲}}$　　پ: $۲^{\frac{۱}{۳}}$　　ت: $\frac{۱}{۲}$

۳۵. تعداد لوله مویین شیشه‌ای را که دیواره‌های (داخلی یا خارجی) آن‌ها می‌توانند تمیز یا چرب شده باشند، درون ظرف محتوی آب فرو می‌بریم. به ترتیب دیواره‌های داخلی و خارجی کدام لوله چرب شده است و کدم لوله فقط دیواره خارجی آن چرب شده است؟



الف: A,C　　ب: B,C　　پ: A,D　　ت: B,D

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۳۶. یک لوله مویین شیشه‌ای تمیز و استوانه‌ای با قطر مقطع $۰/۲\,mm$ را درون ظرف محتوی آب قرار می‌دهیم. اگر اختلاف ارتفاع سطح آب درون لوله و درون ظرف به $۱۰cm$ برسد. بزرگی نیروی خالص دگرچسبی بین مولکول‌های آب و شیشه چند نیوتون است؟ $(\pi = ۳\ ,\ \rho_{آب} = ۱\,g/cm^۳\ \ ,\ \ g = ۱۰\,N/kg)$

یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

فشار و فشار در جامد ها

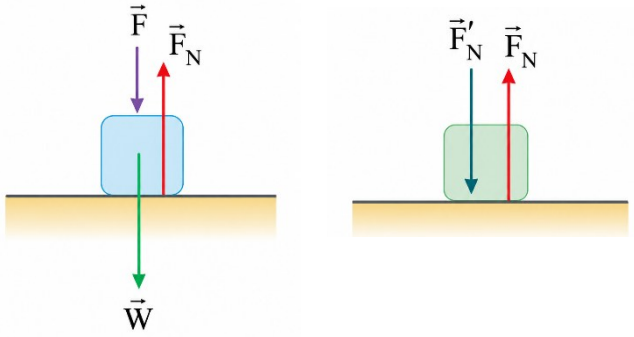
فشار (P): نسبت نیروی عمودی وارد بر سطح F ، به مساحت آن سطح A را فشار وارد بر آن می‌نامند و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P = \frac{F_{\text{عمودی}}}{A}$$

- **فشار کمیتی نرده‌ای بوده و یکای آن نیوتون بر متر مربع (N/m^2) می‌باشد که به آن پاسکال (Pa) می‌گوییم.**

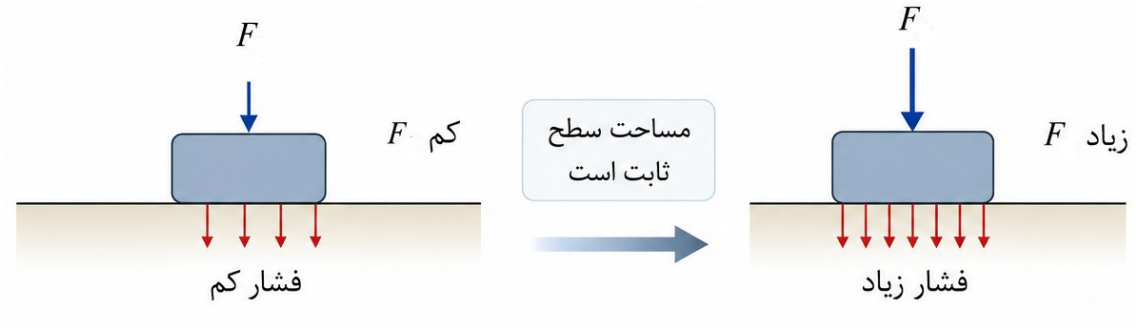
فشار جسم جامد:

برای محاسبه فشار حاصل از جامدات، ابتدا نیروهای وارد بر جسم را مشخص می‌کنیم سپس نیروی عمودی سطح را محاسبه کرده و در نهایت با استفاده از رابطه $P = \frac{F}{A}$ فشار وارد بر سطح از طرف جسم را بدست می‌آوریم.

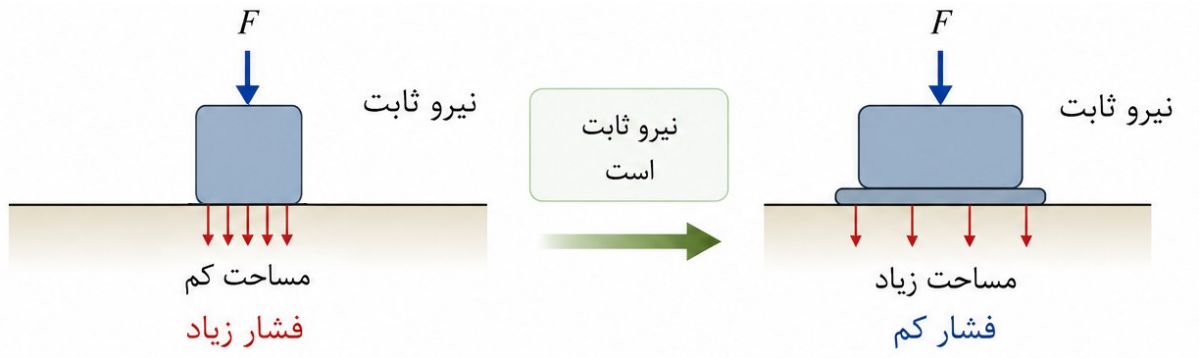


نکته

- **هر چه نیروی عمودی وارد بر سطح بیشتر شود فشار هم بر آن سطح بیشتر می شود و برعکس.**



- **هر چه مساحت سطحی که نیرو به آن وارد می‌شود بیشتر شود، فشار بر آن سطح کاهش می‌یابد و برعکس.**



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۳۷. درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کنید:

الف: فشار کمیتی برداری است.

ب: یک پاسکال معادل یک کیلوگرم بر متر مربع است.

پ: هر چه مساحت سطح بیشتر باشد، فشار کمتر خواهد شد.

ت: هر چه نیروی وارد بر سطح بیشتر باشد، فشار بیشتر خواهد شد.

۳۸. چرا پاشنه نوک‌تیز کفش به کف چوبی اتاق آسیب می‌زند؟

۳۹. جسمی به جرم یک کیلوگرم روی سطح افقی قرار دارد. اگر سطح تماس این جسم با زمین $۲۰m^۲$ باشد، فشار ناشی از جسم بر سطح زمین چه‌قدر است؟

۴۰. جرم فیل حدود $۴۰۰۰\ kg$ است. اگر فشاری که هر یک از پاهای فیل بر سطح زمین وارد می‌کند برابر $۱۰۰۰\ kpa$ باشد، اندازه مساحت کف هر یک از پاهای فیل چند سانتی‌متر مربع است؟



۴۱. یک مکعب مستطیل به ابعاد ۳ ، ۴ و ۵ سانتی‌متر و چگالی $۷۸۰۰\ kg/m^۳$ را روی یک میز افقی طوری قرار می‌دهیم که بیشترین فشار را وارد کند. این فشار چند پاسکال است؟

ارتقاء سطح...

۴۲. مخروط ناقصی مطابق شکل روی سطح افقی قرار دارد و شعاع قاعده بزرگ آن ۲ برابر شعاع قاعده کوچک است. اگر آن را روی قاعده بزرگ بگذاریم و بخواهیم فشار وارد بر سطح افقی تغییر نکند، وزنه‌ای چند برابر وزن مخروط باید روی آن قرار دهیم؟



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۴۳. فشار ۱۰ نیوتون بر سانتی متر مربع معادل چند کیلو پاسکال است؟

۴۴. یک استوانه توپر به ارتفاع ۴۰ سانتی متر از قاعده اش روی یک سطح افقی ساکن است. اگر چگالی استوانه ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب باشد، فشاری که به سطح افقی وارد میکند چند پاسکال است؟



غول مرحله آخر!

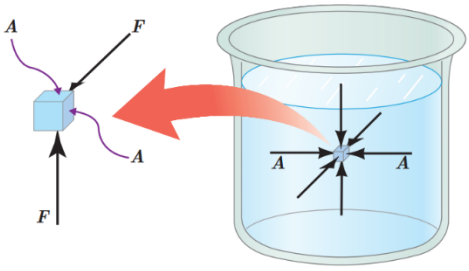
۴۵. ابعاد ظرف استوانه ای B دو برابر ابعاد ظرف استوانه ای A است. ظرف A را پر از آب می‌کنیم و هم جرم با آب در استوانه B ، جیوه می ریزیم. فشاری که آب بر کف ظرف A وارد می‌کند، چند برابر فشاری است که جیوه بر کف ظرف B وارد می کند؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۶\,\rho_{\text{آب}}$)

۴۶. مکعب توپری که طول هر ضلع آن a است، روی سطح افقی میزی قرار دارد. اگر مکعب توپر دیگری از همان جنس را که طول هر ضلع آن $\frac{a}{۲}$ است، روی مکعب اول قرار دهیم، فشار ناشی از مکعب‌ها که بر سطح میز وارد می‌شود، چند برابر می‌شود؟

Telegram: @konkur_in

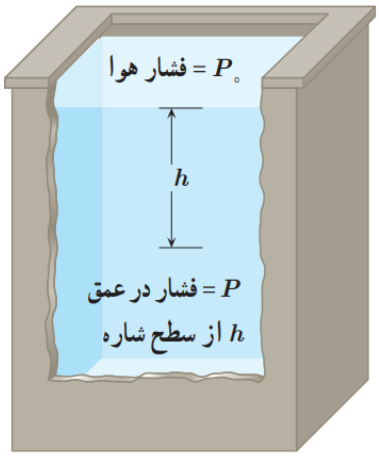
www.konkur.in

فشار شاره:



فشار شاره: هنگامی که شاره‌ای **ساکن** باشد، به هر سطحی که با آن در تماس باشد، نیروی **عمودی** وارد می‌کند. پس هر جسمی که داخل یک شاره باشد از طرف شاره بر جسم فشار وارد می‌شود.

- **توجه داشته باشید که شاره همان گاز و مایع می‌باشد.**
- **نیرویی که توسط شاره وارد می‌شود ناشی از برخورد مولکول‌ها با اطراف آن است.**
- **فعلا فشار شاره‌هایی را بررسی می‌کنیم که در تعادل هستند و حرکت نمی‌کنند.**
- **هوای اطراف ما هم دارای فشار است که آن را با P_0 نشان می‌دهیم.**



فرمول فشار شاره: فشار داخل یک شاره به عواملی چون **چگالی** شاره، **عمق** شاره و نیروی **جاذبه** وابسته است ، فشار شاره در عمق h از آن از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P = P_0 + \rho gh$$

در این رابطه P_0 فشار هوای سطح شاره ، ρ چگالی شاره ، h عمق شاره می‌باشد.

توجه!

- **به P ، "فشار مطلق" ، "فشار کل" و یا به اختصار "فشار" می‌گوییم.**
- **به عبارت ρgh ، "فشار مایع" یا "فشار پیمانه‌ای" گفته می‌شود.**

(در ادامه بیشتر در مورد فشار پیمانه‌ای گفت و گو خواهیم کرد)

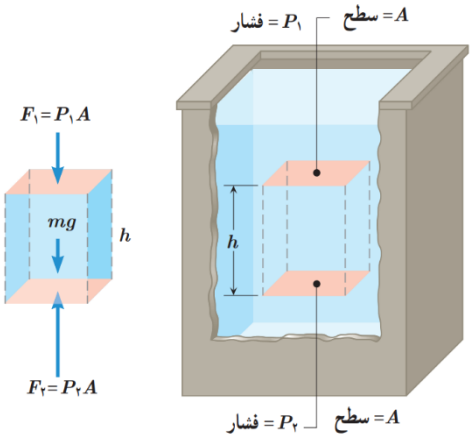
یکای اتمسفر atm : فشار ناشی از هوا در سطح دریاهای آزاد P_0 برابر با $۱/۰۱ \times ۱۰^۵ pa$ می‌باشد که به آن یک اتمسفر $۱\ atm$ می‌گوییم.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

اختلاف فشار: اختلاف فشار بین دو نقطه از شاره با عمق‌های متفاوت از رابطه زیر بدست می‌آید:

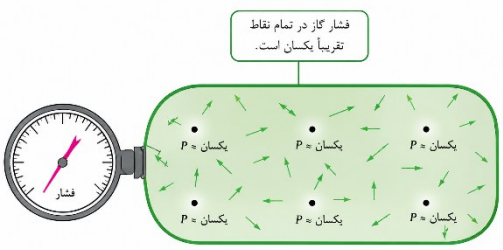
$$\Delta P = P_2 - P_1 = \rho g h$$



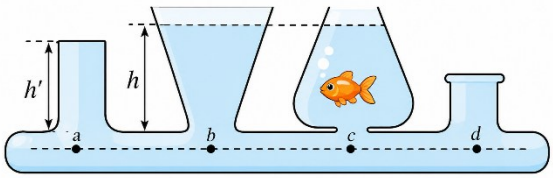
- **با توجه به کم بودن چگالی گازها ، فشار گاز در تمام نقاط یک محفظه کوچک را می‌توان یکسان فرض کرد .**

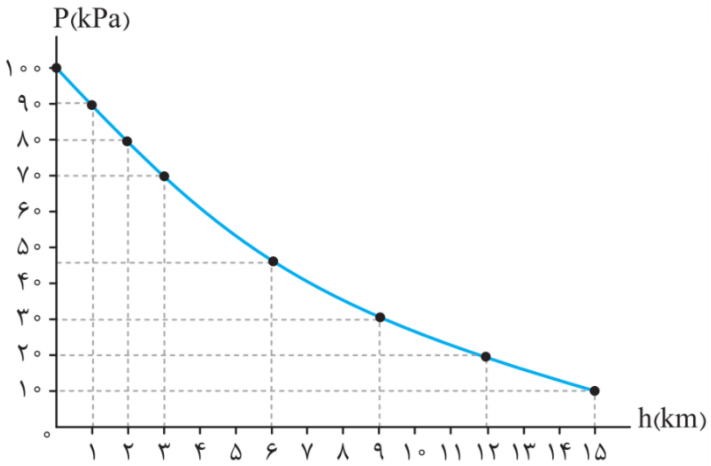
نکته

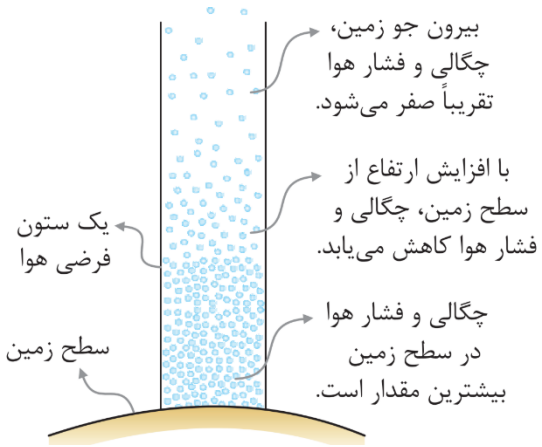
- **فشار شاره به شکل ظرفی که شاره در آن قرار دارد بستگی ندارد بلکه به عمق شاره وابسته است.**
- **فشار در نقاط هم تراز یک مایع ساکن مانند نقاط A ، B و C در شکل زیر یکسان است و به شکل ظرف بستگی ندارد.**



- **برای محاسبه اختلاف فشار بین دو نقطه از هوا که اختلاف ارتفاع قابل توجهی دارند، دیگر نمی‌توان از رابطه $\rho g h$ استفاده کرد. زیرا با افزایش ارتفاع، چگالی هوا ثابت نمی ماند و کم‌تر می‌شود.**







Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

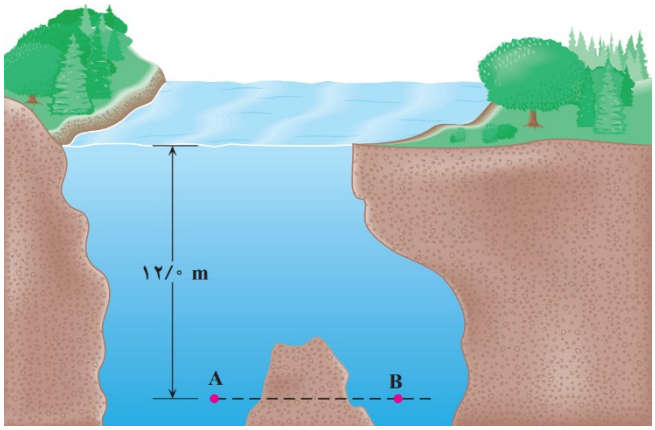
۴۷. عمق زیردریایی‌ها را چگونه تعیین می‌کنند؟

۴۸. یک زیردریایی تفریحی در اعماق اقیانوسی به آرامی حرکت می‌کند . این زیردریایی تعدادی پنجره کوچک دایره‌ای شکل به شعاع $۰/۴\,m$ دارد ، اگر فشار آب در محل هر یک از این پنجره‌ها برابر $۹ \times ۱۰^۵ pa$ باشد، بزرگی نیروی عمودی که آب بر سطح خارجی یکی از این پنجره‌ها وارد می‌کند چقدر است؟



۴۹. نقاط A و B در عمق یکسانی از سطح آب یک دریاچه قرار گرفته‌اند. فشار در نقطه A چقدر است؟ در نقطه B چطور؟

(چگالی آب دریاچه = $۱۰۰۰\ kg/m^۳$ و فشار هوا در سطح دریاچه $۱/۰۱ \times ۱۰^۵ pa$)



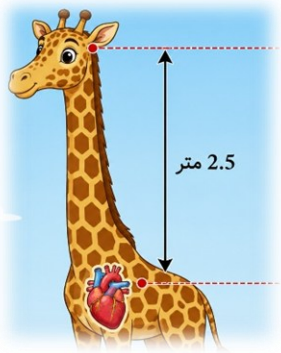
۵۰ . اختلاف بین فشار هوای بالا و پایین برج آزادی، با ارتفاع ۴۵ متر، چقدر است؟

(چگالی هوا را تقریبا $۱\ kg/m^۳$ در نظر بگیرید.)



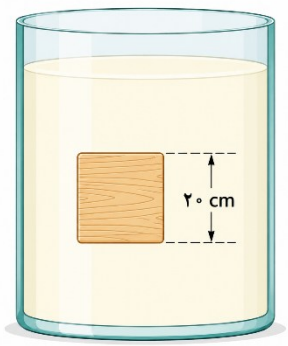
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



۵۱. سـر یک زرافه $۲/۵\,m$ بالاتر از قلب او قرار داد. اختلاف فشـار خون در سـر و قلب این زرافه چقدر است؟
(چگالی خون $۱۰۵۰\,{}^{kg}/_{m^۳}$)

۵۲. شناگری در عمق ۵ متری از سطح آب دریاچه‌ای شنا می‌کند. فشار در این عمق چقدر است؟ اگر مساحت پرده گوش را یک سانتی‌متر مربع ($۱cm^۲$) فرض کنیم، بزرگی نیرویی که به پرده گوش این شناگر وارد می‌شود چند نیوتون است؟



۵۳ . جسم مکعبی به طول ضلع $۲۰\,cm$ درون شاره‌ای غوطه‌ور و در حال تعادل است. فشار در بالا و زیر جسم به ترتیب برابر ۱۰۰ و ۱۰۵ کیلوپاسکال است. چگالی شاره چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟

۵۴. آزمایشـی طراحی و سـپس اجرا کنید که به کمک آن بتوان نشـان داد فشـار در یک عمق معین از مایع به جهت‌گیری سطحی که فشار به آن وارد می‌شود بستگی ندارد.

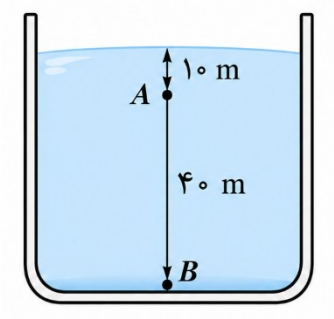
ارتقاء سطح...

۵۵. اگر فشار جو $۱۰^۵Pa$ باشد در چه عمقی از سطح دریا فشار سه برابر فشار جو است؟

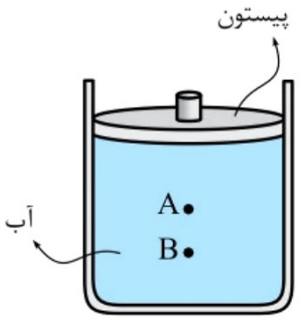
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۵۶. در شکل روبه رو فشار در نقطه B چند برابر فشار در نقطه A است.($P_0 = 10^5 Pa$ و چگالی آب یک گرم بر سانتی متر مکعب)



۵۷. در شکل مقابل دو نقطه A و B به فاصله معینی از هم درون آب قرار دارند. اگر وزنه ای روی پیستون قرار دهیم و از تغییر چگالی آب صرف نظر کنیم .....



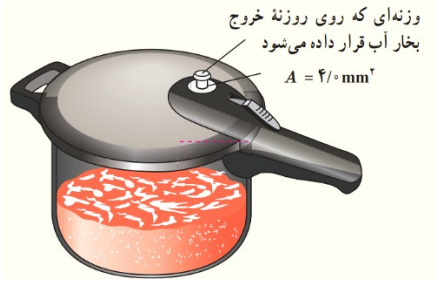
الف: افزایش فشار در نقطه A بیشتر از نقطه B است و اختلاف فشار دو نقطه کم می شود.

ب: فشار در A و B به یک اندازه زیاد می‌شود و اختلاف آنها ثابت می ماند.

پ: اختلاف فشار بین دو نقطه A و B زیاد می‌شود.

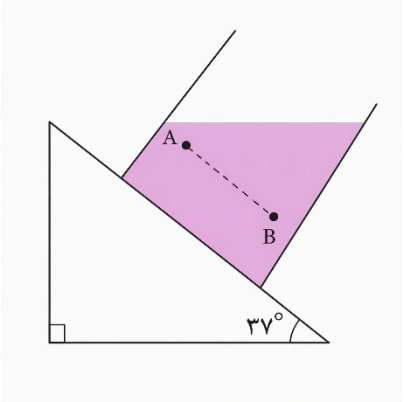
ت: اختلاف فشار بین دو نقطه A و B کم می‌شود.

۵۸. مساحت روزنه خروج بخار آب، روی درب یک زودپز $4mm^2$ است. جرم وزنه‌ای که روی این روزنه باید گذاشت چقدر باشد تا فشار داخل آن در $2atm$ نگه داشته شود؟ فشار بیرون دیگ زودپز $1atm$ را بگیرید.



غول مرحله آخر!

۵۹. مطابق شکل روبه‌رو، درون ظرف، مایعی به چگالی $2/5\ g/cm^3$ ریخته شده و ظرف روی سطح شیبدار به حال تعادل قرار دارد. اگر $AB = 5cm$ و موازی با سطح شیبدار باشد، اختلاف فشار بین نقاط A و B چند پاسکال است؟ ($\sin 37^\circ = 0/6$ و $g = 10\ m/s^2$)

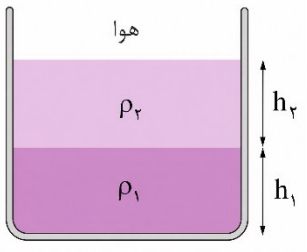


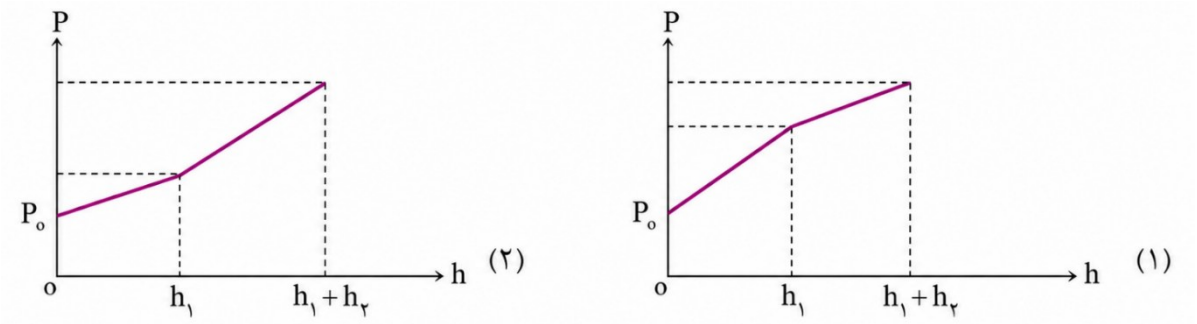
Telegram: @konkur_in

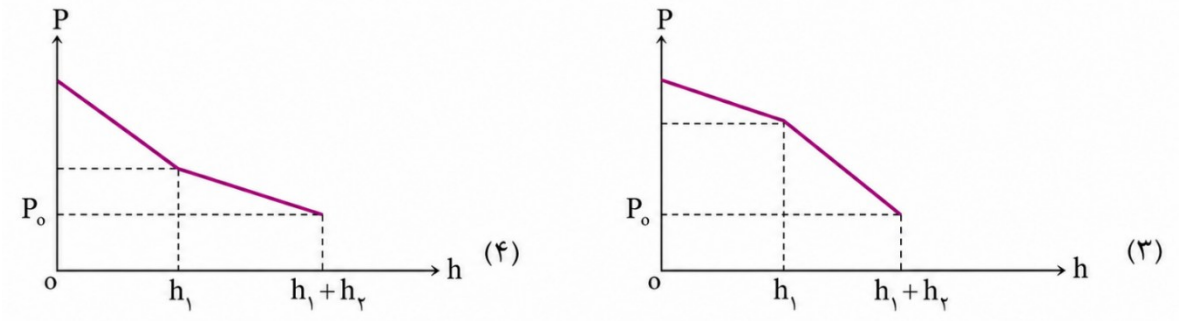
www.konkur.in

۶۰. فشار ناشی از ۴۰۰ گرم از مایعی درون یک ظرف استوانه‌ای شکل برابر $8000\ pa$ است. اگر ۲۰۰ گرم آب به این ظرف اضافه کنیم، مجموع ارتفاع دو مایع در ظرف به $90\ cm$ می‌رسد. چگالی مایع چند واحد SI است؟ ($\rho_{آب} = 1\ g/cm^3$ و $g = 10\ m/s^2$)

۶۱. در شکل مقابل، دو مایع مخلوط نشدنی در ظرف قرار دارند. کدام یک از نمودارهای زیر تغییرات فشار بر حسب فاصله از کف ظرف را به درستی نشان میدهد؟ (فشار هوا را P در نظر بگیرید.)







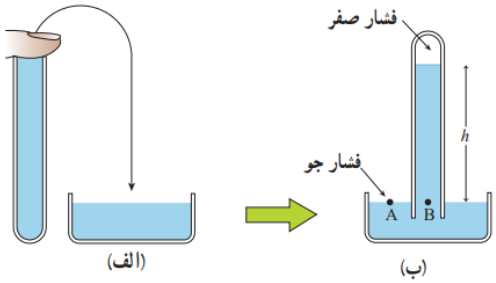
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

یکای بار bar: در هواشناسی و روی نقشه‌های آب و هوا ، معمولا از **یکای بار (bar)** برای فشار هوا استفاده می‌کنند به طوری که داریم:

$$۱\ bar = ۱/۰۰۰ \times ۱۰^{۵}\ {}^{N}/_{m^{۲}} = ۱/۰۰۰ \times ۱۰^{۵} pa$$

فشار سنج هوا (بارومتر): این وسیله را اولین بار **توریچلی** دانشمند ایتالیایی ساخته است. فشارسنج هوا وسیله‌ای است که به کمک آن می‌توانیم فشار هوای بیرون را اندازه بگیریم ، این وسیله شامل یک لوله شیشه‌ای بلند (به طول تقریبی ۸۰ سانتی‌متر) با یک سر بسته است. داخل لوله پر از جیوه می‌باشد. این لوله داخل تشت پر از جیوه‌ای مانند شکل مقابل قرار دارد.



برای درک بهتر ساز و کار این وسیله ، چند تا پرسش و پاسخ را با هم مرور می‌کنیم:

پرسش: در قسمت بالایی ستون جیوه چه چیزی وجود دارد؟

- **در فضای خالی بالای ستون جیوه تنها مقدار اندکی بخار جیوه وجود دارد (تقریبا خلا است) که فشار آن ناچیز بوده و در عمل برابر صفر فرض می‌شود.**

پرسش: ارتفاع ستون جیوه نشانگر چیست؟

- **ارتفاع ستون جیوه نشان دهنده فشار هوای بیرون است ، اگر ارتفاع کاهش پیدا کند به معنی این است که فشار هوا کم شده است و برعکس.**

پرسش: در این وسیله فشار هوا به چه صورت اندازه‌گیری می‌شود؟

- **می‌توانیم با اندازه‌گیری ارتفاع ستون جیوه فشار هوا را به صورت سانتی‌متر جیوه (cmHg) یا میلی‌متر جیوه (mmHg) نشان دهیم.**
- **فشار هوا را با استفاده از ارتفاع ستون جیوه می‌توانیم از رابطه زیر بر حسب پاسکال بدست آوریم:**

$$P_{.} = \rho g h$$

در این رابطه h ارتفاع ستون جیوه و ρ چگالی جیوه می‌باشد.

پرسش: این وسیله فشار هوا را در ارتفاع صفر (سطح دریاهای آزاد) چند سانتی متر جیوه نشان می‌دهد؟

- **فشار هوا در سطح دریاهای آزاد بر حسب سانتی‌متر جیوه در حدود $۷۶\ cmHg$ می‌باشد.**

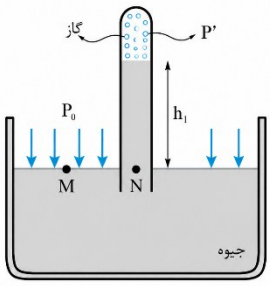
پرسش: یکای تور $torr$ برای چه کمیتی بوده و مقدار آن چقدر است؟

- **به افتخار توریچلی دانشمند ایتالیایی ، فشار $۱\ mmHg$ را $۱\ torr$ (یک تور) می‌نامیم.**

Telegram: @konkur_in

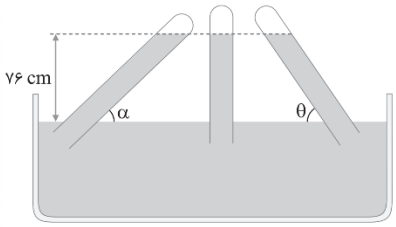
www.konkur.in

نکته



- **اگر بالای لوله خلا نباشد و حاوی گازی به فشار P' باشد، فشار هوا از رابطه زیر بدست می‌آید:**

$$P_{\cdot} = \rho g h_1 + P'$$



- **در آزمایش توریچلی اگر لوله عمودی را کج کنیم ارتفاع عمودی ستون جیوه تغییر نخواهد کرد و هنگام محاسبه فشار برای لوله‌هایی که کج هستند باید فقط ارتفاع عمودی جیوه را در نظر بگیریم.**

چالش برای کارآگاهان فیزیک:

چرا توریچلی در آزمایش خود به جای جیوه
از آب استفاده نکرد ؟

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۶۲. درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید

الف: نیرویی که توسط شاره به اجسام در تماس با آن وارد می‌شود، ناشی از برخورد مولکول‌های شاره با سطح اجسام است.

ب: فشار حاصل از مایع به جنس مایع بستگی دارد.

پ: فشار مایع به شتاب گرانشی بستگی ندارد.

ت: فشار مایع به شکل ظرفی که مایع در آن قرار دارد بستگی ندارد.

ث: برای فشار هوا یکای سانتی‌متر جیوه مناسب‌تر از یکای پاسکال است.

ج: یک تور torr ۱ برابر یک سانتی‌متر جیوه است.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۶۳. کلمه مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف: (بارومتر – مانومتر) همان جوسنج می‌باشد.

ب: یک اتمسفر تقریبا برابر (۷۶ – ۷۶۰) تور است.

۶۴. در جمله‌های زیر جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید.

الف: وقتی شاره ساکن است به هر سطحی که با آن در تماس باشد نیرویی ..... وارد می‌کند.

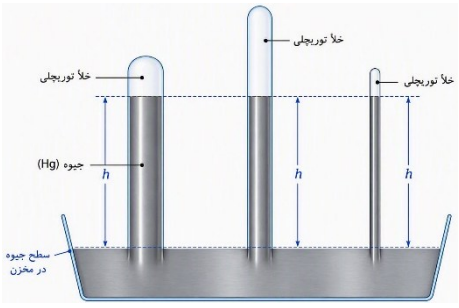
ب: با افزایش ارتفاع از سطح زمین چگالی هوا به شدت ..... می‌یابد.

پ: نیروی جاذبه زمین سبب می‌شود که لایه‌های زیرین هوا نسبت به لایه‌های بالایی ..... شوند.

ت: در هواشناسی و روی نقشه‌های آب و هوا معمولاً از یکای ..... برای فشار هوا استفاده می‌شود .

۶۵. از فشارسنج می‌توان به عنوان ارتفاع سنج استفاده کرد. فرض کنید در بالای تپه‌ای فشارسنجی که همراه دارید کاهش ۸ $mmHg$ را نشان می‌دهد. ارتفاع تپه ازسطح دریا چقدر است؟

۶۶. چرا در لوله‌های غیرمویین، اگر سطح مقطع و طول لوله‌ها متفاوت باشد، ارتفاع ستون جیوه تغییر نمی‌کند؟



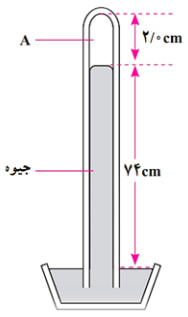
۶۷. شکل زیر یک جوسنج ساده جیوه‌ای را نشان می‌دهد.

الف: در ناحیه A چه چیزی وجود دارد؟

ب: چه عاملی جیوه را درون لوله نگه می‌دارد؟

پ: فشار هوای محیطی که این جوسنج در آنجا قرار دارد چقدر است؟

ت: اگر این جوسنج را بالای کوهی ببریم چه تغییری در ارتفاع ستون جیوه درون لوله رخ می‌دهد؟



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



۶۸. در قلم خودکار، جوهر از طریق یک لوله وارد نوک قلم شـده و در آنجا توسـط یک گوی فلزی ضـد زنگ غلتان، روی ورقه کاغذ پخش می‌شـود. در بدنه لاکی یا درپوش بالایی این نوع قلم‌های خودکار، سـوراخ ریزی ایجاد می‌کنند. دلیل این کار را توضـیح دهید.

۶۹. از فشارسنج می‌توان به عنوان ارتفاع سنج استفاده کرد. فرض کنید در بالای تپه‌ای فشارسنجی که همراه دارید کاهش $8\ mmHg$ را نشان می‌دهد. ارتفاع تپه ازسطح دریا چقدر است؟

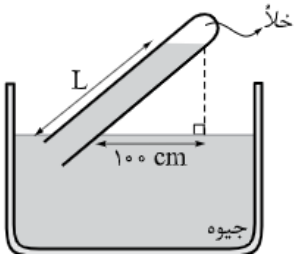
ارتقاء سطح...

۷۰. یک ستون به سطح مقطع $1m^2$ را در نظر بگیرید که از سطح دریای آزاد تا بالاترین بخش جو زمین ادامه می‌یابد. اگر فشار هوا را در سطح دریا $1\ bar$ در نظر بگیریم، چند کیلوگرم هوا در این ستون فرضی وجود دارد؟

چند درصد این جرم تا ارتفاع ۹ کیلومتری این ستون فرضی قرار دارد؟



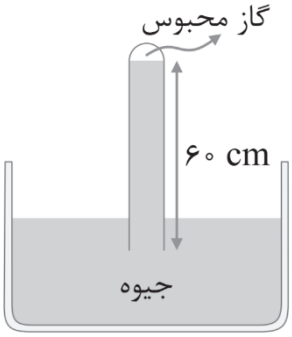
۷۱. در شکل مقابل فشار هوا $75\ cmHg$ است. مقدار L را بدست آورید.



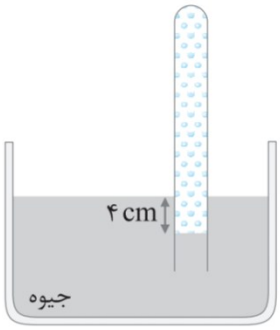
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۷۲. فشار هوا در منطقه‌ای $75\ cmHg$ است. فشار گاز محبوس در بالای لوله چند پاسکال است؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13600\ kg/m^3$ و $g = 10\ N/kg$)

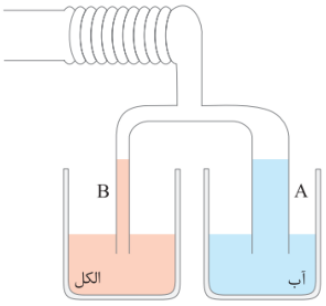


۷۳. مطابق شکل روبه‌رو، لوله انتها بسته‌ای را وارونه در ظرف جیوه فرو می‌بریم. سطح جیوه در درون لوله ۴ سانتی‌متر پایین‌تر از سطح آزاد جیوه قرار می‌گیرد. اگر فشار هوا $76\ cmHg$ باشد، فشار هوای محبوس در لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟

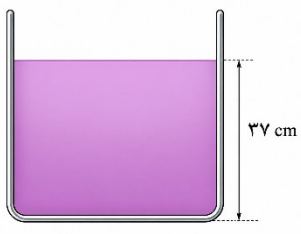


غول مرحله آخر!

۷۴. در شکل روبه‌رو، قطر مقطع لوله در قسمت A، ۳ برابر مقطع لوله در قسمت B است. اگر هوای لوله با دستگاهی مطابق شکل مقابل از بالای آن‌ها کشیده شود، نسبت ارتفاع آب در لوله A به ارتفاع الکل در لوله B چه‌قدر است؟ ($\rho_{\text{آب}} = 1\ g/cm^3$ و $\rho_{\text{الکل}} = 0/8\ g/cm^3$)



۷۵. در ظرف شکل مقابل که مساحت مقطع آن $200\ cm^2$ است، مایعی با چگالی $2\ g/cm^3$ قرار دارد و فشار هوا برابر $76\ cmHg$ است. اگر بخواهیم فشار در کف ظرف ۵ درصد کاهش یابد، چند کیلو گرم از مایع را باید از ظرف خارج کنیم؟

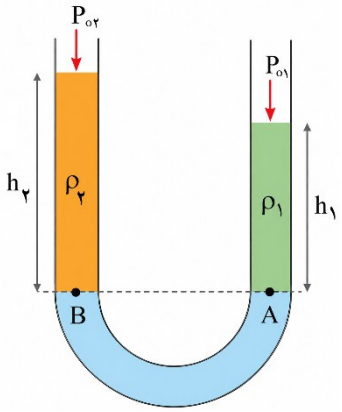


Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

لوله‌های U شکل:

یکی از سوال‌های متداولی که ممکن است در امتحان با آن روبه‌رو شوید، مربوط **به لوله‌های U شکل** است.



در امتحانات و به‌ویژه کنکور، تنوع زیادی از مسائل مربوط به لوله‌های U شکل طراحی می‌شود. این مبحث از موضوعات مورد علاقه طراحان سؤال است؛ چون می‌توانند با تغییر چگالی مایع‌ها، ارتفاع ستون‌ها، فشار گاز یا هوا و اطلاعات دیگر، سوال‌های متنوعی طرح کنند.

در این نوع مسائل، دو یا چند مایع مخلوط‌نشدنی، مانند آنچه در شکل روبه‌رو می‌بینید، داخل یک لوله U شکل ریخته می‌شوند. سپس با استفاده از اطلاعات مسئله، مواردی مانند چگالی مایع‌ها، ارتفاع ستون مایع‌ها و فشار را محاسبه می‌کنیم.

با وجود تنوع زیاد این سؤال‌ها، روش حل آن‌ها تقریباً همیشه یکسان است. بنابراین کافی است استراتژی زیر را به‌خوبی یاد بگیرید تا بتوانید انواع مختلف این مسائل را حل کنید.

۱. انتخاب سطح هم‌تراز

ابتدا یک سطح افقی هم‌تراز انتخاب کنید که از محل جدا شدن دو مایع عبور کند. معمولا **پایین‌ترین سطح جدایی دو محیط** را انتخاب می‌کنیم.

همان‌طور که می‌دانیم، دو نقطه A و B انتخابی که روی یک سطح افقی و در یک مایع قرار دارند، فشار یکسانی دارند. بنابراین:

$$P_A = P_B$$

۲. نوشتن فشار در دو نقطه

حالا فشارهای P_A و P_B را بر اساس فشار وارد شده از طرف مایع‌های بالای نقاط A و B می‌نویسیم. (یعنی نگاه می‌کنیم ببینیم چه فشار از بالای این نقاط وارد می‌شود.)

در این مرحله باید فشار هوا یا گاز بالای مایع‌ها را نیز در نظر بگیریم. پس معمولا می‌رسیم به این معادله:

$$P_{0_1} + \rho_1 g h_1 = P_{0_2} + \rho_2 g h_2$$

که در آن:

P_{0_1} و P_{0_2} فشار هوا یا گاز بالای مایع است.

ρ چگالی مایع است، g شتاب گرانش است، h ارتفاع ستون مایع است.

۳. محاسبه کمیت مجهول

در مرحله آخر، اطلاعات مسئله را در رابطه قرار می‌دهیم و کمیتی را که مجهول است، محاسبه می‌کنیم.

نکته

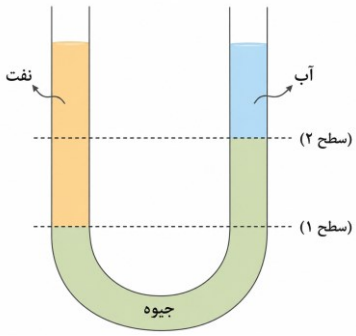
اگر فشار هوا یا گاز در دو طرف یکسان باشد، می‌توانیم آن را از دو طرف رابطه حذف کنیم:

$$P_{0_1} + \rho_1 g h_1 = P_{0_2} + \rho_2 g h_2 \xrightarrow{P_{0_1}=P_{0_2}} \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

Telegram: @konkur_in

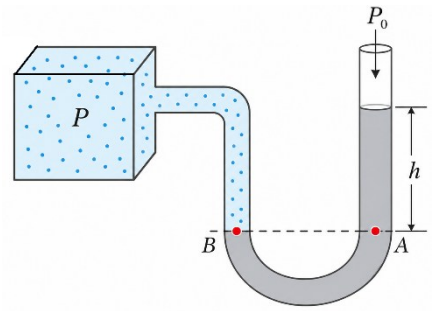
www.konkur.in

چالش برای کارآگاهان فیزیک:



اگر مثل شکل روبه‌رو بیشتر از دو مایع داخل لوله U شکل باشند، کدام سطح را برای محاسبات انتخاب می‌کنید. چرا؟

فشار سنج شاره‌ها (مانومتر): وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری فشار یک شاره محصور، مانند گاز یا مایع، به کار می‌رود. مانومتر معمولاً از یک لوله U شکل تشکیل شده است که مقداری جیوه درون آن قرار دارد. یک طرف لوله به ظرف حاوی شاره مورد نظر متصل شده و طرف دیگر آن به هوای آزاد باز است. **به شکل نگاه کنید،** نقاط A و B در یک شاره (جیوه) و در یک تراز افقی قرار دارند، بنابراین فشار آن‌ها با یکدیگر برابر است. پس می‌توانیم بنویسیم:



$$P_A = P_B \quad \rightarrow \quad P = P_0 + \rho gh$$

به P در این رابطه **فشار مطلق** شاره می‌گوییم.

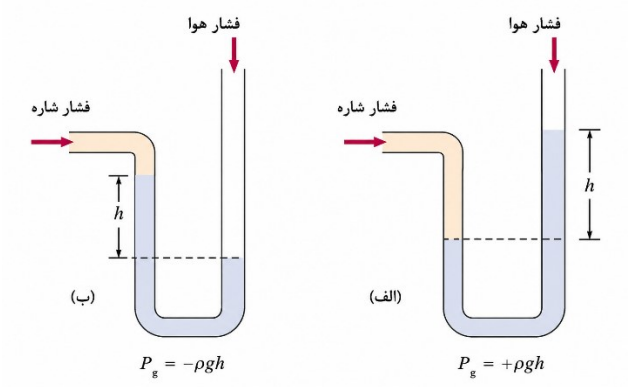
فشار پیمانه‌ای: به اختلاف فشار مطلق و فشار هوا ، فشار **پیمانه‌ای** می‌گوییم، فشار پیمانه‌ای نشان می‌دهد که فشار شاره محصور داخل ظرف چه مقدار از فشار هوای بیرون بیشتر یا کمتر است. فشار پیمانه‌ای را با نماد $\boldsymbol{P_g}$ نشان می دهیم و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P_g = P - P_0 \quad \rightarrow \quad P_g = P_0 + \rho gh - P_0$$

$$\rightarrow \quad P_g = \rho gh$$

توجه!

اگر فشار گاز محبوس درون ظرف از فشار هوای بیرون بیشتر باشد، فشار پیمانه‌ای مثبت است. برعکس، اگر فشار گاز محبوس از فشار هوای بیرون کمتر باشد، فشار پیمانه‌ای منفی خواهد بود.

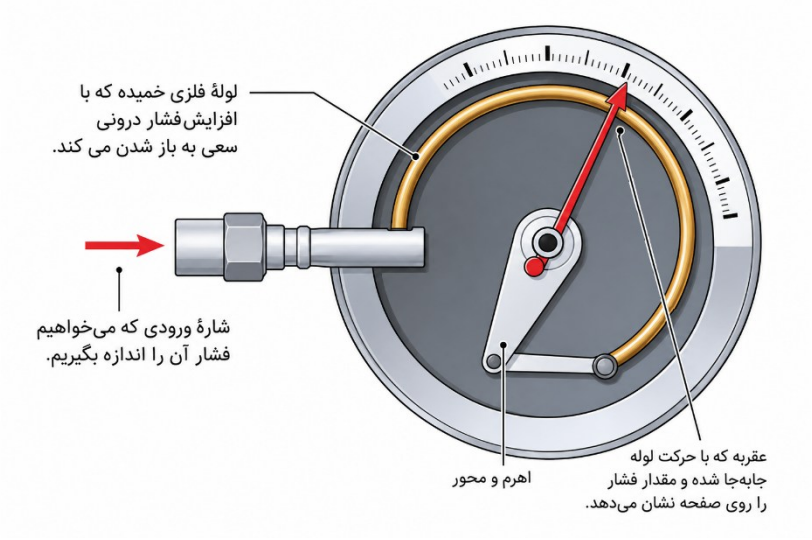


Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

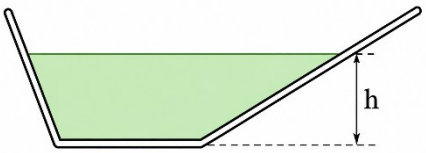
فشارسنج بوردون:

یکی از فشارسنج‌های متداول که معمولاً برای اندازه‌گیری فشار باد لاستیک وسیله‌های نقلیه و فشار گاز مخزن‌ها استفاده می‌شود، فشارسنج بوردون است. این فشارسنج برای اندازه‌گیری طیف وسیعی از اختلاف فشارها به کار می‌رود.



این فشارسنج، مطابق آنچه در شکل روبه‌رو می‌بینید، شامل یک لوله خمیده است که به مخزن شاره متصل می‌شود.

همان‌طور که می‌بینید، سر آزاد لوله به کمک اهرم و محور به یک عقربه متصل است. ازاین‌رو، جابه‌جایی سر لوله باعث حرکت عقربه و در نتیجه مشخص‌شدن مقدار فشار روی صفحه مدرج می‌شود.

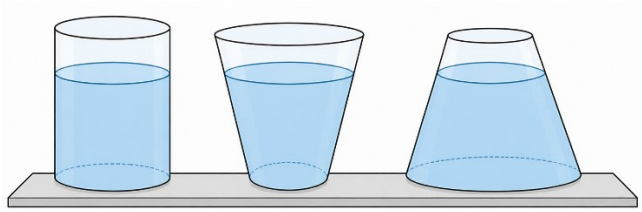


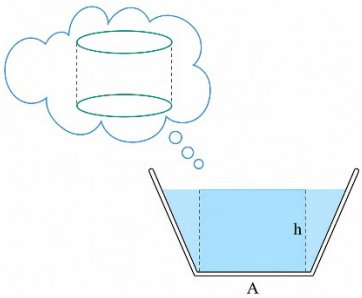
نیروی وارد بر کف ظرف توسط شاره: همان‌طور که می‌دانیم، شاره به دیواره‌ها و کف ظرفی که در آن قرار دارد نیرو وارد می‌کند. می‌توانیم نیرویی را که شاره به کف ظرف وارد می‌کند، با استفاده از رابطه فشار به‌دست آوریم:

$$P_{\text{کف ظرف}} = \frac{F}{A} = \rho g h \quad \rightarrow \quad F = \rho g h A$$

رابطه وزن کل مایع داخل ظرف با نیرویی که بر کف ظرف وارد می‌شود:

سه تا ظرف داریم، در هر یک از ظرف‌ها یک کیلوگرم (به وزن حدودا ۱۰ نیوتون) آب می‌ریزیم. به نظرتان نیرویی که از طرف آب به کف هر ظرف وارد می‌شود چند نیوتون خواهد بود؟





اگر در ذهن خود، از کف ظرفی که حاوی مایع است، استوانه‌ای با ارتفاع برابر با ارتفاع مایع در نظر بگیریم، وزن مایع موجود در این استوانه با نیرویی که مایع بر کف ظرف وارد می‌کند، برابر است.

بنابراین، نیرویی که مایع بر کف ظرف وارد می‌کند، می‌تواند **کمتر، مساوی یا بیشتر از وزن کل مایع** باشد.

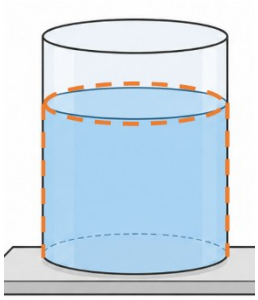
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

مثال

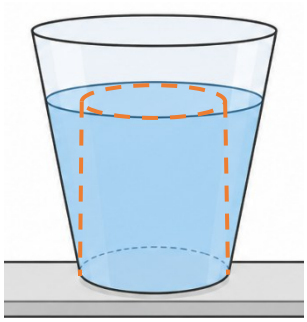
بیایید به همان سه ظرف ابتدای مبحث برگردیم :

ظرف اول:



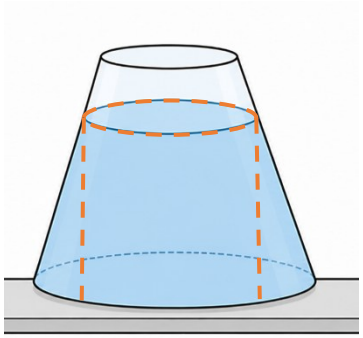
در شکل مقابل، اگر استوانه‌ای فرضی را از کف ظرف تا سطح مایع در نظر بگیریم، می‌بینیم که حجم مایع داخل این استوانه دقیقاً با حجم مایع موجود در ظرف برابر است. بنابراین، در این ظرف، **نیرویی که مایع بر کف ظرف وارد می‌کند، با وزن کل مایع برابر است.**

ظرف دوم:



در این ظرف، حجم استوانه فرضی که از کف ظرف تا سطح مایع در نظر می‌گیریم، **بیشتر از حجم مایع موجود در ظرف** است. بنابراین، وزن مایع داخل استوانه فرضی از وزن کل مایع بیشتر خواهد بود. از آنجا که وزن مایع داخل استوانه فرضی با نیروی وارد بر کف ظرف برابر است، نتیجه می‌گیریم که **نیروی وارد بر کف ظرف بیشتر از وزن کل مایع است.**

ظرف سوم:



در این ظرف، حجم استوانه فرضی **کمتر از حجم مایع موجود در ظرف** است. در نتیجه، وزن مایع داخل استوانه فرضی از وزن کل مایع کمتر خواهد بود. بنابراین، **نیروی وارد بر کف ظرف کمتر از وزن کل مایع است.**

پس می‌توان نتیجه گرفت که نیروی واردشده از طرف مایع بر کف ظرف، بسته به شکل ظرف، می‌تواند **کمتر، مساوی یا بیشتر از وزن کل مایع** باشد.

اصل پاسکال: اگر فشار وارد بر یک مایع محبوس در یک ظرف را در نقطه‌ای به اندازه معینی (ΔP) تغییر دهیم، فشار در **تمام نقاط مایع** نیز به همان اندازه تغییر خواهد کرد. به عبارت دیگر، تغییر فشار واردشده به یک مایع محبوس، **بدون کاهش به همه قسمت‌های مایع و دیواره‌های ظرف منتقل می‌شود.**

این اصل که به **اصل پاسکال** معروف است، اساس عملکرد بسیاری از دستگاه‌های هیدرولیکی مانند **جک هیدرولیکی، ترمز هیدرولیکی و بالابرهای هیدرولیکی** است.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۷۶. درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.

الف نیرویی که مایع بر کف ظرف حاوی مایع وارد می‌کند، برابر با وزن مایع است.

ب: نیروی وارد بر سطح افقی از طرف ظرف حاوی مایع به فشار مایع در کف ظرف وابسته نیست.

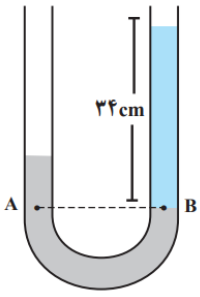
۷۷. کلمه مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف: مقدار نیرویی که از طرف مایع برکف یک ظرف وارد می‌شود به (مساحت کف ظرف - شکل ظرف) وابسته است.

ب: یک ظرف استوانه‌ای پر از مایعی به چگالی ρ است. اگر مساحت قاعده ظرف را دو برابر و ارتفاع مایع را نصف کنیم فشار حاصل از مایع (بدون تغییر- نصف) و نیروی وارد بر کف ظرف (بدون تغییر - نصف) می‌شود

پ: مقدار نیرویی که از طرف مایع بر کف ظرف وارد می‌شود با چگالی مایع رابطه (مستقیم - معکوس) و با ارتفاع مایع رابطه (مستقیم - معکوس) دارد

۷۸. در یک لوله Uشکل ، مقداری جیوه قرار دارد. در شاخه سمت راست لوله آن‌قدر آب می‌ریزیم تا ارتفاع آب به $۳۴\ cm$ برسد اختلاف ارتفاع جیوه در دو شاخه چند سانتی‌متر است؟

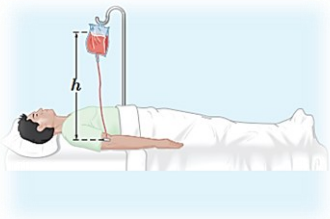


۷۹. عمیق‌ترین قسمت خلیج فارس با عمقی حدود ۹۳ متر در نزدیکی جزیره تنب بزرگ قرار دارد. فشار پیمانه‌ای در این عمق چند پاسکال است؟ چگالی آب خلیج فارس را $۱۰۲۸\ kg/m^۳$ بگیرید.

Telegram: @konkur_in

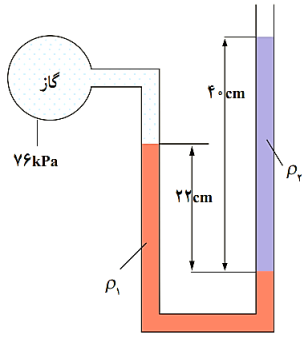
www.konkur.in

۸۰. شکل روبه‌رو یک کیسه پلاستیکی حاوی محلولی را نشان می‌دهد که در حال تزریق به یک بیمار است. سوزن سرنگی را به قسمت خالی از مایع بالای این کیسه وارد می‌کنند طوری که فشار هوا در این بخش از کیسه همواره با فشار هوای بیرون برابر بماند. اگر فشار پیمانه‌ای در سیاهرگ ۱۳۳۰ پاسکال باشد، ارتفاع کمینه h چقدر باشد تا محلول در سیاهرگ نفوذ کند؟ چگالی محلول را $۱۰۴۵\ kg/m^3$ بگیرید.

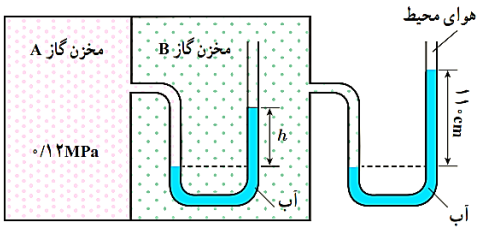


ارتقاء سطح...

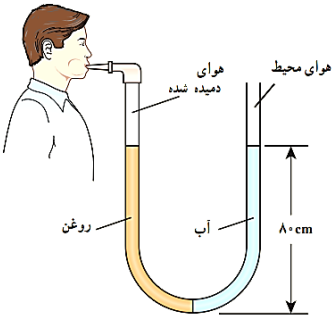
۸۱. درون لوله U شکلی که به یک مخزن محتوی گاز وصل شده است جیوه ($\rho_1 = 13600\ kg/m^3$) و مایعی با چگالی نامعلوم ρ_2 وجود دارد. اگر فشار هوای بیرون لوله U شکل $101\ kPa$ باشد، چگالی مایع را تعیین کنید.



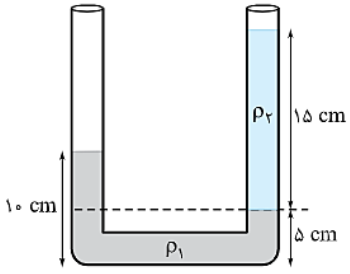
۸۲. در شکل زیر مقدار h چند سانتی‌متر است؟ فشار هوای محیط را $101\ kPa$ و چگالی آب $1000\ kg/m^3$ را بگیرید.



۸۳. لوله U شکلی را در نظر بگیرید که محتوی حجم مساوی از آب و روغن است. با توجه به اطلاعات روی شکل، فشار پیمانه‌ای هوای درون ریه شخصی که از شاخه سمت چپ لوله درون آن دمیده، چقدر است؟ (چگالی روغن را $805\ kg/m^3$ بگیرید.)



۸۴. در شکل مقابل، جیوه با مایع نامعلومی به چگالی ρ_2 در تعادل است. چگالی مایع نامعلوم را بدست آورید. $\rho_1 = 13600\ kg/m^3$



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۸۵. شخصی از بالای برجی به پایین سقوط می‌کند. اگر اندازهٔ تغییر فشار تا نیمی از ارتفاع برج را ΔP_1 و اندازهٔ تغییر فشار از نیمی از ارتفاع برج تا سطح زمین را ΔP_2 در نظر بگیریم، کدام گزینه صحیح است؟

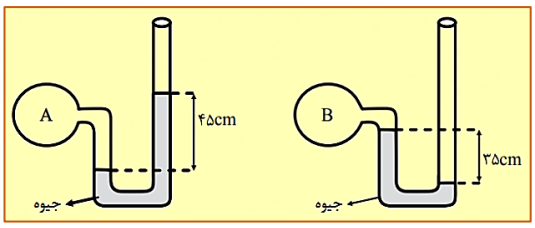
۱) $\Delta P_1 > \Delta P_2$

۲) $\Delta P_1 < \Delta P_2$

۳) $\Delta P_1 = \Delta P_2$

۴) با توجه به مشخص نبودن چگالی هوا قابل محاسبه نیست

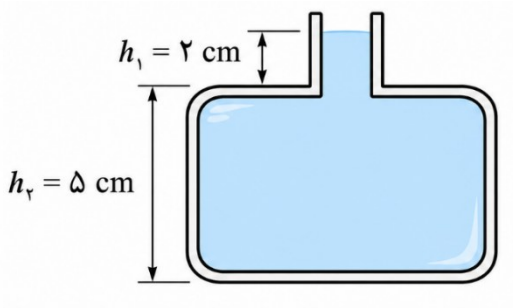
۸۶. اگر فشار هوا در محل آزمایش ۷۵ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار گاز درون مخزن A چند برابر فشار گاز درون مخزن B است؟



۸۷. بشکه‌ای تا ارتفاع $3m$ از آب و تا ارتفاع $2m$ از روغن پر شده است و مایع‌ها با یکدیگر مخلوط نشده‌اند. فشار پیمانه‌ای در فصل مشترک آب و روغن چند پاسکال است؟

(فشار هوا در محل ۱ bar، چگالی آب $1\ g/cm^3$ و چگالی روغن $0/8\ g/cm^3$ است.)

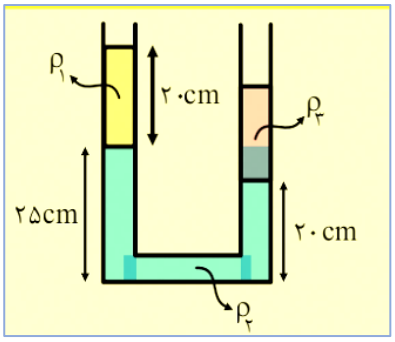
۸۸. در شکل روبرو اگر سطح مقطع قسمت پهن $20\ cm^2$ و سطح مقطع قسمت باریک $2\ cm^2$ باشد، نیرویی که مایع به کف ظرف وارد می‌کند، چند نیوتون از وزن مایع بیشتر است. ($\rho = 500\ kg/m^3$)



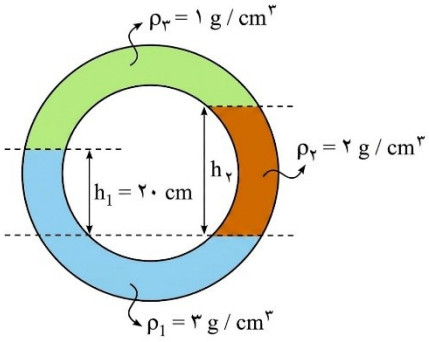
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

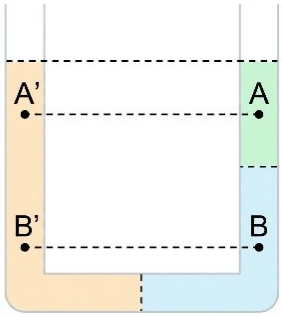
۸۹. در شکل زیر، سه مایع مختلف مخلوط نشدنی به چگالی‌های $\rho_1 = 0/8\, g/cm^3$ ، $\rho_2 = 2/4\, g/cm^3$ و مایع سوم با چگالی ρ_3 به حالت تعادل قرار دارند. اگر سطح مقطع لوله ۲ cm^2 باشد، جرم مایع سوم چند گرم است؟



۹۰. در شکل روبه‌رو، سه مایع در تعادل‌اند. h_2 چند سانتی‌متر است؟



۹۱. در شکل روبه‌رو، مایع‌ها در حال تعادل‌اند. کدام رابطه بین فشار نقاط A ، A' ، B و B' درست است؟



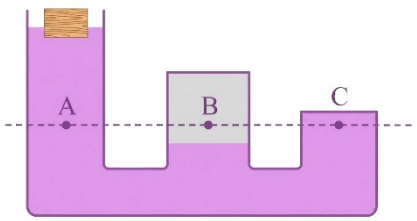
الف: $P_A > P_{A'}$ و $P_B < P_{B'}$

ب: $P_A > P_{A'}$ و $P_B > P_{B'}$

پ: $P_A < P_{A'}$ و $P_B > P_{B'}$

ت: $P_A < P_{A'}$ و $P_B < P_{B'}$

۹۲. درون لوله شکل مقابل، دو مایع در حال تعادل‌اند. فشار نقاط A ، B و C را به ترتیب P_A ، P_B و P_C نشان می‌دهیم. کدام گزینه صحیح است؟



الف: $P_A > P_B > P_C$

ب: $P_A > P_B = P_C$

پ: $P_B < P_A = P_C$

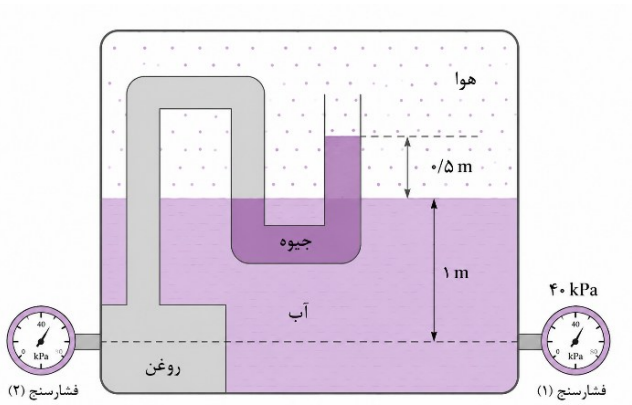
ت: $P_B > P_A = P_C$

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۹۳. فشارسنج‌های (۱) و (۲) مطابق شکل، قرار گرفته‌اند. اگر فشارسنج (۱) عدد $۴۰kPa$ رانشان دهد، فشارسنج (۲) چه عددی را بر حسب کیلوپاسکال نشان می دهد؟

$$\left(\begin{array}{l} g = ۱۰\,{}^{N}/_{kg} \text{ و } \rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۶\,{}^{g}/_{cm^۳} \\ \text{و } \rho_{\text{آب}} = ۱\,{}^{g}/_{cm^۳} \quad \text{و } \rho_{\text{روغن}} = ۰/۶\,{}^{g}/_{cm^۳} \end{array}\right)$$



یک بار دیگر مرور کنیم!

بیایید یک بار دیگر همه‌ی یکاهای فشار را یکجا مرور کنیم.

یکای اصلی فشار در دستگاه SI، **پاسکال (Pa)** است و سایر یکاهای پرکاربرد را می‌توان به پاسکال تبدیل کرد:

پاسکال	اتمسفر	بار	سانتی‌متر جیوه	تور (Torr)
Pa	atm	bar	cmHg	Torr
$1\ Pa = ۱\ \frac{N}{m^۲}$	$1\ atm = ۱۰۱۰۰۰\ Pa = ۱/۰۱ \times ۱۰^۵\ Pa$	$1\ bar = ۱۰۰۰۰۰\ Pa = ۱/۰۰ \times ۱۰^۵\ Pa$	$1\ cmHg \approx ۱۳۳۰\ Pa = ۱/۳۳ \times ۱۰^۳\ Pa$	تور (Torr) همان ۱ میلی‌متر جیوه است. $1\ Torr\ (1\ mmHg) \approx ۱۳۳\ Pa = ۱/۳۳ \times ۱۰^۲\ Pa$

رابطه‌ی مهم! $۱\ atm \approx ۷۶\ cmHg = ۷۶۰\ Torr$

پس برای تبدیل یکای فشار به **پاسکال**، کافی است مقدار فشار را در ضریب تبدیل مناسب ضرب کنیم.

مثال

$۳\ atm = ۳ \times (۱۰۱۰۰۰) = ۳۰۳۰۰۰\ Pa = ۳/۰۳ \times ۱۰^۵\ Pa$

$۳\ atm = ۳/۰۳ \times ۱۰^۵\ Pa$

$۵۰\ cmHg \approx ۵۰ \times (۱۳۳۰) = ۶۶۵۰۰\ Pa = ۶/۶۵ \times ۱۰^۴\ Pa$

$۵۰\ cmHg \approx ۶/۶۵ \times ۱۰^۴\ Pa$

یادآوری

در مسائل درسی، معمولاً برای ساده‌تر شدن محاسبات از تقریب زیر استفاده می‌کنیم، مگر اینکه مسئله مقدار دقیق‌تری را بخواهد.

$1\ atm \approx ۱۰^۵\ Pa$

یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

نیروی شناوری و اصل برنولی

قبل از اینکه بریم سراغ درسمون، بذارید براتون یه داستان تعریف کنم؛ از آقای ارشمیدس

یک حمام، یک تاج و یک کشف بزرگ!

پادشاه سیراکوز یک تاج طلایی داشت، اما شک کرده بود که زرگر مقداری از طلای آن را برداشته و فلز دیگری جایش گذاشته باشد. او از ارشمیدس خواست بدون خراب کردن تاج، حقیقت را بفهمد.



ارشمیدس مدت‌ها فکر کرد، تا اینکه یک روز هنگام حمام، وقتی وارد وان شد، دید مقداری آب از آن بیرون ریخت.

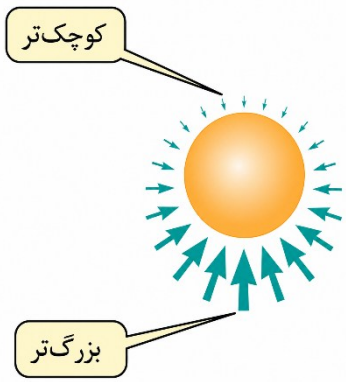
ناگهان فکری به ذهنش رسید!

آب به اندازه‌ی حجمی که بدنم اشغال کرده، کنار رفته!

او فهمید می‌تواند با فرو بردن تاج در آب و اندازه‌گیری مقدار آب جابه‌جاشده، حجم تاج را پیدا کند و آن را با حجم طلای خالص مقایسه کند. می‌گویند ارشمیدس آن‌قدر هیجان‌زده شد که همان‌طور خیس و .... از حمام بیرون دوید و در کوچه فریاد زد:

یافتم! یافتم!

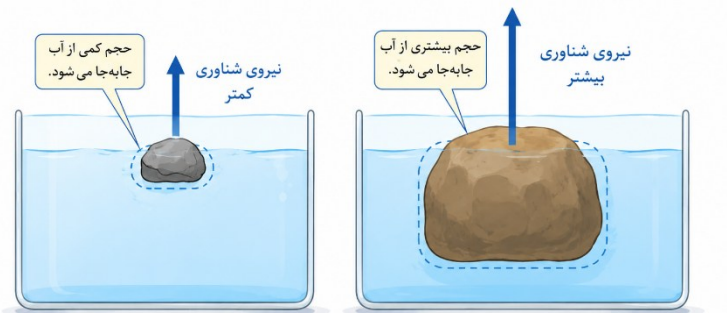
و این‌گونه یک حمام ساده، تبدیل شد به یکی از معروف‌ترین داستان‌های تاریخ علم !



نیروی شناوری: اگر جسمی وارد شاره‌ای شود ، همواره از طرف شاره نیرویی **بالاسو** به جسم وارد می‌شود که به این نیرو **نیروی شناوری** می‌گویند.

به عنوان مثال اگر یک جسم کُره مانند را داخل آب کنیم، قسمت‌هایی از کره که پایین‌تر قرار دارند فشار و نیروی بیشتری نسبت به قسمتی که در بالاتر قرار دارد دریافت می‌کند و برایند این نیروها به سمت بالا خواهد بود.

نکته



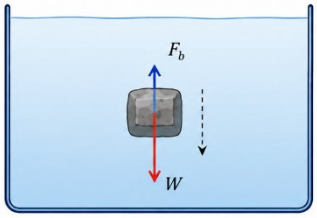
- **نیروی شناوری به حجم شاره‌ای که جسم جابه‌جا می‌کند بستگی دارد. بنابراین، هرچه جسم حجم بیشتری از شاره را جابه‌جا کند، نیروی شناوری وارد بر آن نیز بیشتر خواهد بود.**
- **نیروی شناوری در مایع به عمق مایع بستگی ندارد. چرا؟**

Telegram: @konkur_in

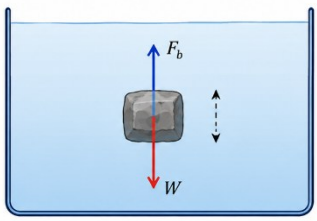
www.konkur.in

حالت‌های مختلف قرار گرفتن یک جسم در یک شاره:

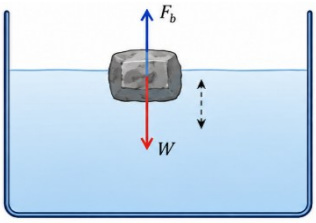
با توجه به اینکه جسم داخل شاره به چه صورتی قرار بگیرد ، می‌توانیم چهار حالت را در نظر بگیریم:



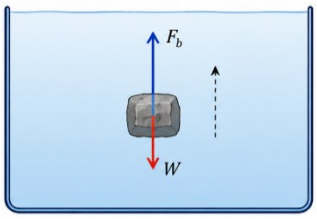
۱. فرو رفتن یا غرق شدن: اگر نیروی شناوری وارد بر جسم از نیروی وزن آن کمتر باشد، برآیند نیروها رو به پایین است و جسم در شاره فرو می‌رود و غرق می‌شود. در این حالت، چگالی جسم بیشتر از چگالی شاره است.



۲. غوطه وری: اگر نیروی شناوری با نیروی وزن جسم برابر باشد و جسم کاملاً درون شاره قرار داشته باشد، برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر است و جسم در هر نقطه‌ای از شاره می‌تواند معلق بماند .در این حالت، چگالی جسم با چگالی شاره برابر است.



۳. شناوری: اگر جسم پس از قرار گرفتن در شاره، تنها بخشی از حجم خود را در شاره فرو برده و بخش دیگر آن بیرون از شاره قرار داشته باشد، جسم شناور است. در این حالت نیز نیروی شناوری و نیروی وزن با یکدیگر برابرند؛ با این تفاوت که چگالی جسم کمتر از چگالی شاره است.



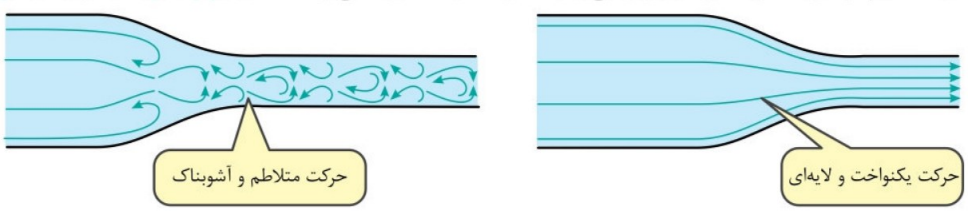
۴. بالا رفتن: اگر نیروی شناوری از نیروی وزن جسم بیشتر باشد، برآیند نیروها رو به بالا خواهد بود و جسم در شاره به سمت سطح حرکت می‌کند. در این حالت، چگالی جسم کمتر از چگالی شاره است.

با نزدیک شدن جسم به سطح شاره، بخشی از آن از شاره خارج می‌شود و در نتیجه حجم شاره‌ی جابه‌جاشده کاهش می‌یابد. سرانجام، نیروی شناوری با نیروی وزن برابر می‌شود و جسم در حالت شناور قرار می‌گیرد.

شاره در حرکت:

نحوه حرکت شاره: شاره به دو صورت **۱.یکنواخت و لایه‌ای – ۲. آشوبناک و متلاطم** حرکت می‌کند.

در شکل زیر هر دو صورت حرکت را مشاهده می‌کنید:



Telegram: @konkur_in

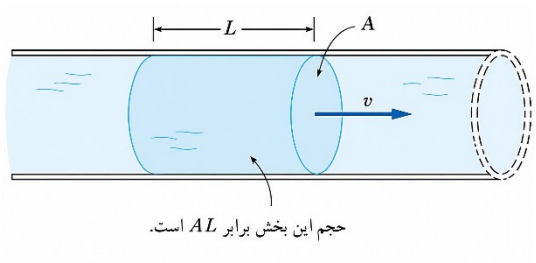
www.konkur.in

توجه!

برای بررسی حرکت شاره آن را **مدل‌سازی** می‌کنیم و فرض می‌کنیم چگالی شاره در همه جا یکسان و ثابت بوده و اصطکاک داخلی (ویسکوزینه یا چسبندگی) ندارد و حرکتش، بدون تلاطم بوده و لایه‌ای است.

آهنگ شارش حجمی شاره: مقدار حجمی از شاره که در مدت زمان مشخص از یک مقطع عبور می‌کند را **آهنگ شارش حجمی** آن شاره می‌نامند و از رابطه زیر بدست می‌آید:

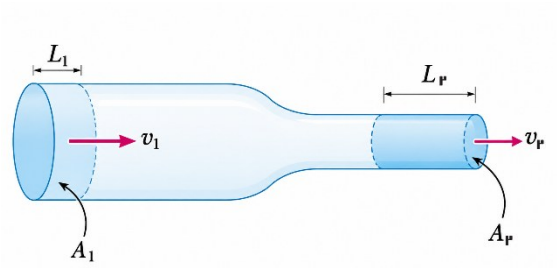
$$\text{آهنگ شارش حجمی شاره} = \frac{\text{حجم شاره}}{\text{زمان}} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{AL}{\Delta t} = Av$$



توجه!

- **در حالت پایا (یعنی زمانی که همه جای لوله پر از آب است) مقدار آبی که در یک مدت زمان معین از یک مقطع لوله می‌گذرد با مقداری که از هر مقطع دیگر لوله در همان مدت زمان می‌گذرد برابر است. در نتیجه اگر اندازه سطح مقطع لوله کم شود جریان آب تند می‌شود و برعکس.**

معادله پیوستگی: معادله پیوستگی برای شاره‌های تراکم ناپذیر که جریان پایا و یکنواخت دارند به صورت زیر است:



$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

در این رابطه A مساحت مقطع و v تندی جریان شاره می‌باشد.

رسیدیم به آخرین قسمت این فصل از کتاب، ولی بیایید قبلش به این سؤال‌ها دقت کنیم.

تا حالا شده فکر کنید:

- **چرا وقتی عطر یا اسپری را فشار می‌دهیم، مایع داخل آن به بیرون کشیده شده و به صورت ذرات ریز در هوا پخش می‌شود؟**
- **چرا وقتی باد با سرعت زیادی می‌وزد، می‌تواند اجسام سبک را بالا ببرد یا حتی سقف بعضی سازه‌ها را بلند کند؟**
- **چرا وقتی از کنار یک کامیون یا اتوبوس در حال حرکت عبور می‌کنیم، گاهی احساس می‌کنیم هوا ما را به سمت آن می‌کشد؟**
- **چرا پرندگانی مثل لک‌لک یا عقاب، گاهی بدون بال زدن، مدت زیادی در هوا باقی می‌مانند؟ چه چیزی به آن‌ها کمک می‌کند که در هوا بمانند؟**
- **چرا اگر هوا از بین دو جسم با سرعت زیادی عبور کند (مثلا بین دو ورقه کاغذ فوت کنیم)، ممکن است این دو جسم به سمت یکدیگر کشیده شوند؟**

Telegram: @konkur_in

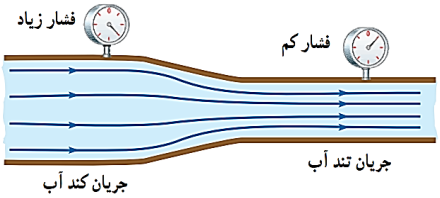
www.konkur.in

شاید در نگاه اول، این پدیده‌ها ارتباط چندانی با هم نداشته باشند؛ اما در همه‌ی آن‌ها یک نکته‌ی مهم وجود دارد:

"تغییر سرعت یک شاره می‌تواند باعث تغییر فشار آن شود"

در ادامه با **اصل برنولی** آشنا می‌شویم و می‌بینیم چگونه این اصل می‌تواند بسیاری از این اتفاق‌های جالب و آشنا را برایمان توضیح دهد.

اصل برنولی: در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد.



یعنی اگر در یک مسیر، شاره‌ای را در نظر بگیریم که در بخشی از مسیر با تندی بیشتری حرکت می‌کند، فشار شاره در آن قسمت کمتر خواهد بود.

به زبان ساده‌تر، **هر جا شاره تندتر حرکت کند، فشار آن کمتر است و هر جا شاره آرام‌تر حرکت کند، فشار آن بیشتر است.**

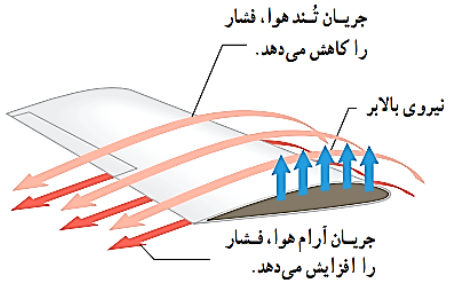
شاید در ابتدا کمی عجیب به نظر برسد! انتظار داریم شاره‌ای که با سرعت بیشتری حرکت می‌کند، فشار بیشتری هم داشته باشد؛ اما در بسیاری از جریان‌های شاره‌ای، دقیقاً برعکس این اتفاق رخ می‌دهد.

حالا می‌توانیم دوباره به سؤال‌هایی که در ابتدای این بخش مطرح کردیم برگردیم. چرا عطر به‌صورت ذرات ریز از اسپری خارج می‌شود؟ چرا پرندگان می‌توانند بدون بال‌زدن در هوا باقی بمانند؟ و چرا حرکت سریع هوا می‌تواند باعث کشیده شدن اجسام به سمت جریان هوا شود؟

اصل برنولی به ما کمک می‌کند پاسخ این پرسش‌ها را پیدا کنیم.

استفاده از اصل برنولی در پرواز هواپیما:

در بال هواپیما از اصل برنولی برای برخاستن هواپیما از زمین استفاده شده است. طراحی بال به گونه‌ای است که تندی هوا در بالای بال بیشتر از پایین بال است پس فشار هوای بالای بال کمتر از فشار هوا در پایین بال است و نیروی خالصی به نام نیروی بالابری در هواپیما ایجاد خواهد شد.



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:

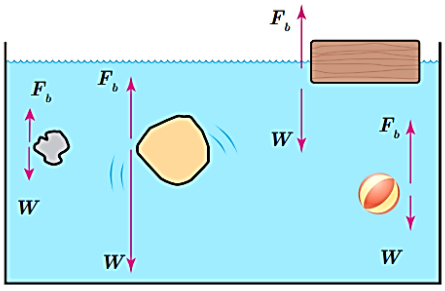
دست گرمی...

۹۴. **الف:** درون یک ظرف مقداری آب بریزید یک پوش‌برگ (فویل) آلومینیومی به ابعاد ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متر اختیار کنید و آن را مچاله کنید پیش‌بینی کنید با قرار دادن پوش‌برگ مچاله شده روی سطح آب چه اتفاقی می افتد؟



ب: پوش‌برگ دیگری با همان ابعاد اختیار کنید و به جای مچاله کردن آن را چندین بار روی هم تا کنید اگر این پوش‌برگ چند لایه را روی سطح آب قرار دهید پیش‌بینی کنید اتفاقی می‌افتد ؟

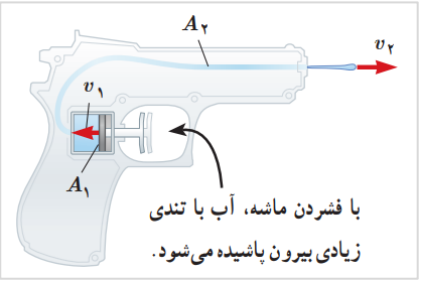
۹۵. در شکل روبرو نیروی شناوری F_b و نیروی وزن W وارد بر چند جسم نشان داده شده است. با توجه به نیروی خالص وارد بر هر جسم و وضعیت آن را به کمک یکی از واژه‌های شـــناوری، غوطه‌وری، فرورفتن و بالارفتن توصیف کنید.



۹۶. چوب پنبه‌ای به جرم ۲۰۰ گرم بر سطح آب شناور است. نیروی خالص وارد بر چوب پنبه و نیروی شناوری وارد بر آن چند نیوتون است؟

۹۷. شکل روبه‌رو یک تفنگ آب‌پاش را نشان می‌دهد که با فـــشردن ماشه آن، آب با تندی زیادی بیرون می‌آید.

اگر $A_1 = 2cm^2$ ، $A_1 = 0/1\ mm^2$ باشد تندی خروج $v_1 = 2\ cm/s$ آب را به دست آورید.



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۹۸. وقتی شیر آبی را کمی باز کنید و آب به آرامی جریان یابد، مشاهده می‌شود که باریکه آب با نزدیکتر شـــدن به زمین، باریک‌تر می‌شـــود. دلیل این پدیده را توضیح دهید.



۹۹. درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید:

الف: بلند کردن یک جسم درون آب آسان‌تر از بلند کردن آن جسم خارج از آب است.

ب: اندازه نیروی شناوری به عمق جسم شناور در آن عمق قرار دارد وابسته است.

پ: اگر چگالی جسمی برابر چگالی مایع باشد جسم روی مایع شناور می‌شود.

۱۰۰. کلمه مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید:

الف: به جسم درون یک شاره همواره نیروی (بالاسو- پایین‌سو) خالصی وارد می‌شود.

ب: اگر نیروی شناوری از وزن جسم کمتر باشد جسم درون شاره (غوطه‌ور می‌شود- فرو می‌رود).

۱۰۱. درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید:

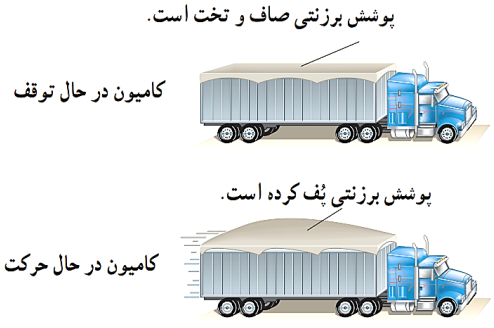
الف: در یک جریان لایه‌ای از آب هرچه سطح مقطع لوله‌ای که در آن آب جاری می‌شود افزایش یابد سرعت آب کاهش می‌یابد.

ب: برای شاره‌ای که به طور لایه‌ای و در امتداد افق در جریان است، با افزایش تندی شاره فشار داخل شاره افزایش می‌یابد.

پ: در هنگام بلند شدن هواپیما از سطح زمین سرعت جریان هوا در زیر بال‌ها کمتر از سرعت جریان هوا در بالای آن است.

۱۰۲. روزهایی که باد می وزد، ارتفاع موج‌های دریا یا اقیانوس بالاتر از ارتفاع میانگین می‌شود. با اصل برنولی چگونه می‌توان افزایش ارتفاع موج را توضیح داد؟

۱۰۳. شکل روبه‌رو کامیونی را در دو وضعیت سکون و در حال حرکت نشـــان می‌دهد. با اســـتفاده از اصـــل برنولی توضـــیح دهید: چرا وقتی کامیون در حال حرکت است پوشش برزنتی آن پف می‌کند؟



۱۰۴. توضیح دهید چرا نیروی شناوری برای جسمی که در یک شاره قرار دارد رو به بالاست؟

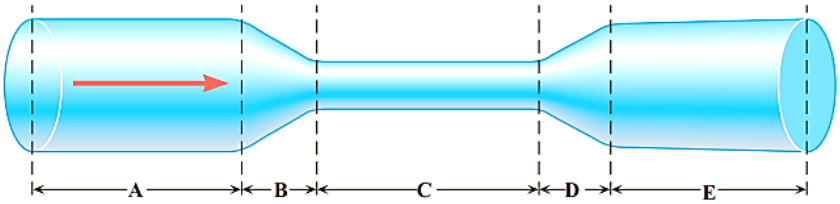
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۱۰۵. در لوله‌ای پر از آب مطابق شکل زیر، آب از چپ به راست در جریان است. روی این لوله ۵ قسمت A ، B ، C ، D و E نشان داده شده است.

الف: در کدام یک از قسمت‌های لوله، تندی آب، در حال افزایش، در حال کاهش، یا ثابت است؟

ب: تندی آب را در قسمتهای A ، C و E لوله با یکدیگر مقایسه کنید.

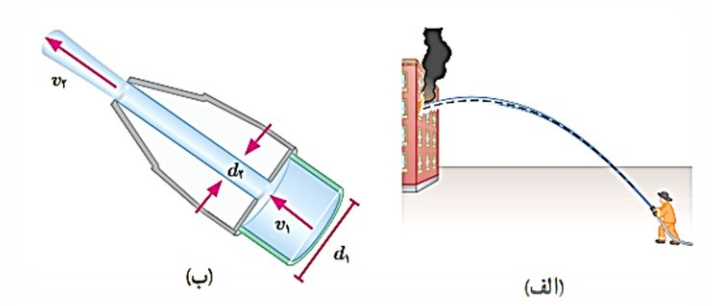


۱۰۶. دو نوار کاغذی به طول تقریبی $۱۰cm$ را به انتهای یک نی نوشابه بچسبانید. وقتی به درون نی دمیده می‌شود، نوارهای کاغذی به طرف یکدیگر جذب می‌شوند. با توجه به اصل برنولی دلیل این پدیده را توضیح دهید.



ارتقاء سطح...

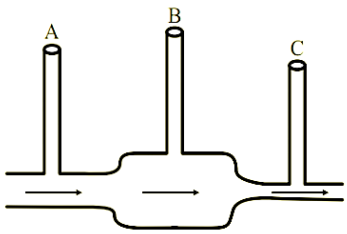
۱۰۷. شکل (الف) آتش‌نشانی را درحال خاموش کردن آتش از فاصله نسبتا دوری نشان می‌دهد. نمایی بزرگ شده از شیر بسته شده به انتهای لوله آتش‌نشانی در شکل (ب) نشان داده شده است. اگر آب با تندی $v_۱ = ۱/۵\,m/s$ از لوله وارد شیر شود و قطر ورودی شیر $d_۱ = ۹/۶\,cm$ و قطر قسمت خروجی آن $d_۲ = ۲/۵\,cm$ باشد، تندی خروج آب را از شیر پیدا کنید.



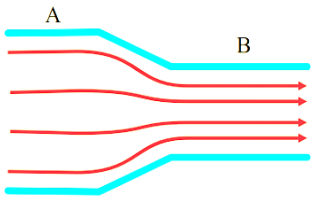
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

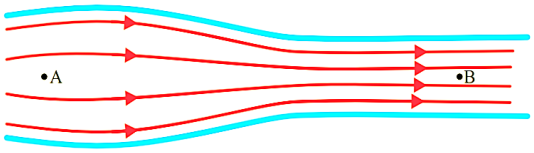
۱۰۸. ارتفاع آب درون کدام لولهٔ عمودی پایین‌تر است؟
(آب به‌طور پیوسته در لولهٔ افقی جریان دارد و رسم نشده است.)



۱۰۹. در شکل زیر، سیال تراکم ناپذیری که حجم لوله را پُر کرده است، در راستای افقی جاری است و شعاع مقطع لوله در قسمت A دو برابر شعاع مقطع لوله در قسمت B است. آهنگ شارش سیال در مقطع A چند برابر آهنگ شارش در مقطع B است؟

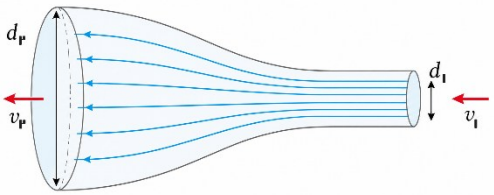


۱۱۰. در شکل زیر، آب به صورت پیوسته در لوله جاری است. اگر قطر مقطع بزرگ دو برابر قطر مقطع کوچک باشد، تندی حرکت آب در نقطهٔ A چند برابر تندی در نقطهٔ B است؟

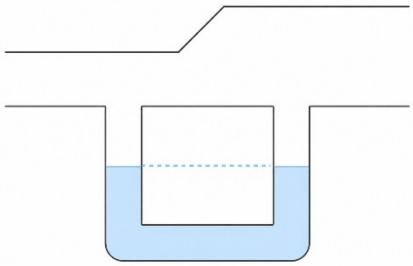


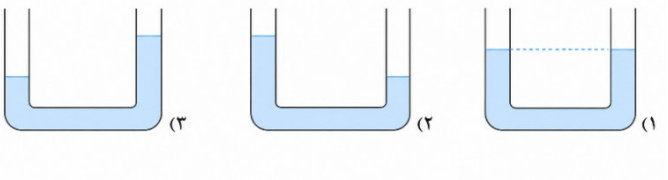
غول مرحله آخر!

۱۱۱. اگر در شکل مقابل، قطر مقطع لوله در دو قسمت نشان داده شده $۱۰cm$ و $۴۰cm$ باشد و جریان لایه‌ای آب از دهانهٔ کوچک‌تر وارد لوله شود، هنگام خروج از دهانهٔ بزرگ‌تر، تندی آب چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟



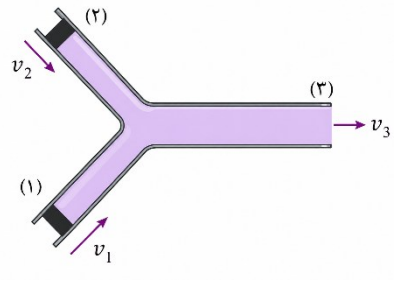
۱۱۲. مطابق شکل مقابل، یک لولهٔ U شکل را به لوله‌ای با سطح مقطع متغیر وصل می‌کنیم. اگر توسط یک پمپ، هوا را از سمت راست به چپ درون لوله به حرکت در آوریم، با ذکر دلیل مشخص کنید مایع درون لولهٔ U شکل چگونه می‌ایستد؟



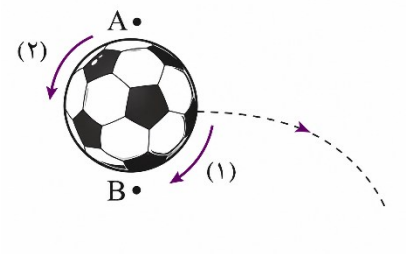


Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



۱۱۳. در شکل مقابل، پیستون‌های (۱) و (۲) با تندی‌های $V_1 = ۱۰\ ^{cm}/_{S}$ و $V_2 = ۴\ ^{cm}/_{S}$ در جهت نشان داده در حال حرکت هستند. تندی خروج آب از دهانه (۳) چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ (قطر مقطع پیستون‌های (۱) و (۲) به ترتیب $۴cm$ و $۲cm$ و قطر دهانه (۳)، برابر $۶cm$ است.)



۱۱۴. در شکل مقابل، مسیر خط‌چین بخشی از مسیر حرکت کاتدار توپ فوتبال را از نمای بالا نشان می‌دهد. جهت چرخش توپ و مقایسه فشار در نقاط A و B، در کدام گزینه به درستی بیان شده است؟

الف: $P_B < P_A$، (۱)　　**ب:** $P_B < P_A$، (۲)

پ: $P_B > P_A$، (۱)　　**ت:** $P_B > P_A$، (۲)

یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

فصل سوم:
کار، انرژی و توان



Telegram: @konkur_in

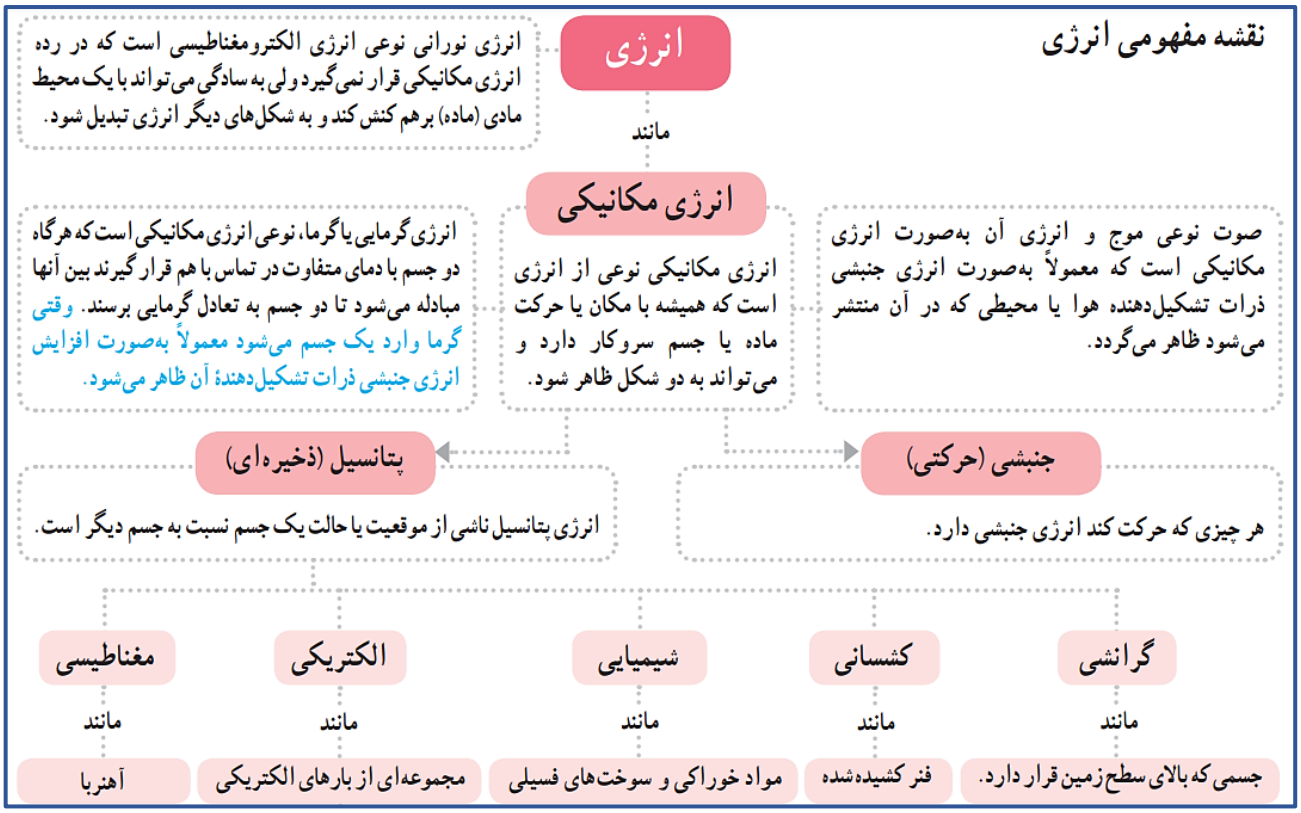
www.konkur.in

انـــرژی

انرژی را می‌توانیم به‌عنوان **«کار ذخیره شده»** یا **«توانایی انجام کار»** تعریف کنیم. به زبان ساده هرگاه کاری انجام می‌شود یا تغییری در جسم ایجاد شود، پای تبدیل انرژی در میان است.

توجه!

- **انرژی کمیتی نرده‌ای بوده و یکای آن در SI ژول J می‌باشد.**
- **انرژی انواع مختلفی دارد، انرژی می‌تواند از جسمی به جسم دیگر و همچنین از نوعی به نوع دیگر تبدیل شود. در شکل زیر نقطه مفهومی انرژی را مشاهده می‌کنید:**



در ادامه به بررسی برخی از انواع انرژی خواهیم پرداخت:

انرژی جنبشی: انرژی جنبشی، انرژی وابسته به **حرکت** یک جسم است. پس هر جسم در حال حرکت دارای انرژی جنبشی است. هرچه سرعت جسم بیشتر باشد، انرژی جنبشی آن بیشتر است و هنگامی که جسم ساکن باشد، انرژی جنبشی آن صفر است.

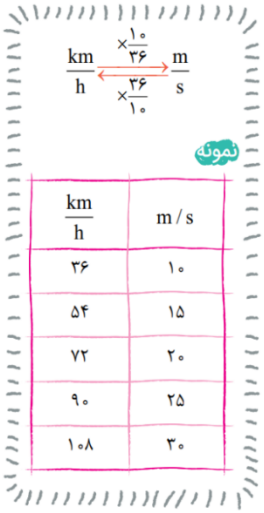
انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با تندی v در حال حرکت باشد از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$K = \frac{۱}{۲}mv^{۲}$$

- **در این رابطه K، انرژی جنبشی بر حسب ژول J ، جرم m بر حسب کیلوگرم kg ، تندی v بر حسب متر بر ثانیه m/s می‌باشد.**

Telegram: @konkur_in

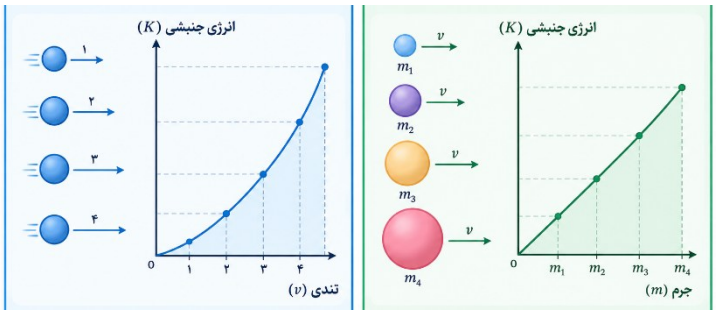
www.konkur.in



- اگر تندی جسم بر حسب کیلومتر بر ساعت km/h داده شود برای تبدیل آن به متر بر ثانیه m/s کافیست آن را به ۳/۶ تقسیم کنیم و برعکس برای تبدیل m/s به km/h آن را در ۳/۶ ضرب می‌کنیم.

$$km/h \xrightarrow{\div ۳/۶} m/s$$
$$m/s \xrightarrow{\times ۳/۶} km/h$$

- یکای انرژی جنبشی و هر نوع دیگری از انرژی، $kg\frac{m^۲}{s^۲}$ است که به افتخار جیمز ژول، فیزیکدان انگلیسی ، ژول J نامیده می‌شود.
- انرژی جنبشی کمیتی نرده‌ای بوده و همواره مثبت است. این کمیت تنها به جرم و تندی جسم بستگی دارد و به جهت حرکت جسم وابسته نیست.



- رابطه انرژی جنبشی بر حسب تندی K-v تابعی درجه ۲ بوده و نمودار آن به شکل سهمی می‌باشد.
- رابطه بین انرژی جنبشی بر حسب جرم جسم تابعی خطی بوده و نمودار آن به شکل یک خط راست می‌باشد.

نکته

- در برخی از مسائل، ممکن است از شما خواسته شود انرژی جنبشی دو جسم با جرم و تندی متفاوت را با یکدیگر مقایسه کنید. همچنین ممکن است جرم یا تندی یک جسم نسبت به حالت اولیه تغییر کند و بخواهیم انرژی جنبشی آن را در دو حالت اولیه و نهایی مقایسه کنیم. در این مسائل، با استفاده از رابطه انرژی جنبشی می‌توان نسبت انرژی‌های جنبشی را به‌صورت زیر به دست آورد:

$$\frac{K_۲}{K_۱} = \frac{m_۲}{m_۱} \times \left(\frac{v_۲}{v_۱}\right)^۲$$

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

داستان تولد انرژی جنبشی؛ از «نیروی زنده» تا انرژی

امروز وقتی درباره **انرژی جنبشی** صحبت می‌کنیم، رابطه $K = \frac{1}{2}mv^2$ برایمان کاملاً آشناست؛ اما رسیدن به این رابطه، داستانی چندصدساله دارد!

در قرن هفدهم، **گوتفرید ویلهلم لایب‌نیتس**، فیلسوف و ریاضی‌دان آلمانی، متوجه شد که در بسیاری از پدیده‌های طبیعی، کمیتی متناسب با حاصل‌ضرب جرم در مربع تندی اهمیت ویژه‌ای دارد. او این کمیت را **نیروی زنده** نامید.

اما لایب‌نیتس تنها دانشمندی نبود که به دنبال یافتن یک کمیت پایسته در طبیعت می‌گشت.

سال‌ها پیش از او، **رنه دکارت**، فیلسوف، ریاضی‌دان و فیزیک‌دان فرانسوی، بر این باور بود که حاصل‌ضرب جرم در سرعت، کمیتی پایسته در طبیعت است؛ کمیتی که امروزه آن را **تکانه** می‌نامیم.

در واقع، دانشمندان در آن دوران در تلاش بودند به یک پرسش اساسی پاسخ دهند:

در دل تمام تغییرات و حرکت‌های طبیعت، چه کمیتی ثابت می‌ماند؟

سال‌ها گذشت تا سرانجام در سال ۱۸۰۷ میلادی، فیزیک‌دان انگلیسی **توماس یانگ** پیشنهاد کرد برای جلوگیری از اشتباه گرفتن **نیرو** با این مفهوم، به جای اصطلاح «نیروی زنده» از واژه **انرژی** (***Energy***) استفاده شود.

این واژه به‌تدریج جای خود را در زبان فیزیک باز کرد؛ هرچند در ابتدا چندان مورد استقبال قرار نگرفت.

اما داستان هنوز تمام نشده بود!

در سال ۱۸۶۷ میلادی، دو فیزیک‌دان اسکاتلندی، **لُرد کلوین و پیتر تیت**، در کتاب فلسفه طبیعی، اصطلاح **انرژی جنبشی** را برای انرژی یک جسم در حال حرکت به کار بردند. آن‌ها همچنین ضریب $\frac{1}{2}$ را که در بیان اولیه لایب‌نیتس وجود نداشت، وارد رابطه کردند.



و این‌گونه، پس از سال‌ها تلاش و اختلاف‌نظر میان دانشمندان، مفهومی شکل گرفت که امروزه یکی از بنیادی‌ترین مفاهیم فیزیک است:

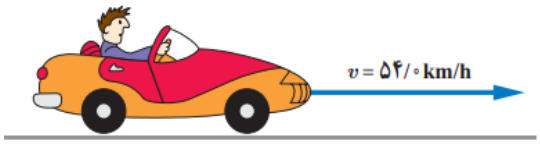
$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

نکته: جالب: در تاریخ علم، گاهی یک فرمول در یک لحظه کشف نمی‌شود؛ بلکه حاصل تلاش چندین دانشمند در طول سال‌هاست. انرژی جنبشی یکی از همین داستان‌هاست.

تمرین و حل مسئله:

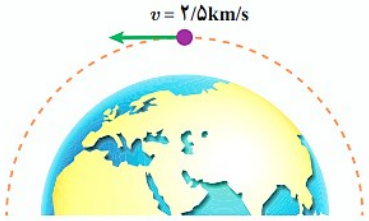
دست گرمی...

۱. جرم خودرویی به همراه راننده‌اش $840\,kg$ است. این خودرو با تندی $54\ {}^{km}/_{h}$ در حرکت است، انرژی جنبشی آن چند ژول است؟



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

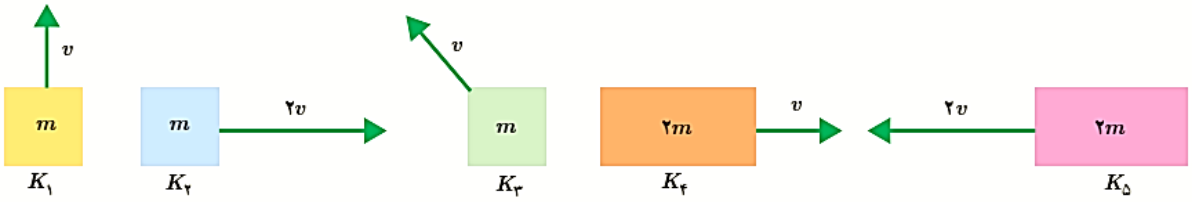


۲. ماهوارهای به جرم $۲۲۰kg$، با تندی ثابت $۲/۵\ km/s$ دور زمین می‌چرخد. انرژی جنبشی ماهواره را برحسب ژول و مگاژول حساب کنید.

۳. جرم خودرویی به همراه راننده‌اش $۸۴۰kg$ است. تندی خودرو در دو نقطه از مسیرش روی شکل زیر داده شده است. تغییرات انرژی جنبشی خودرو ($\Delta K = K_۲ - K_۱$) را بین این دو نقطه حساب کنید.



۴. انرژی جنبشی هر یک از اجسام زیر را با هم مقایسه کنید و مقدار آن را به ترتیب از کمترین تا بیشترین بنویسید.



۵. شهاب‌سنگی به جرم $۱/۴ \times ۱۰^۵kg$ را در نظر بگیرید که با تندی $۴\ km/s$ وارد جو زمین شده است. انرژی جنبشی این شهاب‌سنگ را به دست آورید. این انرژی را با انرژی جنبشی یک هواپیمای مسافربری به جرم $۷/۲ \times ۱۰^۵kg$ که با تندی در $۲۵۰\ km/s$ حرکت است مقایسه کنید.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۶. حدود ۵۰۰۰۰ سال پیش شهاب سنگی در نزدیک آریزونای آمریکا به زمین برخورد کرده و چاله‌ای بزرگ از خود به جای گذاشته است. با اندازه‌گیری‌های برآورد شده، جرم این شهاب سنگ حدود $۱/۴ \times ۱۰^{۸} kg$ بوده و با تندی $۱۲ \, {}^{km}/_{s}$ به زمین برخورد کرده است.

الف: انرژی جنبشی این شهاب‌سنگ را در لحظه برخورد به زمین بدست آورید.

ب: انرژی جنبشی این شهاب‌سنگ معادل انفجار چند کیلو TNT است؟ (هر تن TNT تقریبا برابر $۴/۲ \times ۱۰^{۹} J$ است.)

۷. انرژی جنبشی خودرویی به جرم $۲۰۰۰ \, kg$ که با سرعت $۳۶ \, {}^{km}/_{h}$ حرکت می‌کند، چند کیلوژول است؟

۸. انرژی جنبشی توپی به جرم ۵۰۰g برابر $۱۰۰ J$ است. تندی توپ چند کیلومتر بر ساعت است؟

ارتقاء سطح...

۹. جرم خودرویی به همراه راننده اش $۸/۴ \times ۱۰^{۲} kg$ است. وقتی این خودرو در حرکت است انرژی جنبشی آن، $۹/۴۵ \times ۱۰^{۴} J$ است. تندی آن در این حالت چند کیلومتر بر ساعت بوده است؟

۱۰. اگر از جرم جسمی ۱۰ درصد کم کرده و بر سرعت آن ۱۰ درصد اضافه کنیم، انرژی جنبشی آن تقریبا چند درصد تغییر می‌کند؟

۱۱. انرژی جنبشی گلوله‌ای $۴ J$ و سرعت آن $۴ m/s$ است. سرعت آن را به چند متر بر ثانیه برسانیم تا انرژی جنبشی آن $۵ J$ شود؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۱۲. راننده کامیونی با حذف مقداری بار، ۲۵ درصد جرم کل کامیون را کم کرده و همچنین ۲۰ درصد بر تندی حرکت آن افزوده است. با این عمل انرژی جنبشی کامیون ..... درصد ..... می‌یابد.



غول مرحله آخر!

۱۳. تندی حرکت جسم A، $54\ km/h$ بیشتر از تندی حرکت جسم B است. اگر جرم جسم B، هشت برابر جرم جسم A و انرژی جنبشی جسم B نصف انرژی جنبشی جسم A باشد، تندی حرکت جسم A چند متر بر ثانیه است؟

۱۴. دو جسم مکعبی شکل به ضلع‌های a_1 و $a_2 = 2a_1$ و چگالی‌های $\rho_2 = \frac{\rho_1}{2}$ در اختیار داریم. اگر تندی حرکت دو جسم به ترتیب v_1 و v_2 باشد، انرژی جنبشی هر کدام $40J$ می‌شود. اگر تندی حرکت دو جسم به ترتیب v_2 و v_1 شود. اختلاف انرژی جنبشی آن‌ها چند ژول می‌شود؟

یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

کار نیروی ثابت

کار:

اگر به جسمی نیرو وارد شود و جسم در اثر آن نیرو جابه‌جا شود می‌گوییم نیرو روی جسم کار انجام داده است.

توجه!

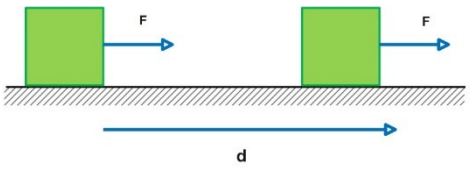
- **در فیزیک زمانی روی جسم کار انجام می‌شود که این دو شرط برقرار باشند: ۱. به جسم نیرو وارد شود. ۲. جسم در راستای نیروی وارد شده، جابه‌جا شود.**

انجام کار توسط یک نیرو را در دو حالت بررسی می‌کنیم:

۱. نیرو و جابه‌جایی هم‌جهت باشد

۲. نیرو و جابه‌جایی هم‌جهت نباشند؛ یعنی بین راستای نیرو و جابه‌جایی زاویه‌ای وجود داشته باشد.

کار انجام شده هنگام هم‌جهت بودن نیرو و جابه‌جایی:

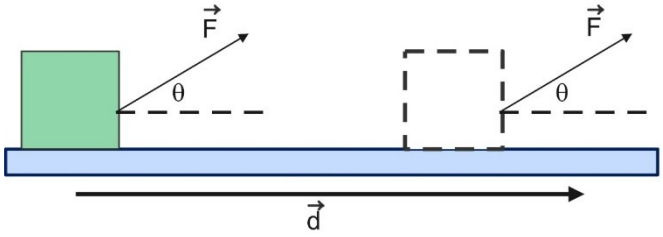


ساده‌ترین کار زمانی است که نیروی ثابت $\vec{F}$ به جسمی وارد شود و جسم در همان جهت نیرو به اندازه $\vec{d}$ جابه‌جا گردد، در این حالت برای بدست آوردن کار انجام شده روی جسم ، مقدار (اندازه) نیرو را در (اندازه) جابه‌جایی ضرب می‌کنیم، پس کار انجام شده توسط این نیرو از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$W = F \times d$$

- **در رابطه بالا F بر حسب نیوتون (N) و d برحسب متر (m) می‌باشد.**
- **کار یک کمیت نرده‌ای (عددی) است که یکای آن در SI ، ژول J می‌باشد.** $(1\ J = 1\ N \cdot m)$

کار انجام شده هنگامی که نیرو و جابه‌جایی زاویه θ دارند:



حال اگر نیرو و جابه‌جایی هم‌جهت نباشند و با یکدیگر زاویه‌ی θ داشته باشند کار انجام شده توسط نیروی ثابت $\vec{F}$ از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$W = Fd\cos\theta$$

- **در رابطه بالا F اندازه نیرو ، d اندازه جابجایی و θ زاویه بین $\vec{F}$ و $\vec{d}$ است.**

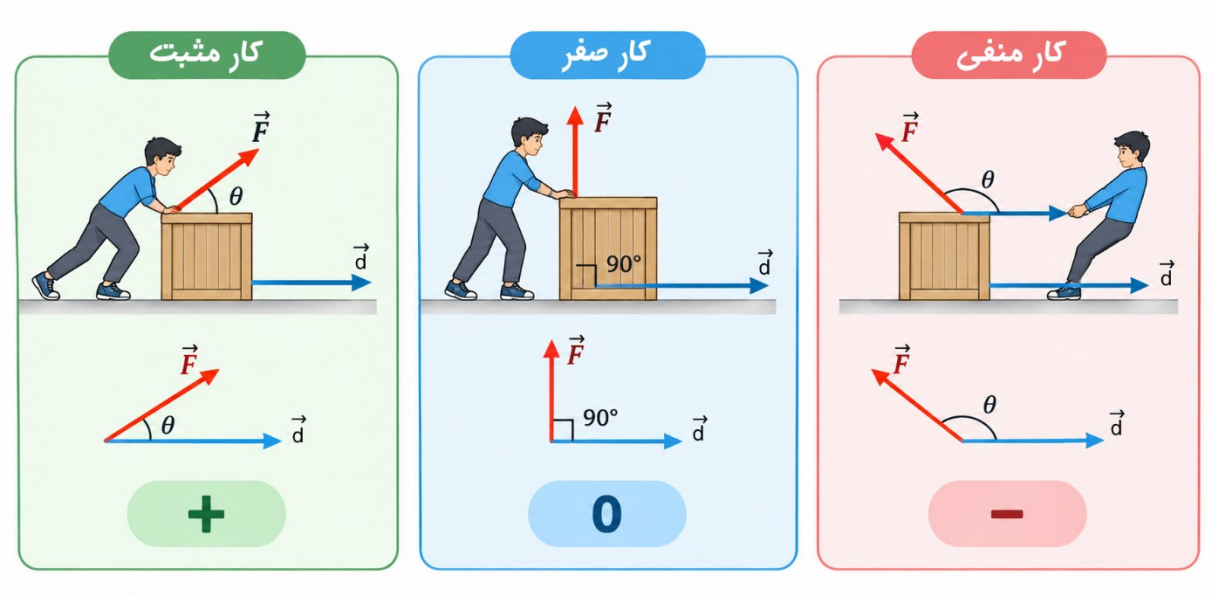
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

توجه!

کار یک نیرو به زاویه بین **نیرو** و **جابه‌جایی** بستگی دارد و می‌تواند **مثبت**، **صفر** یا **منفی** باشد:

۱. اگر θ زاویه **حاده** باشد (یعنی بین صفر تا ۹۰ درجه) در آن صورت کار **مثبت** می‌شود.
۲. اگر زاویه θ **قائمه** باشد (یعنی ۹۰ درجه باشد) در این صورت کار نیروی F برابر **صفر** است.
۳. اگر زاویه θ **منفرجه** باشد (یعنی بین ۹۰ تا ۱۸۰ درجه) در این حالت کار **منفی** می‌شود.

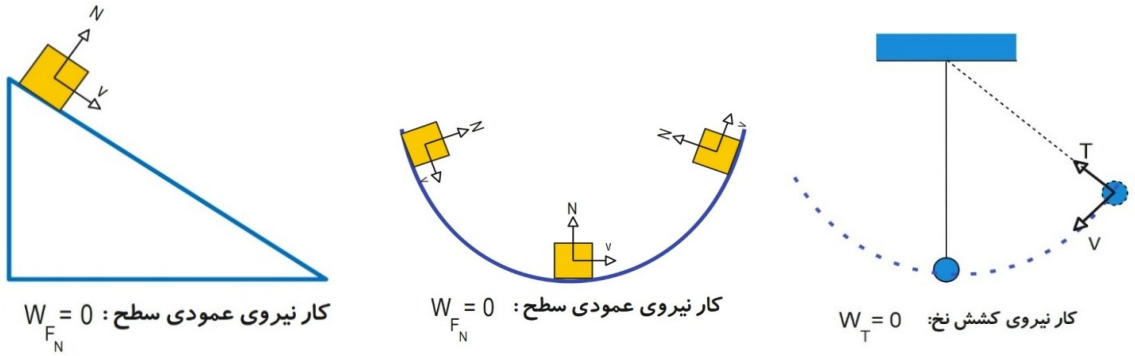


نکته

در سه حالت کار انجام نمی‌شود:

۱. نیرویی به جسم وارد نشود. ۲. نیرو بر جابه‌جایی عمود باشد. ۳. جسم جابه‌جا نشود.

اگر نیرویی در طی مسیر حرکت جسم همواره بر بردار سرعت جسم عمود باشد ، در این صورت در هر لحظه $\theta = ۹۰$ خواهد بود ، بنابراین کار این نیرو صفر است.

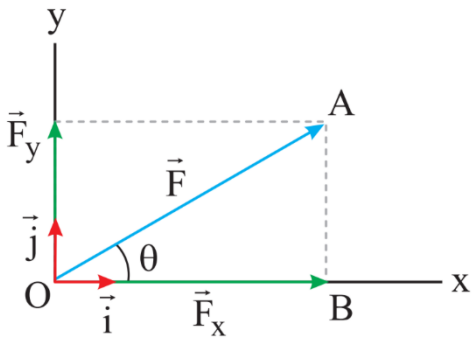


Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

یادآوری ریاضی:

تجزیه بردار: اگر برداری به شکل روبرو داشته باشیم، می‌توانیم از انتهای آن دو خط فرضی بر محورهای x و y عمود کنیم و مقادیر F_x و F_y را در راستای x و y به‌دست آوریم. این عمل **تجزیه بردار به مولفه‌هایش** نام دارد.



حال می‌توانیم بردار $\vec{F}$ را به کمک مولفه‌هایش بنویسیم:

$$\vec{F} = F_y\vec{i} + F_y\vec{j}$$

همچنین برای بدست آوردن اندازه‌های F_x و F_y از روابط زیر استفاده می‌کنیم:

$$F_x = F\cos\theta$$
$$F_y = F\sin\theta$$

در نهایت بردار $\vec{F}$ را می‌توان به صورت

$$\vec{F} = F\cos\theta\,\vec{i} + F\sin\theta\,\vec{j}$$

نوشت.

مقادیر سینوس و کسینوس به ازای چند زاویه پرکاربرد

θ	$\sin\theta$	$\cos\theta$
۰°	۰	۱
۳۰°	$\frac{۱}{۲}$	$\frac{\sqrt{۳}}{۲}$
۴۵°	$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$	$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$
۶۰°	$\frac{\sqrt{۳}}{۲}$	$\frac{۱}{۲}$
۹۰°	۱	۰
۱۲۰°	$\frac{\sqrt{۳}}{۲}$	$-\frac{۱}{۲}$
۱۸۰°	۰	−۱

نکته

اگر بردار نیرو به صورت $\vec{F} = F_x\vec{i} + F_y\vec{j}$ و بردار جابجایی به صورت $\vec{d} = d_x\vec{i} + d_y\vec{j}$ باشد، کار نیروی $\vec{F}$ در جابجایی $\vec{d}$ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$W = F_x d_x + F_y d_y$$

چالش برای کارآگاهان فیزیک:



وزنه‌برداری وزنه سنگین ۲۰۰ کیلوگرمی رو مانند شکل مقابل بالای سرش نگه داشته، این وزنه بردار در مدت ۳ ثانیه چند کیلوژول کار روی وزنه‌ها انجام میده؟

Telegram: @konkur_in

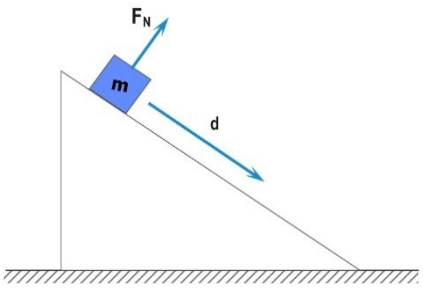
www.konkur.in

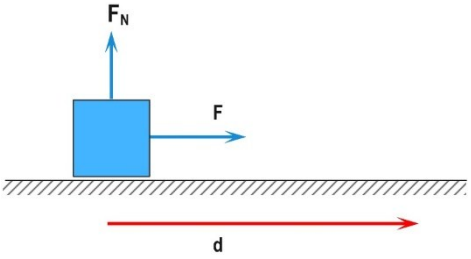
کار برخی نیروهای خاص:

در ادامه به بررسی کار نیروهای خاص از قبیل نیروی **عمودی سطح** (W_{F_N}) – **نیروی اصطکاک** (W_{f_K}) – **نیروی عکس العمل سطح** (W_R) و **نیروی وزن** (W_{mg}) خواهیم پرداخت.

کار نیروی عمودی سطح (W_{F_N}):

هنگامی که یک جسم روی سطح افقی و یا یک سطح شیبدار حرکت می‌کند، با توجه به این که نیروی عمودی سطح (F_N) بر سطح **عمود** است می‌توان گفت زاویه بین این نیرو و جابجایی ۹۰ درجه بوده و بنابراین کار در آن **صفر** است.





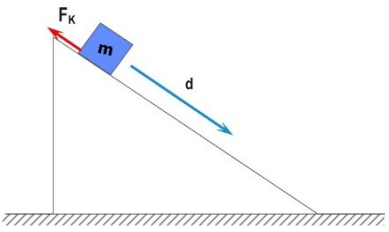
اگر یادتون رفته نیروی عمودی سطح چیه یک نگاه به فصل پنجم علوم نهم بیاندازید! 😉

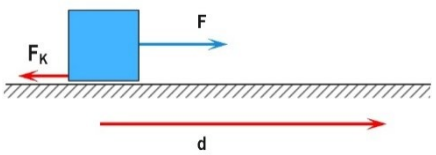
چالش برای کارآگاهان فیزیک:

آیا همواره کار نیروی عمودی سطح صفر است؟

کار نیروی اصطکاک (W_{f_K}):

هنگامی که یک جسم روی یک سطح افقی دارای اصطکاک و یا یک سطح شیبدار دارای اصطکاک حرکت می‌کند همواره نیروی اصطکاک در خلاف جهت حرکت جسم بر آن وارد می‌شود، بنابراین:

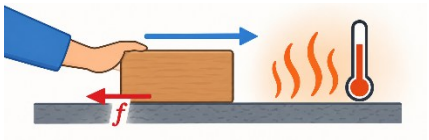




$$W_{f_K} = f_K d \cos ۱۸۰^\circ \quad \rightarrow \quad W_{f_K} = -fd$$

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



- **معمولا کاری که نیروی اصطکاک انجام می‌دهد، به صورت گرما تلف یا ظاهر می‌شود، مقدار این گرما برابر قدر مطلق کار نیروی اصطکاک است.**

- **اگر یادتون رفته نیروی اصطکاک چیه بازم یک نگاه به فصل پنجم علوم نهم بیاندازید!** 😉



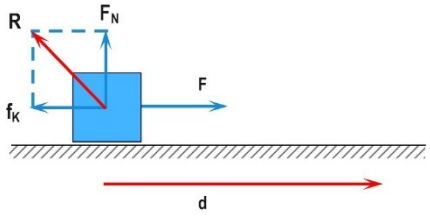
چالش برای کارآگاهان فیزیک:

آیا همواره کار نیروی اصطکاک منفی است؟

کار نیروی عکس العمل سطح (W_R):

نیروی عکس‌العمل سطح نیرویی است که سطح بر جسمِ در تماس با خود وارد می‌کند. این نیرو در حالت کلی، برآیندِ نیروی **عمودی سطح** و **نیروی اصطکاک** است.

مطابق شکل نیروی عکس‌العمل سطح R دارای دو مولفه نیروی عمودی سطح و نیروی اصطکاک است بنابراین داریم:



$$W_R = W_{F_N} + W_{f_N}$$

$$\begin{cases} W_{F_N} = 0 \\ W_{f_K} = -f_K d \end{cases} \rightarrow W_R = -f_K d$$

بنابراین کار نیروی عکس العمل سطح همواره با کار نیروی اصطکاک برابر است. (البته اگه سطح خودش تکون نخوره و بالا و پایین نشه!)



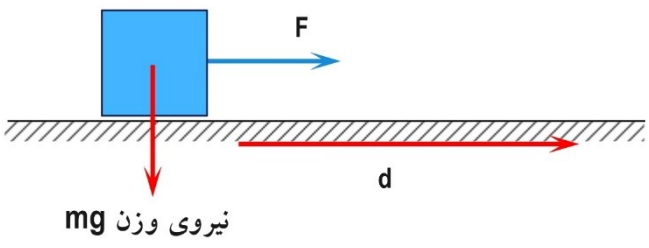
- **این رابطه برای سطح شیبدار هم صادق است.**

کار انجام شده توسط نیروی وزن (W_{mg}): برای به‌دست آوردن کار نیروی وزن دو حالت را در نظر می‌گیریم:

الف: جسم به صورت افقی جابجا شود:

در این حالت با توجه به اینکه نیروی وزن عمود بر جابه‌جایی است، پس کار نیروی وزن برابر صفر خواهد بود:

$$W_{mg} = fd\cos 90^\circ = 0$$



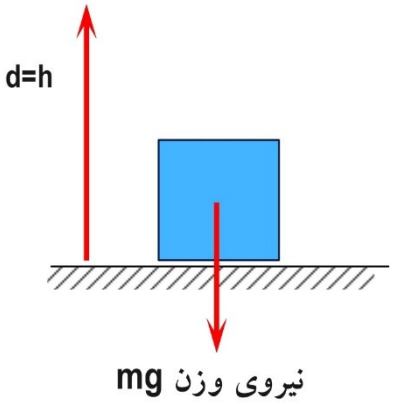
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

ب: جسم در راستای قائم جابجا شود:

جسم در راستای قائم به دو حالت می‌تواند حرکت کند، جسم یا به سمت بالا می‌رود و یا به سمت پایین که هر دو حالت را بررسی می‌کنیم.

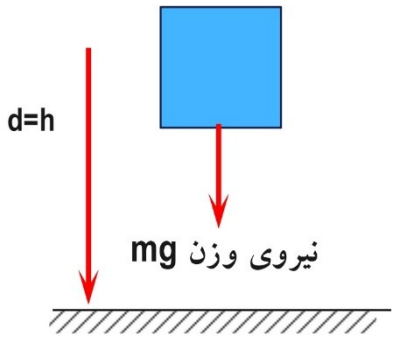
- **در صورت بالا رفتن:**



$$\theta = ۱۸۰^\circ \rightarrow W_{mg} = mgcos\,۱۸۰^\circ = -mgh$$

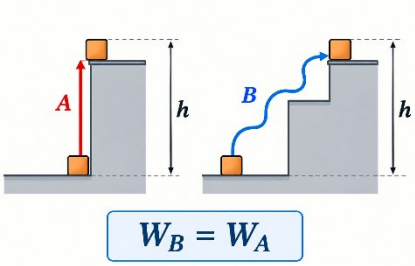
$$W_{mg} = -mgh$$

- **در صورت پایین آمدن:**



$$\theta = ۰^\circ \rightarrow W_{mg} = mgcos\,۰^\circ = mgh$$

$$W_{mg} = mgh$$

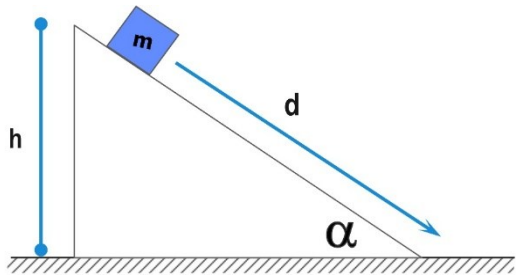


$W_B = W_A$

- دقت کنید که کار نیروی وزن مستقل از مسیر حرکت است و فقط به اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ای که بین آن‌ها جابجایی صورت گرفته بستگی دارد. به شکل مقابل نگاه کنید؛ کار نیروی وزن در در دو مسیر A و B یکسان است.
- کار لازم برای غلبه بر نیروی وزن (W') برابر قدر مقطع کار نیروی وزن W_{mg} است. $W' = |W_{mg}|$

نکته

- هرگاه جسمی از نقطه A تا B روی سطح شیبدار مطابق شکل جابجا شود، کار نیروی وزن برابر است با:



$$W_{mg} = -mgh \rightarrow W_{mg} = -mgd\,sin\alpha$$

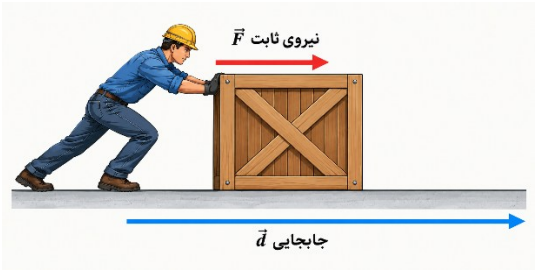
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

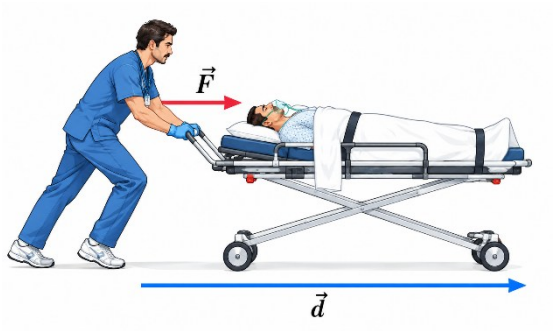
تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۱۵. شکل زیر کارگری را در حال هل دادن جعبه‌ای با نیروی ثابت $۲۵۰\ N$ نشان می‌دهد. اگر جعبه $۱۴\ m$ در امتداد نیرو جابه‌جا شود، کار انجام شده توسط این نیرو چقدر است؟



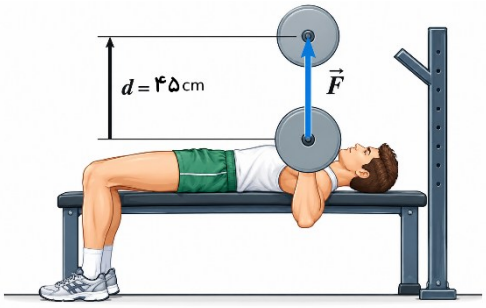
۱۶. بیماری به جرم $۷۲\ kg$ روی تختی به جرم $۱۵\ kg$ دراز کشیده است. پرستاری این تخت را با نیروی ثابت و افقی روی سطحی هموار و با اصطکاک ناچیز هل می‌دهد. مجموعه تخت و بیمار با شتاب $۰/۶\ {}^{m}/_{s^2}$ حرکت می‌کند.



الف: اندازه نیروی $\vec{F}$ چقدر است؟

ب: اگر تخت $۱۰\ m$ در جهت این نیروی جابه‌جا شود، کار انجام شده توسط نیروی $\vec{F}$ را حساب کنید.

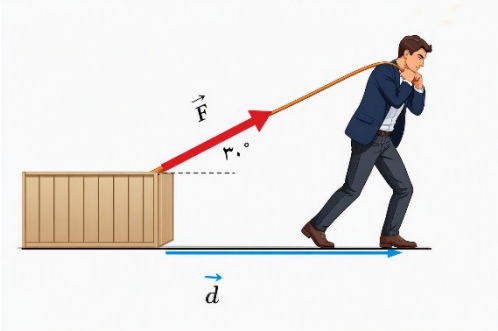
۱۷. ورزشکاری وزنه‌ای به جرم $۶۵\ kg$ را به طور یکنواخت، $۴۵\ cm$ بالای سر خود می‌برد. کاری که این ورزشکار روی وزنه انجام داده است را محاسبه کنید. اندازه شتاب گرانش را $g = ۹/۸\ {}^{N}/_{kg}$ در نظر بگیرید.



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

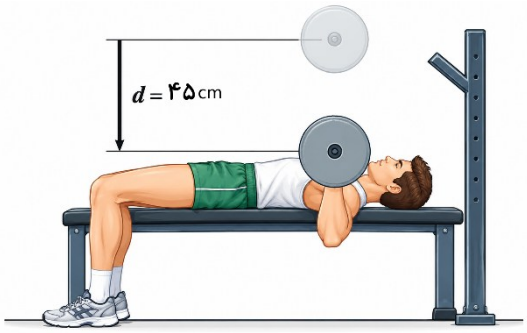
۱۸. شکل روبه‌رو شخصی را نشان می‌دهد که جعبه‌ای را با نیروی ثابت $۲۰۰\ N$ روی سطحی هموار و با اصطکاک ناچیز، به اندازه $۱۰\ m$ جابه‌جا می‌کند.



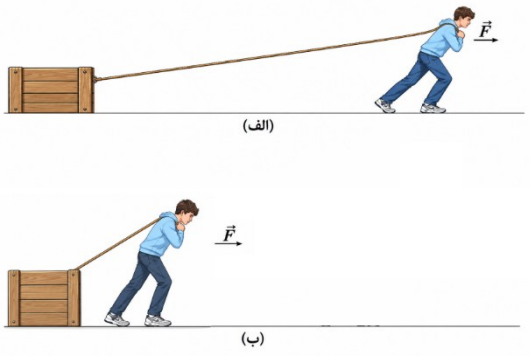
الف: کار انجام شده توسط این نیرو چقدر است؟

ب: نیروهای دیگری را که بر جسم وارد می‌شود مشخص کنید. کاری را که هر کدام از این نیروها روی جسم انجام می‌دهند حساب کنید.

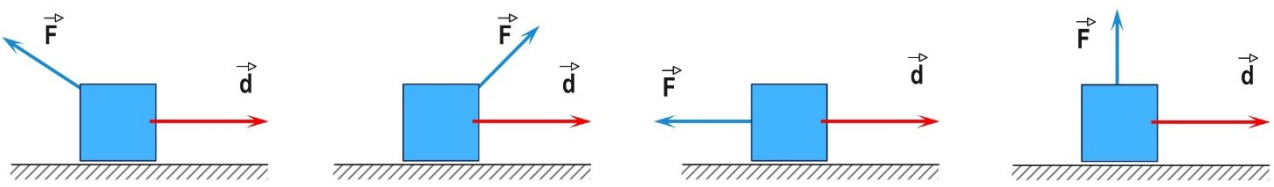
۱۹. تمرین ورزشکار وزنه‌بردار را دوباره ببینید کار انجام شده توسط ورزشکار را روی وزنه برای حالتی حساب کنید که ورزشکار با وارد کردن همان نیروی $\vec{F}$ ، وزنه را به آرامی پایین می‌آورد.



۱۶۳. شخصی جسمی را یک بار با طنابی بلند (شکل الف) و بار دیگر با طنابی کوتاه‌تر (شکل ب) روی سطحی هموار می‌کشد. اگر جابه‌جایی و کاری که این شخص در هر دو بار روی جعبه انجام می‌دهد یکسان باشد، توضیح دهید در کدام حالت، شخص نیروی بزرگتری وارد کرده است. اصطکاک را در هر دو حالت، ناچیز فرض کنید.

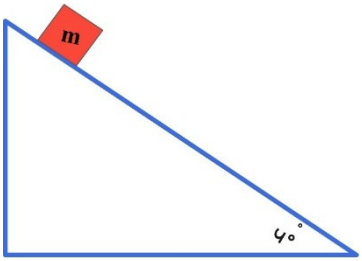


۲۰. تعیین کنید در کدام یک از شکل‌ها علامت کار (مثبت، منفی یا صفر) است.



Telegram: @konkur_in

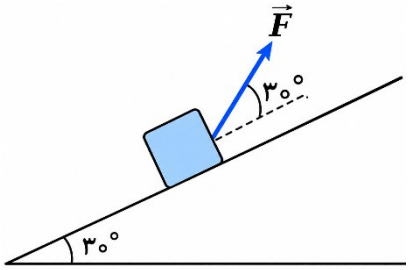
www.konkur.in



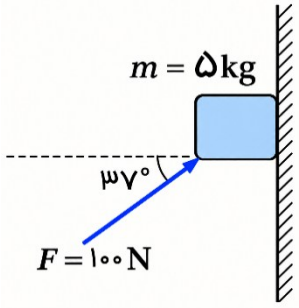
۲۱. جسمی به جرم $۲\ kg$ از بالای سطح شیب‌داری با زاویه ۶۰° مطابق شکل روبه‌رو به پایین می‌لغزد.
کار نیروی عمودی تکیه گاه که از طرف سطح به جسم وارد می‌شود، پس از ۲ m جابه‌جایی جسم چقدر است؟

ارتقاء سطح...

۲۲. نیروی $\vec{F} = ۳۰\ N\,\vec{i} + ۱۰\ N\,\vec{j}$ به جسمی به جرم ۵kg وارد می‌شود و آن را روی سطح افقی به اندازهٔ $\Delta\vec{x} = (۶\ \text{m})\vec{i}$ جابه‌جا می‌کند. کار نیروی F در این جابه‌جایی چند ژول است؟



۲۳. جسمی به جرم $۲kg$ روی سطح شیب‌داری که اصطکاک آن ناچیز است. توسط نیروی ثابت $\vec{F}$ به اندازه $۲m$ با تندی ثابت به طرف بالای سطح شیب‌دار کشیده می‌شود. کار نیروی $\vec{F}$ در این جابه‌جایی چند ژول است؟



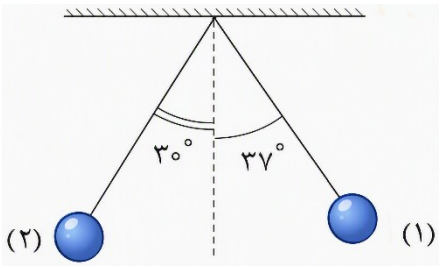
۲۴. در شکل روبه‌رو، جسم با تندی ثابت $۲\ m/s$ به طرف بالا حرکت می‌کند.در یک بازه زمانی معین کار نیروی $\vec{F}$ را با $W_۱$ (برحسب ژول) و کار نیروی وزن را با $W_۲$ (بر حسب ژول) نشان می‌دهیم. مقدار $\frac{W_۱}{W_۲}$ چقدر است؟

Telegram: @konkur_in

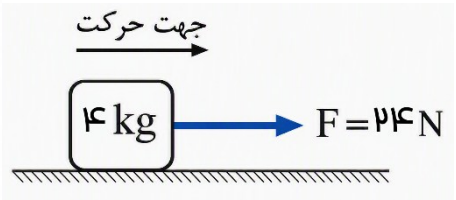
www.konkur.in

غول مرحله آخر!

۲۵. گلوله‌ای به جرم $۵۰g$ به انتهای نخ سبکی به طول $۱m$ آویزان است. گلوله را از وضع تعادل ۳۷° منحرف کرده و از وضعیت (۱) رها می‌کنیم. تا زمانی که گلوله به وضعیت (۲) برسد. کار نیروی کشش طناب در این جابه‌جایی چند ژول خواهد بود؟



۲۶. در شکل روبه‌رو، تندی جسم با شتاب ثابت $۱\ m/s^۲$ در حال افزایش است. کار نیروی اصطکاک در $۲۰m$ جابه‌جایی جسم چند ژول است؟



یادداشت:

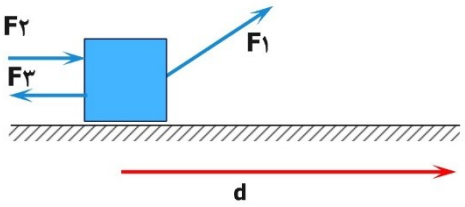
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

کار کل (W_t): در اکثر مواقع ، بیش از یک نیرو به جسم وارد می‌شود. به **مجموع** کار نیروهای وارد بر جسم در یک جابجایی، **کار کل** در آن جابجایی گفته می‌شود.

اگر بیش از یک نیرو هم زمان بر جسم وارد شوند، برای محاسبه کار کل انجام شده بر روی جسم، به دو روش می‌توانیم عمل کنیم:

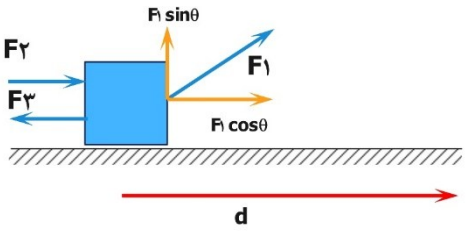
۱. کار هر یک از نیروها را به صورت جدگانه محاسبه و سپس با هم جمع کنیم:



$$W_t = W_1 + W_2 + W_3 \ldots$$

۲. برایند نیروهای در راستای جابجایی جسم F_t را به دست می‌آوریم سپس کار این نیرو را محاسبه می‌کنیم:

در این روش، نیروهایی را که با جهت جابه‌جایی زاویه دارند، به دو مؤلفه در راستای جابه‌جایی و عمود بر آن تجزیه می‌کنیم. سپس برآیند نیروها را در راستای جابه‌جایی به دست می‌آوریم و از آن برای محاسبه کار کل نیروها استفاده می‌کنیم.



$$F_t = F_۲ + F_۱ cos\theta - F_۳$$

$$W_t = F_t d cos\theta$$

- **برای محاسبه F_t ابتدا مولفه‌ای از نیروها که در راستای جابجایی است را به دست می‌آوریم و سپس برایند نیروها در راستای جابه‌جایی را حساب می‌کنیم.**

- **همان‌طور که می‌دانیم اگر زاویه بین نیرو و جابه‌جایی ۹۰ درجه باشد، کار آن نیرو صفر می‌شود، پس نیروهایی که عمود بر جابجایی هستند سهمی در محاسبه کار کل وارد شده بر جسم (W_t) نخواهند داشت.**

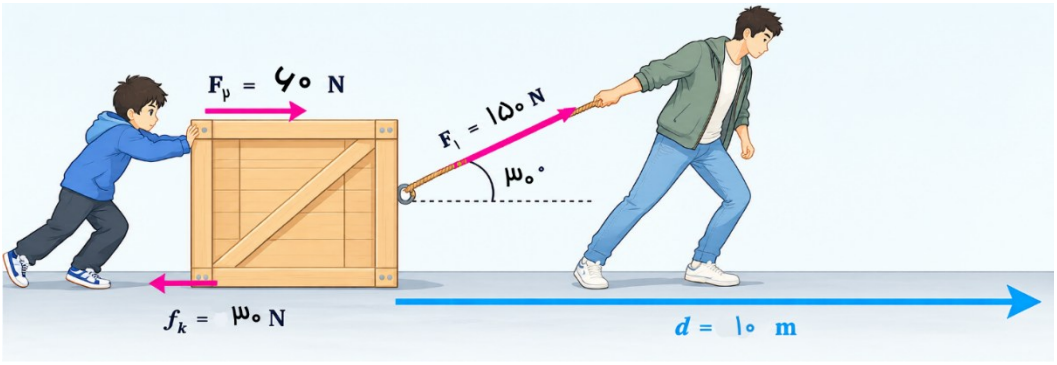
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

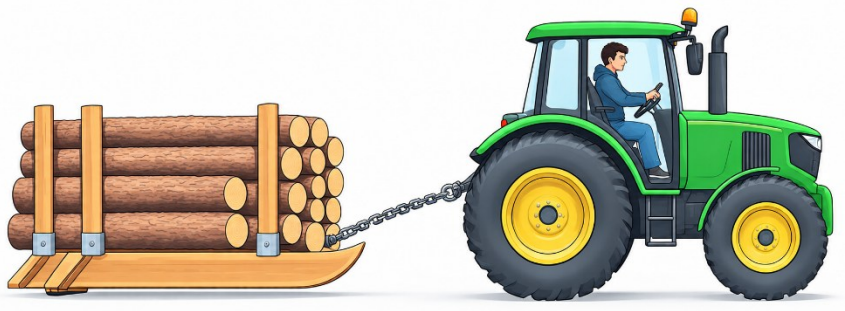
تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۲۷. شکل زیر پدر و پسری را در حال جابه‌جا کردن یک جعبه روی سطحی هموار به طول ۱۰ متر نشان می‌دهد. نیروی F_1 را پدر و نیروی F_2 را پسر به جسم وارد می‌کنند و f_k نیز نیروی اصطکاک جنبشی است که با حرکت جسم مخالفت می‌کند. کار کل انجام شده روی جسم چند ژول است؟



۲۸. کشاورزی توسط تراکتور، سورتمه‌ای پر از هیزم را در راستای یک زمین هموار به اندازه $200\ m$ جابه‌جا می‌کند وزن کل سورتمه و بار آن $mg = 15000\ N$ است. تراکتور نیروی ثابت $F_1 = 5500\ N$ را در زاویه $\theta = 45^\circ$ بالای افق به سورتمه وارد می‌کند. نیروی اصطکاک جنبشی $f_k = 3500\ N$ است که برخلاف جهت حرکت به سورتمه وارد می‌شود. کار کل انجام شده روی سورتمه را محاسبه کنید.

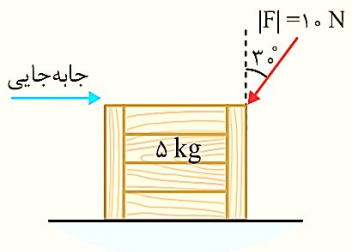


Telegram: @konkur_in

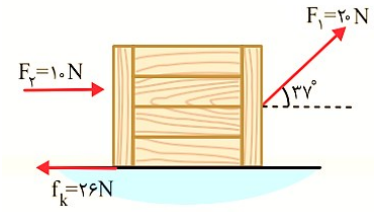
www.konkur.in

ارتقاء سطح...

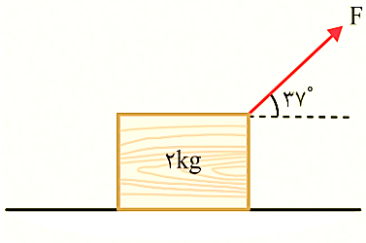
۲۹. در شکل مقابل کار نیروی F در ۵ متر جابه‌جایی افقی جسم به سمت راست چند ژول است؟



۳۰. در شکل مقابل، جعبه‌ای توسط دو نیروی $F_1 = ۲۰\ N$ و $F_2 = ۱۰\ N$ روی سطح افقی با سرعت ثابت $۴\ m/s$ در حال کشیده شدن است. کار هر یک از نیروهای وارد بر جسم را در جابه‌جایی درمدت ۵ ثانیه حساب کنید.



۳۱. با توجه به شکل، اگر اندازهٔ نیروی اصطکاک جنبشی $\frac{۱}{۱۰}$ نیروی اعمال شدهٔ F و کار کل در جابه‌جایی افقی m ۵ به راست معادل ۱۴۰ ژول باشد، اندازهٔ نیروی F چند نیوتون است؟



یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

قضیه کار و انرژی جنبشی

تا اینجا ابتدا با مفهوم انرژی و سپس با انرژی جنبشی آشنا شدیم و در ادامه، مفهوم کار و معادله آن را بررسی کردیم. اکنون می‌خواهیم ارتباط میان این دو مفهوم را بررسی کنیم.

کار کل انجام شده بر یک جسم می‌تواند **مثبت**، **منفی** یا **صفر** باشد. اگر کار کل واردشده بر جسم **مثبت** باشد، معمولاً تندی جسم **افزایش** می‌یابد و در نتیجه انرژی جنبشی آن نیز **افزایش** پیدا می‌کند. برعکس، اگر کار کل **منفی** باشد، تندی جسم **کاهش** می‌یابد و انرژی جنبشی آن نیز **کم** می‌شود.

بررسی‌های تجربی و تحلیل‌های فیزیکی نشان می‌دهند که **کار کل** نیروهای وارد بر یک جسم در یک جابه‌جایی، با **تغییر انرژی جنبشی** آن ارتباط دارد. این ارتباط یکی از مهم‌ترین نتایج فصل کار و انرژی است که در ادامه آن را به‌صورت دقیق بررسی خواهیم کرد.

قضیه کار و انرژی جنبشی: کار کل انجام شده بر روی جسم با تغییر انرژی جنبشی جسم برابر است. به عبارت دیگر کار کلی که روی جسم انجام می‌شود صرف تغییر انرژی جنبشی (تغییر تندی) آن می‌شود.

$$W_t = \Delta K = K_2 - K_1$$

- **اگر کار کل انجام شده روی جسم مثبت باشد $W_t > 0$ در آن صورت انرژی جنبشی و تندی جسم افزایش یافته است:**

$$K_2 > K_1$$

- **اگر کار کل انجام شده روی جسم منفی باشد $W_t < 0$ در آن صورت انرژی جنبشی و تندی جسم کاهش یافته است:**

$$K_2 < K_1$$

- **اگر کار کل انجام شده روی جسم صفر باشد $W_t = 0$ در آن صورت انرژی جنبشی و تندی جسم تغییری نکرده است:**

$$K_2 = K_1$$

- **با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی برای یافتن کار کل انجام شده روی جسم کافی است، تندی ابتدا و انتهای جابجایی جسم را داشته باشیم، و به مسیر حرکت جسم نیازی نداریم.**

- **قضیه کار و انرژی جنبشی مختص مسیر مستقیم نیست و در هر مسیری می‌توان از آن استفاده کرد.**

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۳۲. جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب پر کنید.

الف: اگر کار برایند نیروها مثبت باشد، انرژی جنبشی جسم ..... می‌یابد.

ب: اگر کار برایند نیروها ..... باشد، تندی جسم کاهش می‌یابد.

پ: کار برایند نیروهای وارد بر جسمی که با سرعت ثابت حرکت می‌کند، ..... است.

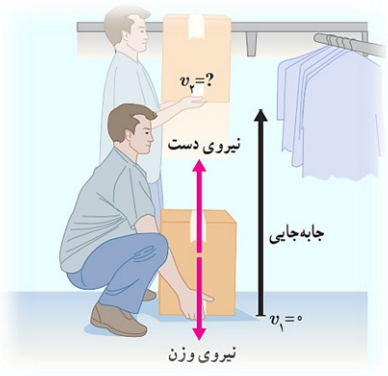
۳۳. توپ فوتبالی به جرم $450\ g$ از نقطه پنالتی با تندی $20\ m/s$ به طرف دروازه شوت می‌شود. توپ با تندی $18\ m/s$ به دستان دروازه‌بان برخورد می‌کند. کار کل انجام شده روی توپ را که سبب کاهش تندی آن شده است محاسبه کنید.

۳۴. چتربازی به جرم کل $75\ kg$ ، از بالونی که در ارتفاع $800\ m$ از سطح زمین است، با تندی $1/2\ m/s$ به بیرون بالون می‌پرد. اگر او با تندی $4/8\ m/s$ به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا روی چتر باز را در طول مسیر سقوط محاسبه کنید.



۳۵. شکل روبه‌رو شخصی را نشان می‌دهد که با وارد کردن نیروی ثابت $150\ N$ جعبه‌ای به جرم $10\ kg$ را از حال سکون در امتداد قائم جابه‌جا می‌کند.

الف: کار انجام شده توسط شخص و کار انجام شده توسط نیروی وزن را روی جعبه تا ارتفاع $1/5\ m$ به طور جداگانه حساب کنید.



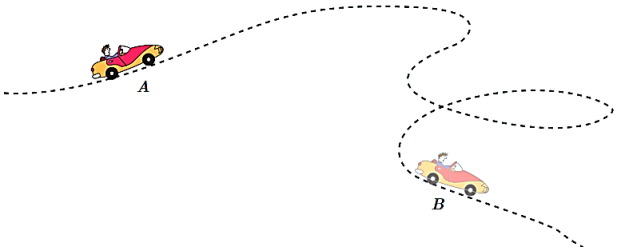
ب: کار کل انجام شده روی جعبه تا ارتفاع $1/5\ m$ چقدر است؟

پ: با استفاده از قضیه کار ــ انرژی جنبشی، تندی نهایی جعبه را در ارتفاع $1/5\ m$ حساب کنید.

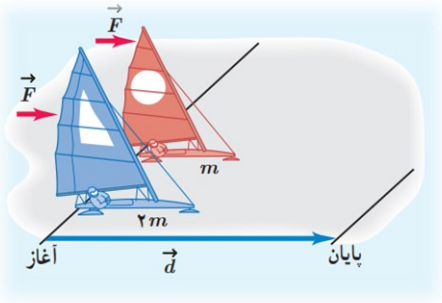
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

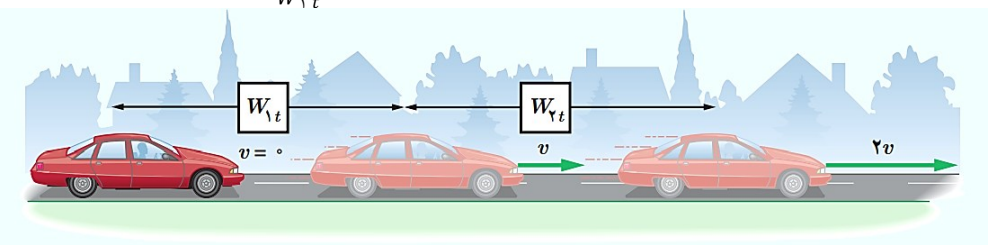
۳۶. جرم یک خودروی الکتریکی به همراه راننده‌اش $۸۴۰\ kg$ است. وقتی این خودرو از موقعیت A به موقعیت B می‌رود، کار کل انجام شده روی خودرو $۷۳۵۰۰\ J$ است. اگر تندی خودرو در موقعیت A برابر $۵۴/۰\ {km}/{h}$ باشد، تندی آن در موقعیت B چند متر بر ثانیه است؟



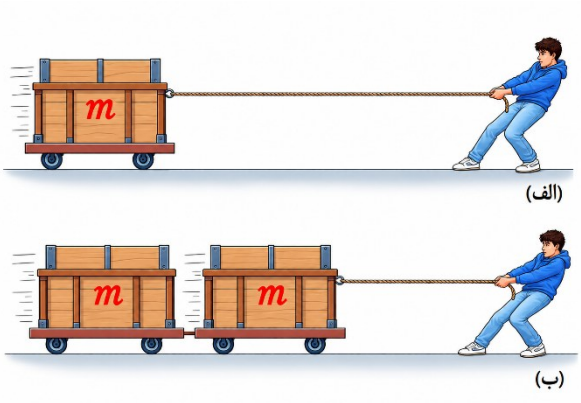
۳۷. دو قایق بادبانی مخصوص حرکت روی سطوح یخزده دارای جرم‌های m و ۲ m روی دریاچه افقی و بدون اصطکاکی قرار دارند و نیروی ثابت و یکسان $\vec{F}$ با وزیدن باد به هر دو وارد می‌شود. هردو قایق از حال سکون شروع به حرکت می‌کنند و از خط پایان به فاصله می‌گذرند. انرژی جنبشی و تندی قایق‌ها را درست پس از عبور از خط پایان، با هم مقایسه کنید.



۳۸. برای آنکه تندی خودرویی از حال سکون به v برسد، باید کار کل $W_{۱t}$ روی آن انجام شود. همچنین برای آنکه تندی خودرو از v به ۲ v برسد، باید کار کل $W_{۲t}$ روی آن انجام شود سبت $\frac{W_{۲t}}{W_{۱t}}$ چقدر است؟



۳۹. در شکل‌های (الف) و (ب) جرم ارابه‌ها یکسان است. برای اینکه تندی ارابه‌ها از صفر به مقدار معین v برسد، کار انجام شده در هر دو حالت را باهم مقایسه کنید.



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

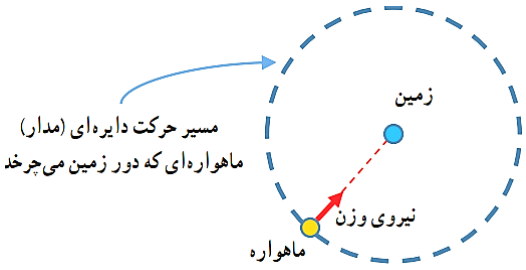
۴۰. آیا کار کل انجام شده بر یک جسم در یک جابه‌جایی می‌تواند منفی باشد؟ توضیح دهید.

۴۱. برای آنکه نیروی خالصی، بتواند تندی جسم را از صفر به v برساند باید مقدار کار W را روی آن انجام دهد. اگر قرار باشد تندی این جسم از صفر به $3v$ برسد کاری که روی جسم باید انجام شود چند برابر W است؟

۴۲. اگر مطابق شکل زیر سطلی را در دست نگه دارید، آیا نیروی دست شما هنگامی که با تندی ثابت در مسیر افقی قدم می‌زنید روی سطل کاری انجام می‌دهد؟ اگر تندی حرکت شما در طول مسیر کم و زیاد شود چطور؟ پاسخ خود را در هر مورد توضیح دهید.



۴۳. ماهواره‌ها در مدارهای معین و با تندی ثابتی دور زمین می‌چرخند. حرکت یک ماهواره به دور زمین شکل (الف) را می‌توان مطابق شکل (ب) مدلسازی کرد. همانطور که دیده می‌شود نیروی خالصی (نیروی وزن) همواره بر ماهواره وارد می‌شود. چگونه امکان دارد با وجود وارد شدن این نیرو به ماهواره، انرژی جنبشی آن ثابت بماند؟



۴۴. جسمی به جرم ۲ kg را با شتاب ثابت ۲/۲ m/s^2 تا ارتفاع ۱۰ m از سطح زمین بالا می‌بریم، کار انجام شده توسط نیروی بالابر (نیرویی که جسم را بالا می‌برد) و کارنیروی وزن را به‌دست آورید. انرژی‌های پتانسیل گرانشی و افزایش انرژی جنبشی را با کارنیروی بالابر مقایسه کنید.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۴۵. قضیه کار- انرژی جنبشی به صورت رابطه $W = K_۲ - K_۱$ بیان می‌شود. این رابطه نشان می‌دهد:

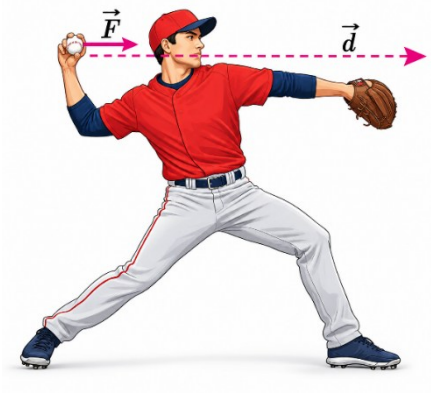
الف: کار برایند نیروهای وارد بر جسم در یک جابه‌جایی با تغییر انرژی جنبشی جسم در این جابه‌جایی برابر است.
(درست – نادرست)

ب: اگر کار برایند نیروهای وارد بر جسم مثبت باشد، انرژی جنبشی جسم کاهش می‌یابد.
(درست – نادرست)

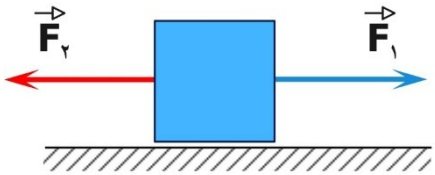
پ: اگر کار برایند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد، جسم با تندی ثابت در حرکت است.
(درست – نادرست)

ارتقاء سطح...

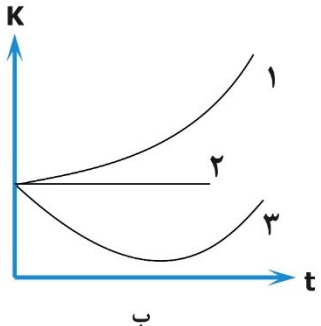
۴۶. ورزشکاری سعی می‌کند توپ بیسبالی به جرم $۸۵۰\ g$ را با بیشترین تندی ممکن پرتاب کند. به این منظور، ورزشکار نیرویی به بزرگی $F = ۷۵\ N$ تا لحظه پرتاب توپ و در امتداد جابه‌جایی $d = ۱/۵\ m$ بر آن وارد می‌کند با چشم‌پوشی از مقاومت هوا، تندی توپ هنگام جدا شدن از دست ورزشکار چقدر است؟



۴۷. شکل (الف) دو نیروی افقی را نشان می‌دهد که بر قطعه‌ای که روی سطح افقی بدون اصطکاکی به طرف راست می‌لغزد وارد شده‌اند. شکل (ب) سه نمودار انرژی جنبشی K قطعه را برحسب زمان t نشان می‌دهد. هر یک از این سه نمودار با کدامیک از سه وضعیت زیر بهتر سازگار است؟



الف



ب

الف: $F_۱ = F_۲$

ب: $F_۱ > F_۲$

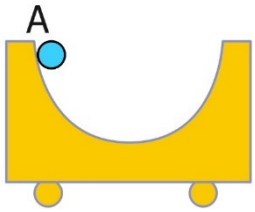
پ: $F_۱ < F_۲$

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۴۸. شخصی گلوله‌ای برفی به جرم $150\ g$ را از روی زمین بر می‌دارد و تا ارتفاع $180\ cm$ بالا می‌برد و سپس آن را با تندی $12\ m/s$ پرتاب می‌کند. کار انجام شده توسط شخص روی گلوله برف چقدر است؟

۴۹. گلوله‌ای به جرم $16\ g$ و با تندی $260\ m/s^2$ به تنه درختی برخورد می‌کند و پس از طی مسافت $12\ cm$ درون تنه درخت، متوقف می‌شود. نیروی میانگین وارد بر گلوله هنگام حرکت درون تنه درخت چقدر است؟

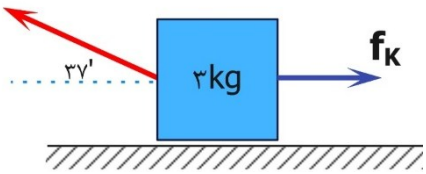


۵۰. گلوله‌ای به جرم m درون سطح نیم‌کره‌ای مطابق شکل روبه‌رو، از نقطه A رها می‌شود و پس از چند حرکت رفت و برگشتی، در پایین سطح می‌ایستد. نسبت کار نیروی گرانشی زمین به کار نیروی اصطکاک کدام است؟

الف: ۱ ب: $\frac{1}{2}$ پ: -1

ت: $-\frac{1}{2}$ ث: ۲ ج: -2

۵۱. با استفاده از قضیه کار و انرژی جنبشی توضیح دهید که چرا توپی که به طرف بالا (در امتداد قائم) پرتاب می‌شود، تندی آن رفته‌رفته کاهش می‌یابد؟



۵۲. در شکل مقابل نیروی اصطکاک ۴ N و جابه‌جایی جسم روی سطح افقی ۲۰ m می‌باشد و جسم از حال سکون شروع به حرکت کرده باشد، مقادیر زیر را به دست آورید.

الف: کار تک‌تک نیروهای وارد بر جسم

ب: انرژی جنبشی جسم در پایان جابه‌جایی

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۵۳. جسمی به جرم ۵kg باتندی $۲۰\ m/s$ روی یک سطح افقی پرتاب می‌شود. نیروی اصطکاک وارد بر جسم از طرف سطح افقی ۴۰ نیوتون است. جسم پس از طی چند متر متوقف می‌شود؟

۵۴. از بالگردی که با تندی $۱۵\ m/s$ در حرکت است. بسته‌ای به جرم ۲۰kg رها می‌شود و با تندی $۲۵\ m/s$ به زمین می‌رسد اگر بزرگی کار نیروی مقاومت هوا روی این بسته از لحظهٔ رها شدن تا رسیدن به زمین $۱۶kJ$ باشد. بسته از چه ارتفاعی رها شده است؟



غول مرحله آخر!

۵۵. جسمی با سرعت $۴\ m/s$ از پایین سطح شیبداری به طرف بالا پرتاب می‌شود. جسم با تندی $۲\ m/s$ به نقطهٔ پرتاب برمی‌گردد. کار برایند نیروهای وارد بر جسم در مدت بالارفتن، چند برابر کار برایند نیروهای وارد بر آن هنگام پایین آمدن است؟

۵۶. توپی به جرم $۲۰۰g$ با تندی اولیهٔ $۳\ m/s$ به طرف بالا پرتاب می‌شود و با تندی $۱\ m/s$ به نقطهٔ پرتاب باز می‌گردد. اگر بزرگی نیروی مقاومت هوا در طول مسیر حرکت توپ، ثابت باشد، کار نیروی مقاومت هوا در مسیر رفت چند ژول است؟ $(g = ۱۰\ m/s^۲)$

یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

کار و انرژی پتانسیل

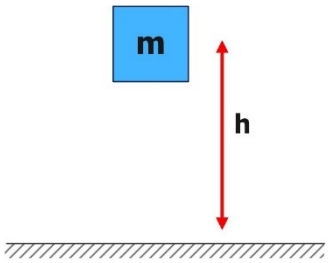
انرژی پتانسیل (U):

در فیزیک انرژی پتانسیل (یا انرژی ذخیره شده) صورتی از انرژی است که در یک سامانه به صورت نهفته وجود دارد و قابل تبدیل به انرژی‌های دیگر می‌باشد.

انرژی پتانسیل بر خلاف انرژی جنبشی که به حرکت یک جسم وابسته است ، ویژگی یک سامانه است نه ویژگی یک جسم منفرد، به عبارت دیگر انرژی پتانسیل به مکان اجسام یک سامانه نسبت به یکدیگر بستگی دارد.

انواع انرژی پتانسیل:

- **انرژی پتانسیل گرانشی :** انرژی ذخیره شده در سامانه جسم- زمین
- **انرژی پتانسیل کشسانی:** انرژی ذخیره شده در سامانه جسم-فنر
- **انرژی پتانسیل الکتریکی:** انرژی ذخیره شده در سامانه بار الکتریکی-بار الکتریکی

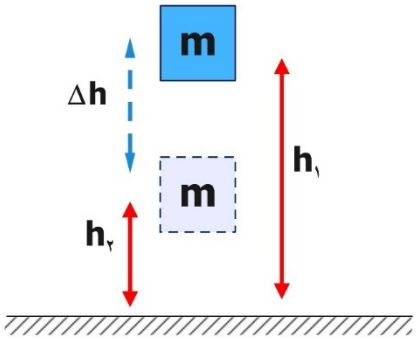


انرژی پتانسیل گرانشی: انرژی پتانسیل گرانشی سامانه متشکل از زمین و جسمی به جرم m که در ارتفاع h از سطح زمین قرار دارد به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$U = mgh$$

سطح مبدا پتانسیل: سطحی که ارتفاع آن را صفر در نظر می‌گیریم ، در این نقطه انرژی پتانسیل گرانشی جسم صفر می‌شود. و انرژی پتانسیل گرانشی سایر نقاط را نسبت به این نقطه بدست می‌آوریم.

در ارتفاع بالاتر از مبدا پتانسیل، انرژی پتانسیل گرانشی مثبت و در ارتفاع پایین‌تر از مبدا ، انرژی پتانسیل گرانشی منفی می‌شود.



تغییر انرژی پتانسیل گرانشی: اگر ارتفاع جسم نسبت به سطح مبدا پتانسیل تغییر کند، انرژی پتانسیل گرانشی آن نیز تغییر می‌کند که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\Delta U = mg\Delta h$$

اینکه چه ارتفاعی را مبدا قرار بدهیم تاثیری در مقدار ΔU ندارد.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

بیشتر بدانید؛ تولد یک مفهوم تازه

امروزه می‌دانیم که انرژی پتانسیل به **آرایش و برهم‌کنش اجزای یک سامانه** مربوط است؛ اما رسیدن به این مفهوم، حاصل تلاش و اندیشه چندین نسل از دانشمندان بود.

در قرن هفدهم، **کریستیان هویگنس** در بررسی حرکت اجسام و سقوط آن‌ها، به ایده‌هایی پرداخت که بعدها در شکل‌گیری مفهوم انرژی پتانسیل اهمیت پیدا کردند. در قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم نیز دانشمندانی مانند **لاگرانژ، لاپلاس، پواسون و گرین** از مفهوم «پتانسیل» در بررسی و توصیف ریاضی پدیده‌های گرانشی و الکتریکی استفاده کردند.

سرانجام در **۱۸۵۳ میلادی، ویلیام رانکین** اصطلاح «انرژی پتانسیل» را به کار برد. از آن زمان، این مفهوم به یکی از مفاهیم بنیادی فیزیک تبدیل شد.

جالب است بدانید که انرژی پتانسیل را نمی‌توان، به‌طور کلی، انرژیِ یک جسم به‌تنهایی دانست؛ بلکه این انرژی به **نحوه قرار گرفتن و برهم‌کنش اجزای یک سامانه** وابسته است. برای مثال، انرژی پتانسیل گرانشی به وضعیت جسم نسبت به زمین و انرژی پتانسیل کشسانی به وضعیت جسم و فنر نسبت به یکدیگر مربوط است.

به بیان ساده، انرژی پتانسیل انرژیِ «یک رابطه» است؛ رابطه‌ای میان اجزای یک سامانه که با تغییر آرایش آن‌ها می‌تواند تغییر کند.

کار و انرژی پتانسیل گرانشی:

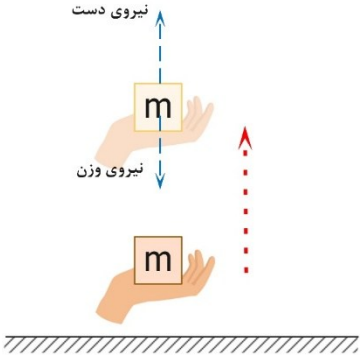
تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم منفی کار نیروی وزن است.

	$W_{وزن}$	$\Delta U_{گرانشی}$
جسم پایین بره	+	-
جسم بالا بره	-	+

$$W_{mg} = -\Delta U$$

نکته

اگر جسمی به جرم m توسط یک نیروی خارجی به آرامی و با تندی ثابت به اندازه Δh در راستای قائم جابجا شود، کار انجام شده توسط نیروی خارجی W_F برابر تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم است.



$$W_F = mg\Delta h$$

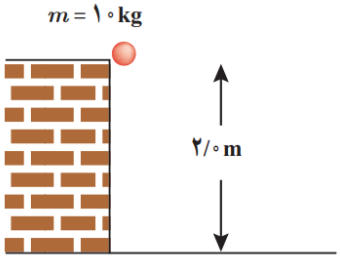
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

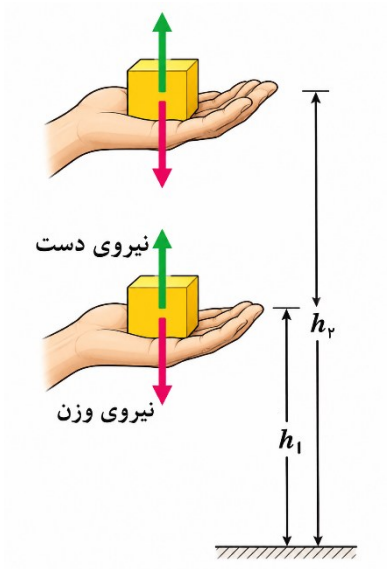
۵۷. جسمی به جرم m ۱۰ kg از ارتفاع ۲ m سقوط می‌کند و به زمین می‌رسد. کار نیروی وزن جسم را در این مسیر، محاسبه کنید.



۵۸. شکل زیر، کوه‌نوردی به جرم kg ۷۲ را نشان می‌دهد که در حال صعود به قله زردکوه بختیاری به ارتفاع m ۴۲۰۰ از سطح آزاد دریاست. تغییر انرژی پتانسیل گرانشی کوه‌نورد در ۱۲۰۰ متری پایان ارتفاع صعود چقدر است؟ مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را (الف) سطح دریا و (ب) قله کوه بگیرید.

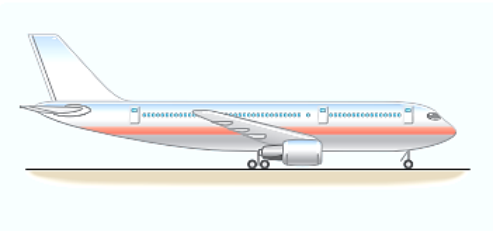


۵۹. جسم ساکنی به جرم m را مانند شکل روبه رو، با دستمان از ارتفاع h_1 به ارتفاع h_2 می‌بریم و دوباره به حالت سکون می‌رسانیم. با چشم‌پوشی از مقاومت هوا، کار نیروی دست را در این جابه‌جایی محاسبه کنید.

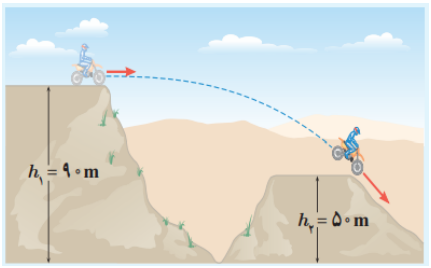


Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



۶۰. انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) یک هواپیمای مسافربری به جرم $۷/۵ \times ۱۰^{۴}\ kg$ که با تندی $۸۶۴\ {}^{km}/_{h}$ در ارتفاع حرکت می‌کند چقدر است؟ مقدار این انرژی‌ها را با هم مقایسه کنید.

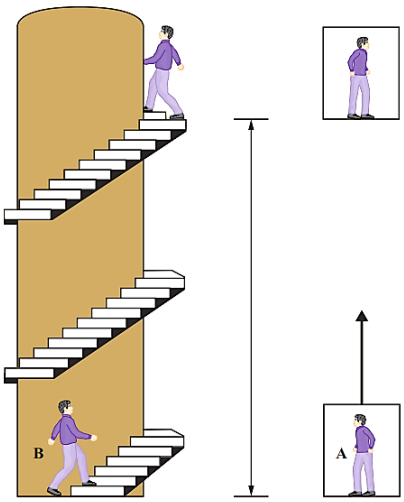


۶۱. جرم موتور سواری با موتورش $۱۵۰\ kg$ است. این موتورسوار، پرشی مطابق شکل روبه‌رو انجام می‌دهد.

الف: انرژی پتانسیل گرانشی موتور سوار را روی هر یک از تپه‌ها حساب کنید.

ب: کار نیروی وزن موتورسوار به همراه موتورش را در این جابه‌جایی به دست آورید.

۶۲. آیا انرژی جنبشی یک جسم می‌تواند منفی باشد؟ انرژی پتانسیل گرانشی یک سامانه چطور؟ توضیح دهید.



۶۳. دو شخص هم جرم A و B به طبقه سوم ساختمانی می‌روند. شخص A با آسانبر (آسانسور) و شخص B به آرامی از پله‌های ساختمان بالا می‌روند. گزاره‌های درست را با ذکر دلیل مشخص کنید.

الف: در طبقه سوم، انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) شخص A از شخص B کمتر است، زیرا آرام‌تر بالا رفته است.

ب: انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) شخص A کمتر از شخص B است، زیرا برای رسیدن به طبقه سوم ساختمان مسافت کم‌تری پیموده است.

پ: کار نیروی وزن برای هر دو شخص در طول مسیر یکسان است.

ت: انرژی پتانسیل گرانشی هر دو شخص در طبقه سوم ساختمان یکسان است.

Telegram: @konkur_in

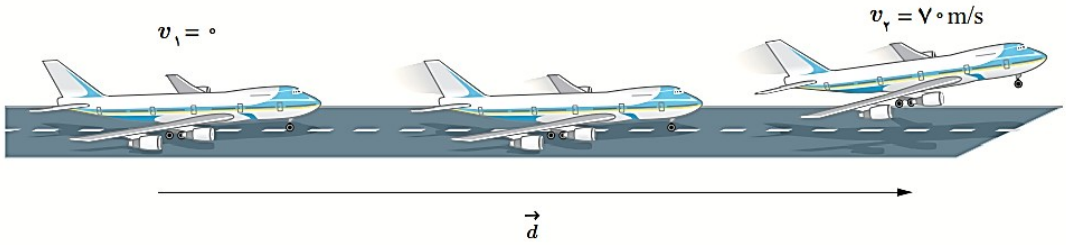
www.konkur.in

۶۴. شکل زیر هواپیمایی به جرم $۷/۲ \times ۱۰^۴ \ kg$ را نشان می‌دهد که از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از $۲۰۵۰ \ m$ جابه‌جایی در امتداد باند هواپیما، به تندی برخاستن $v_۲ = ۷۰ \ m/s$ می‌رسد.

الف: کار کل نیروهای وارد بر هواپیما را در این جابه‌جایی حساب کنید.

ب: یک دقیقه پس از برخاستن، هواپیما تا ارتفاع $۵۶۰ \ m$ از سطح زمین اوج می‌گیرد و تندی آن به $۱۴۰ \ m/s$ می‌رسد. در این‌مدت، کار نیروی وزن چقدر است؟

پ: به جز نیروی وزن، چه نیروهای دیگری بر هواپیما اثر می‌کند؟ کار کدام یک از این نیروها مثبت و کار کدام یک از آن‌ها منفی است؟



۶۵. جاهای خالی را با کلمه مناسب پر کنید.

الف: کار نیروی ..... برابر با قرینه تغییر انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم – زمین است.

ب: جسمی را از سطح زمین جدا کرده و بالا می‌بریم، انرژی پتانسیل ..... سامانه جسم-زمین ..... می‌یابد.

پ: دو جسم با جرم‌های متفاوت روی سطح زمین قرار دارند. اگر آن‌ها را یک متر بالا ببریم، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی آن‌ها ..... است.

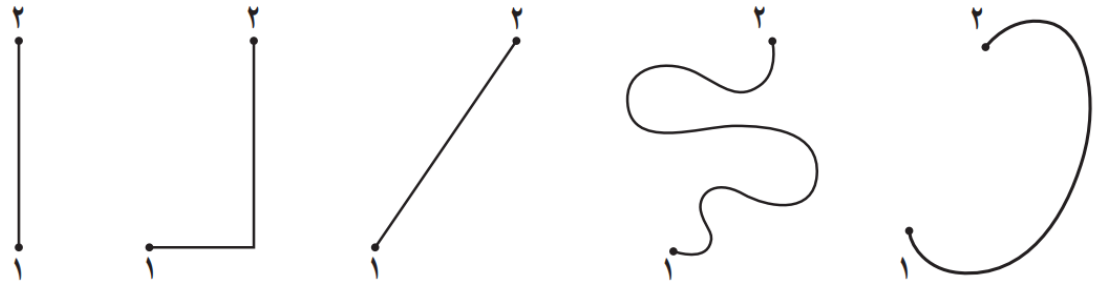
۶۶. جعبه‌ای در مکان A قرار دارد. انرژی پتانسیل گرانشی جعبه در این نقطه برابر $۵۰ \ J$ است. این جسم را به نقطه B می‌بریم. در اثر این جابه‌جایی کار نیروی وزن $-۲۳ \ J$ می‌شود. انرژی پتانسیل گرانشی جعبه را در نقطه B به دست آورید.

۶۷. بالابری بسته‌ای به جرم $۱۲۰ \ kg$ را ابتدا به ارتفاع ۱۰ متری سطح زمین می‌برد و سپس آن را ۲ متر پایین می‌آورد. تغییر انرژی پتانسیل گرانشی این بسته نسبت به هنگامی که روی زمین بود چقدر است؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۶۸. جسمی با طی پنج مسیر متفاوت مطابق شکل زیر از نقطه ۱ به نقطه ۲ با ارتفاع‌های یکسان منتقل می‌شود. انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم زمین در نقطه ۲ در کدام مسیر بیشتر و در کدام مسیر کمتر است؟



۶۹. اگر انرژی پتانسیل گرانشی جسمی درنقطهٔ A برابر ۵J ودر نقطهٔ B برابر ۱۲J باشد، کار نیروی وزن در جابه‌جایی جسم از A تا B چند ژول است؟

ارتقاء سطح...

۷۰. شخصی به جرم ۷۰kg درون آسانسوری قرار دارد و آسانسور با تندی ثابت ۷m به سمت بالا جابه‌جا می‌شود. کار نیروی عمودی سطح که از طرف کف آسانسور به شخص وارد می‌شود چند ژول است؟

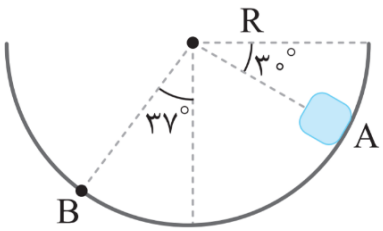
۷۱. نمودار انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم-زمین را بر حسب ارتفاع رسم کرده و بیان کنید شیب این نمودار نشان دهنده چه کمیتی است؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

غول مرحله آخر!

۷۲. مطابق شکل مقابل، جسمی به جرم m درون نیم کره‌ای به شعاع R از نقطهٔ A رها شده و تا نقطهٔ B جابه‌جا می‌شود. به ترتیب تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی و کار نیروی عمودی سطح در این جابه‌جایی کدام است؟ ($\sin ۳۷^\circ = ۰/۶$)



الف: $-۰/۳mgR$ و صفر

ب: $-۰/۳mgR$ و $۰/۳mgR$

پ: $-۰/۷mgR$ و صفر

ت: $-۰/۷mgR$ و $۰/۳mgR$

یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

پایستگی انرژی مکانیکی

انرژی مکانیکی (E): به مجموع مقادیر انرژی‌های **جنبشی** (K) و **پتانسیل** (U) یک جسم انرژی مکانیکی آن جسم می‌گویند.

$$E = K + U$$

اصل پایستگی انرژی مکانیکی: اگر در طول مسیر حرکت یک جسم نیروهای اتلاف کننده انرژی (**مقاومت هوا و اصطکاک و...**) ناچیز باشند، آنگاه انرژی مکانیکی جسم در تمام نقاط مسیر مقدار یکسانی خواهد بود (پایسته می ماند).

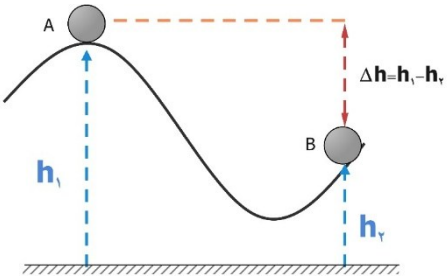
$$E_1 = E_2$$

در نتیجه:

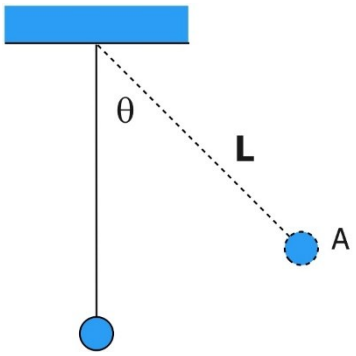
$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

نکته

- **در صورت پایستگی انرژی مکانیکی، به همان اندازه که انرژی جنبشی تغییر کند، انرژی پتانسیل هم به همان اندازه (البته قرینه) تغییر خواهد کرد.**



- **اگر یک جسم در یک سطح بدون اصطکاک مانند شکل به اندازه Δh سقوط کند ، اندازه تندی آن از V_0 به $\sqrt{V_0^2 + 2g\Delta h}$ خواهد رسید.**



- **اگر گلوله‌ای مانند شکل به یک آونگ با طول ریسمان L متصل باشد و از نقطه A با تندی اولیه V_0 رها شود. تندی آن در پایین‌ترین نقطه از مسیر از رابطه زیر بدست می‌آید:**

$$V = \sqrt{V_0^2 + 2gL(1 - \cos\theta)}$$

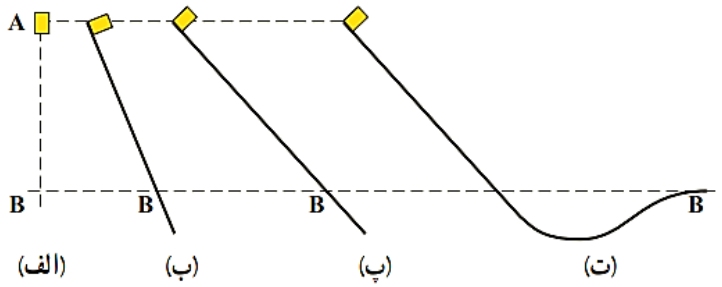
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

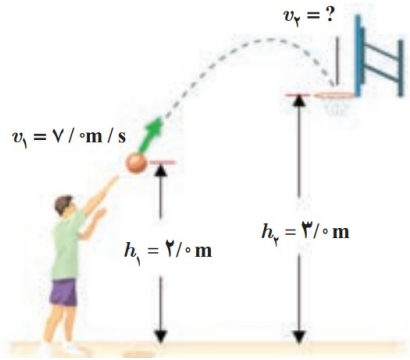
تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۷۳. شکل روبه‌رو، چهار وضعیت متفاوت را برای حرکت جسمی نشان می‌دهد. در وضعیت الف، جسم از حال سکون سقوط می‌کند و در سه وضعیت دیگر جسم از حال سکون روی مسیری بدون اصطکاک و رو به پایین حرکت می‌کند. تندی جسم را در نقطه B برای هر چهار وضعیت با هم مقایسه کنید.



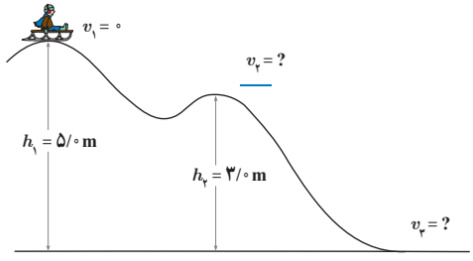
۷۴. شکل روبه‌رو ورزشکاری را در حال پرتاب توپ بسکتبالی با تندی $v_1 = 7\ m/s$ به طرف سبد نشان می‌دهد. تندی توپ هنگام رسیدن به دهانه سبد چقدر است؟ مقاومت هوا را هنگام حرکت توپ نادیده بگیرید.



۷۵. سورتمه سواری از ارتفاع $h_1 = 5\ m$ بالای سطح زمین و روی مسیری بدون اصطکاک، از حال سکون شروع به حرکت می‌کند.

الف: تندی سورتمه را در ارتفاع h_1 به دست آورید.

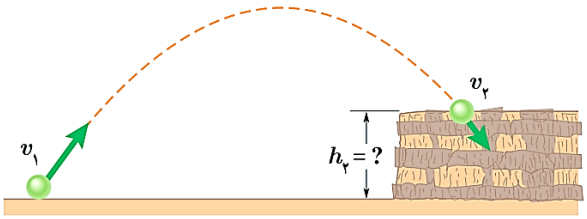
ب: تندی سورتمه را هنگامی که به سطح زمین می‌رسد پیدا کنید. (مقاومت هوا را هنگام حرکت سورتمه نادیده بگیرید.)



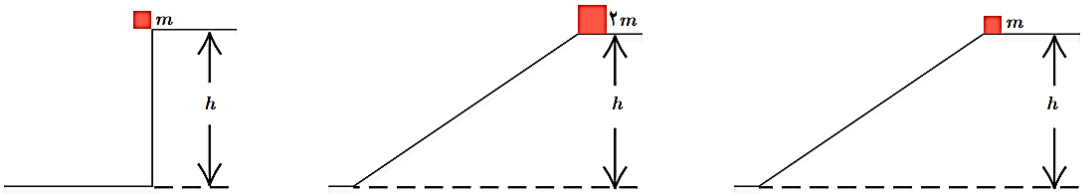
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۷۶. توپی مطابق شکل از سطح زمین با تندی $v_1 = ۴۰\ m/s$ به طرف صخره‌ای پرتاب می‌شود. اگر توپ با تندی $v_2 = ۲۵\ m/s$ به بالای صخره برخورد کند، ارتفاع h_2 را به دست آورید. مقاومت هوا را هنگام حرکت توپ نادیده بگیرید.



۷۷. در سه شکل زیر اجسامی از حالت سکون و ارتفاع h نسبت به سطح افق رها می‌شوند و نیروی اصطکاک و مقاومت هوا بر آنها وارد نمی‌شود.



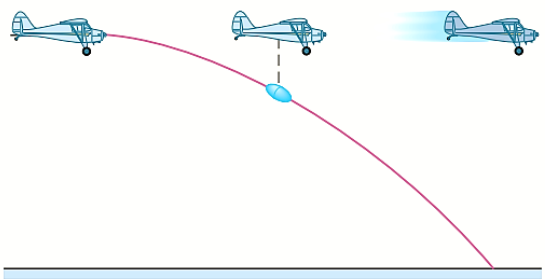
در کدام حالت، جسم

الف: بیشترین تندی را هنگام رسیدن به سطح افقی دارد؟

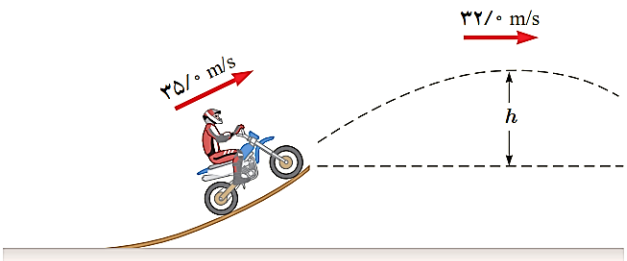
ب: تا هنگام رسیدن به پایین مسیر، بیشترین مقدار کار نیروی وزن روی آن انجام شده است؟

۷۸. در شکل مقابل هواپیمایی که در ارتفاع m ۳۰۰ از سطح زمین و با تندی m/s ۵۰ پرواز می‌کند، بسته‌ای را برای کمک به آسیب دیدگان زلزله رها می‌کند. تندی بسته هنگام برخورد به زمین چقدر است؟

(از تأثیر مقاومت هوا روی حرکت بسته چشم‌پوشی کنید).



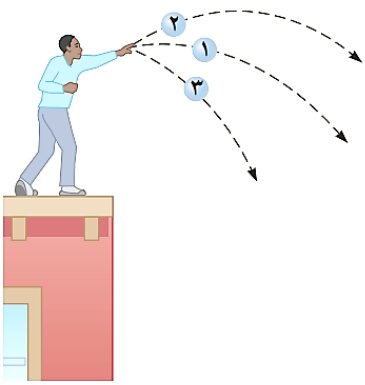
۷۹. موتورسواری از انتهای سکویی مطابق شکل زیر، پرشی را با تندی m/s ۳۵ انجام می‌دهد. اگر تندی موتورسوار در بالاترین نقطه مسیرش به m/s ۳۲ برسد، ارتفاع h را پیدا کنید. اصطکاک و مقاومت هوا را در طول مسیر حرکت موتورسوار نادیده بگیرید.



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

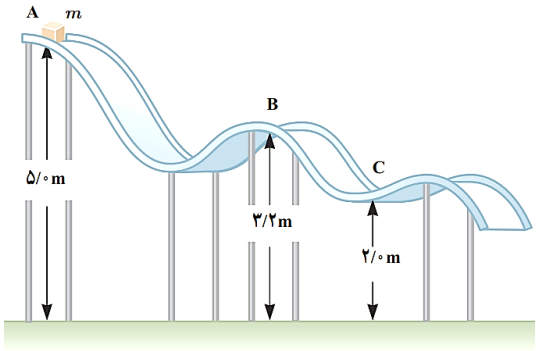
۸۰. سه توپ مشابه، از بالای ساختمانی با تندی یکسانی پرتاب می‌شوند. با نادیده گرفتن مقاومت هوا، انرژی جنبشی توپ‌ها را هنگام برخورد با سطح زمین، با یکدیگر مقایسه کنید.



۸۱. جسمی به جرم $m = ۱۲\ kg$ در نقطه A از حالت سکون رها می‌شود و در مسیری بدون اصطکاک سر می‌خورد. تعیین کنید:

الف: تندی جسم را در نقطه B

ب: کار نیروی گرانشی را در حرکت جسم از نقطه A تا C



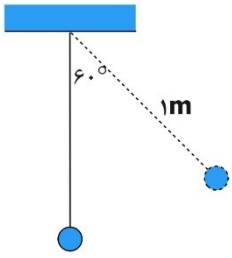
۸۲. اصل پایستگی انرژی مکانیکی را بیان کنید.

ارتقاء سطح...

۸۳. گلوله‌ای را از ارتفاع h نسبت به سطح زمین رها می‌کنیم. وقتی گلوله به ارتفاع $\frac{۴}{۵}h$ می‌رسد، تندی‌اش $۶\ m/s$ است. تندی آن را در ارتفاع $\frac{۱}{۵}h$ به دست آورید. (از مقاومت هوا صرف نظر کنید.)

۸۴. آونگی به جرم m و طول $۱\ m$ در شرایط خلا به اندازه ۶۰ درجه از وضعیت قائم منحرف شده و از حال سکون رها می‌شود.

الف: تندی آونگ هنگامی که از وضعیت قائم می‌گذرد، چند متر بر ثانیه است؟



ب: آونگ از طرف دیگر تا چه زاویه‌ای بالا می‌رود؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۸۵. جسمی به جرم $1\,kg$ را در شرایط خلأ از ارتفاع $5/4\ m$ سطح زمین با تندی اولیهٔ $6\frac{m}{s}$ به طرف پایین پرتاب می‌کنیم.

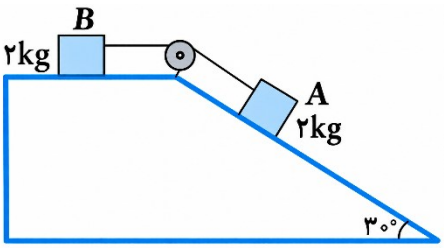
الف: انرژی مکانیکی جسم در لحظهٔ پرتاب چند ژول است؟

ب: انرژی جنبشی جسم در میانهٔ مسیر چند ژول است؟

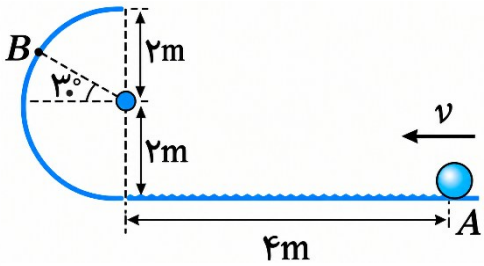


غول مرحله آخر!

۸۶. در شکل روبه رو اگر وزنه A ، $2m$ پایین بیاید، به ترتیب از راست به چپ تغییر انرژی پتانسیل گرانشی مجموعه چند ژول است؟



۸۷. گلوله‌ای به جرم $400g$ از نقطه A با تندی v روی سطح افقی پرتاب می‌شود و حداکثر تا نقطه B بالا می‌رود. اگر فقط سطح افقی دارای اصطکاک باشد و اندازه نیروی اصطکاک $2N$ باشد، v چند متر بر ثانیه است؟



یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

کار و انرژی درونی

انرژی درونی: به مجموع انرژی‌های ذره‌های تشکیل دهنده یک ماده انرژی درونی آن ماده می‌گویند.

- **انرژی درونی یک جسم به دو عامل بستگی دارد: ۱. تعداد ذرات ۲. مقدار انرژی هر یک از ذرات**
- **معمولا با افزایش انرژی درونی جسم ، دمای جسم افزایش می‌یابد.**
- **اصطکاک و مقاومت هوا می‌توانند بخشی از انرژی مکانیکی جسم را به انرژی درونی جسم و محیط اطراف آن تبدیل کنند.**

کار و انرژی درونی: اگر در مسیر حرکت جسم به جز نیروهای **پایستار** یعنی **وزن**، **کشسانی فنر** و **الکتریکی**، نیروهای دیگری وارد شود و بر روی آن کار انجام دهد ، انرژی مکانیکی جسم پایسته نمی ماند و تغییر می‌کند. در آن صورت انرژی مکانیکی در ابتدای حرکت E_1 با انرژی مکانیکی در پایان حرکت E_2 یکسان نخواهد بود:

$$E_1 \neq E_2$$
$$\Delta E \neq 0$$

به نیروهای به جز نیروی پایستار که روی جسم کار انجام می‌دهد، **نیروی خارجی** می‌گوییم. اختلاف انرژی مکانیکی در آغاز و پایان حرکت برابر کار نیروی خارجی وارد بر جسم خواهد بود، پس داریم:

$$E_2 - E_1 = W_{\text{نیروی خارجی}} = \Delta K + \Delta U$$

- **منظور از نیروی خارجی (غیرپایستار)، نیروی اصطکاک ، نیروی مقاومت هوا ، نیروی دست و ... است. یعنی هر نیرویی به جز سه نیروی وزن و کشسانی فنر و الکتریکی.**
- در بسیاری از سؤال‌هایی که حل خواهیم کرد، نیروهای غیرپایستار، نیروهای **اتلافی** هستند و سبب کاهش انرژی مکانیکی جسم می‌شوند. در این حالت، بخشی از انرژی مکانیکی به انرژی **درونی** جسم و محیط اطراف آن تبدیل می‌شود.

سامانه منزوی: به سامانه‌ای که نه از بیرون انرژی می‌گیرد و نه به بیرون انرژی می‌دهد سامانه منزوی گفته می‌شود.

قانون پایستگی انرژی: در یک سامانه منزوی مجموع کل انرژی پایسته است، نمی‌توان آن را خلق یا نابود کرد بلکه فقط از یک شکل به شکل دیگر تبدیل می‌شود.

جمع‌بندی کار و انرژی‌ها

کار برآیند نیروهای وارد بر جسم برابر است با تغییر انرژی جنبشی:	$W_t = \Delta K$
کار نیروی وزن برابر است با منفی تغییر انرژی پتانسیل:	$W_{\text{وزن}} = -\Delta U_{\text{گرانشی}}$
کار نیروهای اتلافی برابر است با تغییر انرژی مکانیکی:	$W_f = \Delta E_{\text{مکانیکی}}$

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۸۹. شخصی توپ در حال حرکتی را با دست خود می‌گیرد. پس از توقف توپ، انرژی جنبشی آن کجا رفته است؟



۹۰. از بالونی که در ارتفاع ۵۰ متری سطح زمین و با تندی $۴\ m/s$ در پرواز است، بسته‌ای به جرم $۳۰\ kg$ رها می‌شود و با تندی $۲۵\ m/s$ به زمین برخورد می‌کند. کار انجام شده توسط نیروی مقاومت هوا بر روی بسته را از لحظه رها شدن تا هنگام رسیدن به زمین حساب کنید.

۹۱. توپی به جرم $۰/۴۵\ kg$ با تندی $v_۱ = ۴\ m/s$ از نقطه A می‌گذرد، نیروی مقاومت هوا و نیروی اصطکاک در سطح تماس توپ با زمین، ۲۰ درصد انرژی جنبشی اولیه توپ را تا رسیدن به نقطه B تلف می‌کنند. تندی توپ را در این نقطه به دست آورید.



۹۲. گلوله‌ای به جرم $۵۰\ g$ از دهانه تفنگی با تندی $۱/۵\ km/s$ و ارتفاع $۱/۶\ m$ از سطح زمین شلیک می‌شود. اگر گلوله با تندی $۰/۴۵\ km/s$ به زمین برخورد کند،

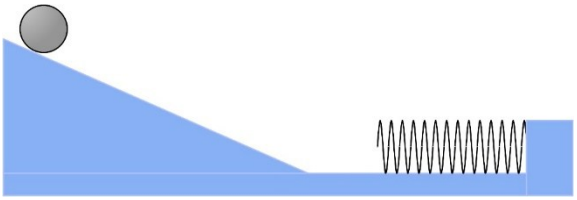
الف: در مدت حرکت گلوله کار نیروی مقاومت هوا چقدر است؟

ب: مقدار به‌دست آمده در قسمت (الف) را با کار نیروی وزن مقایسه کنید.

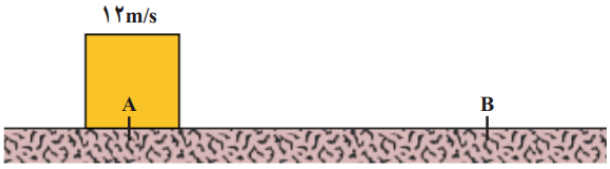
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۹۳. شکل روبه‌رو گوله‌ای به جرم $15\ kg$ را نشان می‌دهد که از بالای یک سراشیبی به ارتفاع ۸ متر به طرف پایین در حرکت است و در انتهای مسیر به فنری برخورد می‌کند و متوقف می‌شود. اگردر طول مسیر ۲۰درصد انرژی گلوله تلف شود (بر اثر اصطکاک به انرژی درونی گلوله و مسیر تبدیل شود)، بیشترین مقدار انرژی پتانسیل کشسانی که در فنر ذخیره می‌شود چقدراست؟



۹۴. شکل زیر قطعه‌ای به جرم $200\ g$ را نشان می‌دهد که روی مسیری ناصاف از نقطه A به طرف نقطه B در حرکت است. اگر تندی قطعه هنگام رسیدن آن به نقطه B برابر $8\ m/s$ باشد، چقدر از انرژی جنبشی قطعه به انرژی درونی قطعه و سطح تبدیل شده است؟



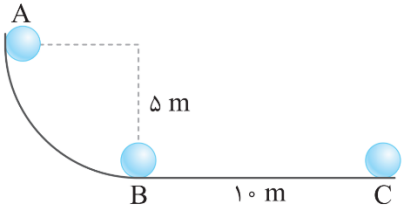
ارتقاء سطح...

۹۵. جسمی به جرم $14kg$ را با تندی اولیهٔ $8\ m/s$ از پایین سطح شیبداری به زاویهٔ ۳۰ درجه روی سطح و به سمت بالا پرتاب می‌کنیم. هنگامی که جسم $2m$ روی سطح شیبدار به طرف بالا حرکت کند، تندی آن به نصف تندی اولیه‌اش می‌رسد.

الف: تغییر انرژی پتانسیل چند ژول بوده و برابر کار چه نیرویی است؟

ب: تغییر انرژی مکانیکی چند ژول بوده و برابر کار چه نیرویی است؟

۹۶. وزنه‌ای به جرم $2kg$ از نقطهٔ A رها می‌شود و با سرعت $8\ m/s$ به نقطهٔ B می‌رسد؛ سپس وارد سطح افقی شده و در C متوقف می‌گردد.



الف: با صرف نظر از نیروهای اتلافی دیگر بررسی کنید که آیا در مسیر AB اصطکاک داریم؟

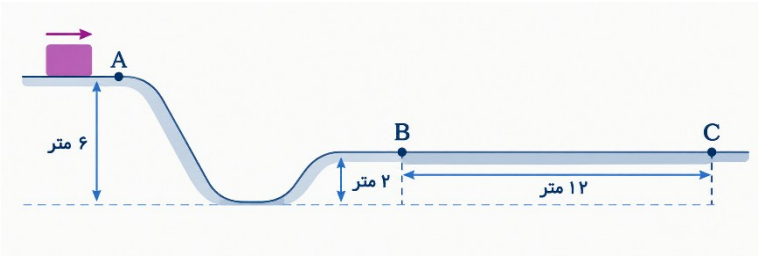
ب: چند ژول بر انرژی درونی سطوح تماس و وزنه از A تا C افزوده شده است؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

غول مرحله آخر!

۹۷. مطابق شکل جسمی به جرم $۲kg$ با تندی $۷\ m/s$ از نقطهٔ A عبور کرده و روی سطح نشان داده شده به حرکت خود ادامه می‌دهد. اندازهٔ نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر جسم در فاصلهٔ بین نقاط B و C برابر $۱۰N$ و سایر سطوح بدون اصطکاک هستند. کدام گزینه درست است؟



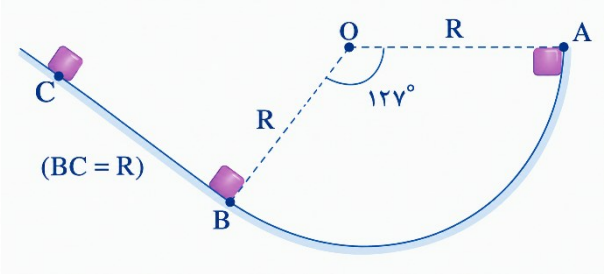
الف: جسم با تندی $۳\ m/s$ از نقطهٔ C عبور می‌کند.

ب: جسم در فاصلهٔ ۴/۹ متری سمت چپ نقطهٔ C متوقف می‌شود.

پ: جسم با تندی $۷\ m/s$ از نقطهٔ C عبور می‌کند.

ت: جسم در فاصلهٔ ۸/۹ متری سمت چپ نقطهٔ C متوقف می‌شود.

۹۸. مطابق شکل، جسمی به جرم $۱۲۰g$ از نقطه A رها شده و پس از طی مسیر دایره‌ای شکل AB به شعاع R و مسیر مستقیم BC، در نقطه C متوقف می‌شود. اگر کار نیروی اصطکاک بین جسم و سطح در کل مسیر $-۸۴mJ$ باشد، R چند سانتی‌متر است؟



یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

توان و بازده

توان (P): به آهنگ انجام کار (یا کار انجام شده در واحد زمان) توان می‌گویند.

توان متوسط: نسبت کار انجام شده به بازه زمانی کار را توان متوسط می‌گوییم که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\begin{cases} W:(J) & \text{کار انجام شده برحسب ژول} \\ \Delta t:(s) & \text{بازه زمانی انجام کار برحسب ثانیه} \\ \overline{P}:(w) & \text{توان بر حسب ژول بر ثانیه یا وات} \end{cases} \quad . \quad P_{av} = \frac{w}{\Delta t}$$

- **توان کمیتی نرده‌ای بوده و با نماد P نشان می دهیم و یکای آن ژول بر ثانیه J/s است که به اختصار به آن W وات می‌گوییم.**
- **یکای دیگر توان که در گذشته استفاده می‌شد اسب بخار (hp) می‌باشد. هر اسب بخار برابر ۷۴۶ وات است:**

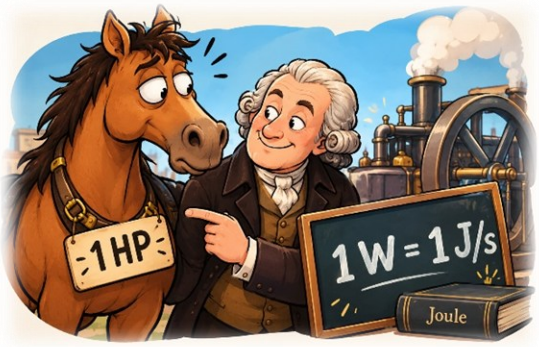
$$۱\ hp = ۷۴۶\ w$$

- **اگر یک متحرک با تندی ثابت v در یک مسیر مستقیم حرکت کند، توان نیروی ثابت F که بر این متحرک وارد می‌شود برابر است با:**

$$\begin{cases} W = Fd\cos\theta \\ d = Vt \end{cases} \Rightarrow P = \frac{W}{t} = \frac{FVt\cos\theta}{t} \Rightarrow P = FV\cos\theta$$

یک اسب چقدر «وات» می‌ارزد؟!

قرن هجدهم بود و ماشین‌های بخار تازه داشتند وارد صنعت می‌شدند. جیمز وات می‌خواست به مردم نشان دهد ماشینش چقدر **توان** دارد؛ اما یک مشکل کوچک وجود داشت: مردم با **«وات»** و **«ژول بر ثانیه»** کاری نداشتند!



پس وات سراغ چیزی رفت که همه می‌شناختند: **اسب!** 🐎

او توان ماشین بخار را با کاری که یک اسب می‌توانست انجام دهد مقایسه کرد و اصطلاح **اسب‌بخار** از همین‌جا معروف شد .

البته اسب‌ها خبر نداشتند قرار است روزی واحد اندازه‌گیری توان شوند! 😄

سال‌ها بعد، برای استانداردسازی یکاها، یکای توان در دستگاه SI را به افتخار جیمز وات، **وات (W)** نامیدند.

$$۱\ W = ۱\ J/s$$

یعنی **یک وات برابر است با انتقال یک ژول انرژی در هر ثانیه.**

پس یک اسب‌بخار تقریباً ۷۳۶ وات است؛ اما یک «وات» دقیقاً یک ژول بر ثانیه است.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

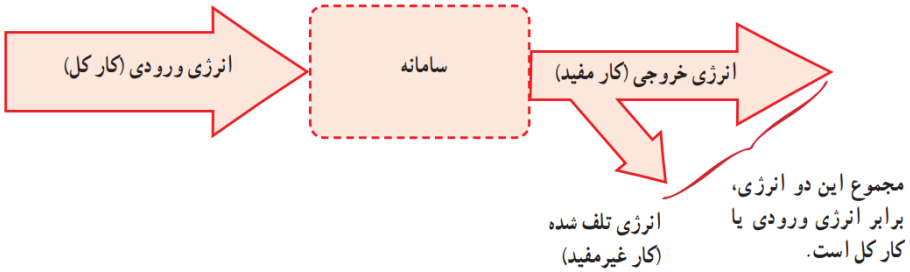
توجه!

- **همانگونه که کمیت توان متوسط را برای کار انجام شده تعریف کردیم، میتوانیم در انتقال‌های انرژی نیز کمیت توان را تعریف کنیم. اگر در مدت زمان Δt ، انرژی ΔE منتقل شده باشد، توان متوسط آن از نسبت ΔE به Δt به دست می‌آید.**

$$P_{av} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

بازده (R): نسب کار مفید به کل کار انجام شده در یک سامانه (یا نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی) را بازده می‌گویند.

- **هر سامانه‌ای فقط بخشی از انرژی که به آن وارد شده را به انرژی مورد نظر ما تبدیل می‌کند و نمی‌تواند تمام انرژی را به کار و انرژی مفید تبدیل کند. به عبارتی بازده هیچ سامانه‌ای ۱۰۰ درصد نیست.**



$$\text{بازده بر حسب درصد} = \frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}} \times ۱۰۰$$

$$\text{بازده بر حسب درصد} = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}} \times ۱۰۰ = \frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}} \times ۱۰۰$$

با توجه به اینکه برای کار و توان تلف شده می‌توان نوشت :

$$W_{\text{تلف شده}} = W_{\text{کل}} - W_{\text{مفید}}$$

$$P_{\text{تلف شده}} = P_{\text{کل}} - P_{\text{مفید}}$$

پس داریم :

$$\text{بازده بر حسب درصد} = \frac{W_{\text{کل}} - W_{\text{تلف}}}{W_{\text{کل}}} \times ۱۰۰ = \left(۱ - \frac{W_{\text{تلف}}}{W_{\text{کل}}}\right) \times ۱۰۰ = \frac{W_{\text{مفید}}}{W_{\text{مفید}} + W_{\text{تلف}}} \times ۱۰۰$$

$$\text{بازده بر حسب درصد} = \frac{P_{\text{کل}} - P_{\text{تلف}}}{P_{\text{کل}}} \times ۱۰۰ = \left(۱ - \frac{P_{\text{تلف}}}{P_{\text{کل}}}\right) \times ۱۰۰ = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{مفید}} + P_{\text{تلف}}} \times ۱۰۰$$

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تشخیص انرژی ورودی(کار کل) و انرژی خروجی (کارمفید) در چند وسیلهٔ معروف

نام وسیله	انرژی ورودی	انرژی خروجی
بالابر	انرژی الکتریکی	انرژی مکانیکی اتاقک
تلمبه یا پمپ	انرژی الکتریکی	انرژی مکانیکی آب
مولد توربین	انرژی مکانیکی	انرژی الکتریکی

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

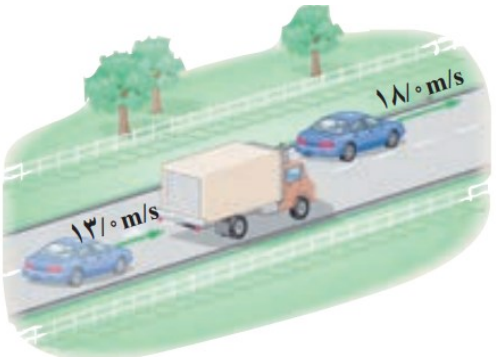
۹۹. جاهای خالی را با کلمه مناسب پر کنید:

الف: به آهنگ انجام کار ..... می‌گویند.

ب: هر اندازه یک وسیله کار معینی را در زمان بیشتری انجام دهد، توان انجام کار آن ..... است.

پ: نسبت توان ورودی به توان خروجی یک دستگاه را ..... می‌نامیم.

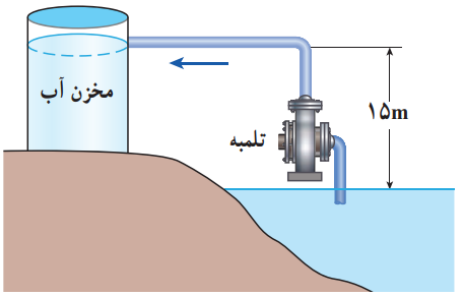
۱۰۰. شکل روبه‌رو خودرویی به جرم $۱۳۰۰\ kg$ را نشان می‌دهد که برای سبقت گرفتن از کامیونی، در مسیری افقی و در مدت $۳\ s$ تندی خود را از $v_۱ = ۱۳\ m/s$ به $v_۲ = ۱۸\ m/s$ تغییر داده است. توان متوسط موتور خودرو برای انجام این کار، دست کم چقدر باید باشد؟ (نیروهای اتلافی را نادیده بگیرید.)



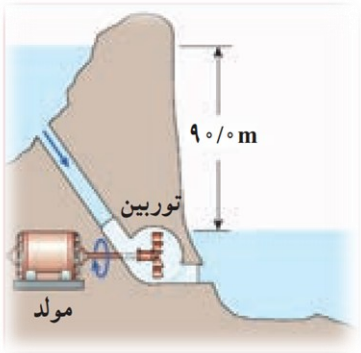
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۱۰۱. تلمبه‌ای با توان ورودی $۱۵\ kw$ در هر ثانیه ۷۰ لیتر آب دریاچه‌ای به چگالی $۱۰۰۰\ {kg}/{m^۳}$ را مطابق شکل روبه‌رو تا ارتفاع ۱۵ متری مخزنی می‌فرستد. بازده تلمبه چند درصد است؟



۱۰۲. آب ذخیره شده در پشت سد یک نیروگاه برق آبی، از مسیری مطابق شکل روی پره‌های توربینی می‌ریزد و آن را می‌چرخاند. با چرخش توربین، مولد می‌چرخد و انرژی الکتریکی تولید می‌شود (شکل روبه رو). اگر ۸۵ درصد کار نیروی گرانش به انرژی الکتریکی تبدیل شود، در هر ثانیه چند متر مکعب آب باید روی توربین بریزد تا توان الکتریکی خروجی مولد نیروگاه به $۲۰۰\ Mw$ برسد؟ جرم هر متر مکعب آب را $۱۰۰۰\ kg$ در نظر بگیرید.



۱۰۳. مدت زمانی که طول می‌کشد تا با دویدن به بالای یک راه‌پله برسید را اندازه بگیرید. توان متوسط مفید خودتان را در این فعالیت برحسب وات و اسب بخار محاسبه کنید.

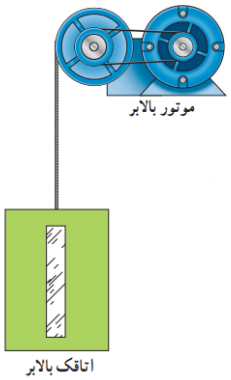
۱۰۴. بالابری با تندی ثابت، باری به جرم $۶۵۰\ kg$ را در مدت ۳ دقیقه تا ارتفاع $۷۵\ m$ بالا می‌برد. اگر جرم بالابر $۳۲۰\ kg$ باشد، توان متوسط مفید موتور آن چند وات و چند اسب بخار است؟

۱۰۵. شخصی به جرم $۷۲\ kg$ در مدت زمان $۹۰\ s$ از تعداد ۵۰ پله بالا می‌رود. توان متوسط مفید او چند وات است؟ ارتفاع هرپله را $۳۰\ cm$ فرض کنید.

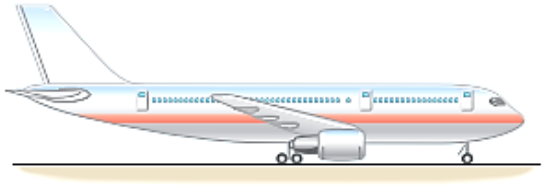
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۱۰۶. جرم اتاقک بالابری به همراه بار آن $500\ kg$ است (شکل روبه‌رو). اگر این بالابر در مدت $10\ s$ از طبقه همکف به طبقه دوم در ارتفاع $6\ m$ برود، توان متوسط موتور این بالابر چند اسب بخار است؟ (نیروهای اتلافی را نادیده بگیرید).



۱۰۷. هر یک از دو موتور جت یک هواپیمای مسافربری، پیشرانه‌ای (نیروی جلوبر هواپیما) برابر $2 \times 10^5\ N$ ایجاد می‌کند. اگر هواپیما در هر دقیقه $15\ km$ در امتداد این نیرو حرکت کند، توان متوسط هر یک از موتورهای هواپیما چند اسب بخار است؟



۱۰۸. دو تلمبه A و B از دو چاه آب می‌کشند. تلمبه A، $2\ m^3$ آب را در مدت $0/5$ ساعت، $20\ m$ و تلمبه B، $4\ m^3$ آب را در مدت ۱ ساعت، $8\ m$ بالا می‌برد. کار هر یک از تلمبه‌ها را در مدت $1\ s$ محاسبه و نتیجه را با هم مقایسه کنید.

۱۰۹. از یک جرثقیل دستی برای بالا کشیدن باری به جرم $200\ kg$ تا سقف ساختمانی به ارتفاع $10\ m$ بهره می‌گیرند. با فرض اینکه بتوانید با این جرثقیل با آهنگ ثابت $200\ w$ کار کنید، چه مدت طول می‌کشد تا بار را به سقف ساختمان بکشید؟

۱۱۰. یک دونده ماراتون به جرم $50\ kg$ از پله‌های برجی بلند به ارتفاع $443\ m$ در مدت ۱۵ دقیقه بالا می‌رود توان متوسط او چند وات و چند کیلووات است؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۱۱۱. جمله‌های زیر را کامل کنید.

الف: به آهنگ انجام کار ..... می‌گویند.

ب: هر اندازه یک وسیله کار معینی را در زمان بیشتری انجام دهد، توان انجام کار آن ..... است.

پ: نسبت توان ورودی به توان خروجی یک دستگاه را ..... می‌نامیم.

ت: هر چه یک دستگاه، کاری را سریع‌تر انجام دهد، توانش ..... است.



ارتقاء سطح...

۱۱۲. پمپ آبی در هر دقیقه، $۶۰۰\ kg$ آب را از چاهی به عمق $۱۰\ m$ بالا کشیده و با تندی $۵\ m/s$ به بیرون پمپاژ می‌کند. اگر بازده این پمپ ۷۵ درصد باشد، در هر ساعت که پمپ روشن است، چند ژول انرژی مصرف می‌کند؟

۱۱۳. آسانسوری با توان مصرفی ۲KW و جرم کل $۲۰۰\ kg$ با تندی ثابت بالا می‌رود. اگر بازده موتور آسانسور ٪۸۵ باشد، در چند ثانیه ۲۵ متر بالا می رود؟

۱۱۴. جرثقیلی، جرم ۱ تن را با سرعت ثابت به اندازهٔ $۲۰\ m$ به طور عمودی بالا می‌برد. اگر بازده جرثقیل ۴۰ درصد باشد، چند ژول انرژی در آن تلف شده است؟

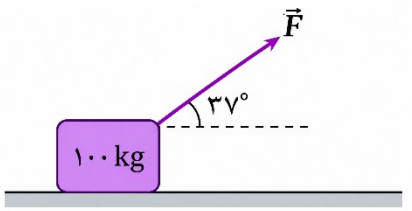
۱۱۵- در یک نیروگاه برق آبی ۸۰ درصد کار نیروی گرانشی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. اگر ارتفاع آب پشت سد $۵۰m$ باشد، حساب کنید در هر ثانیه چند کیلوگرم آب باید روی توربین بریزد تا توان الکتریکی خروجی مولد نیروگاه به $۸۰۰kW$ برسد؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

غول مرحله آخر!

۱۱۶. مطابق شکل روبه‌رو به جسمی به جرم $۱۰۰kg$ نیروی $F = ۱۵۰N$ وارد می‌شود و جسم روی سطح افقی با تندی ثابت $۵\ m/s$ به طرف راست در حرکت است. توان نیروی $\vec{F}$ چند وات است؟



۱۱۷. یک تلمبه با توان ورودی P، می تواند در هر دقیقه $۳m^۳$ نفت را تا ارتفاع $۲۰m$ از یک مخزن بالا ببرد. اگر مقدار عددی بازده تلمبه برحسب درصد را به اندازهٔ ۱۵تا افزایش دهیم، با همان توان ورودی، در هر دقیقه $۵m^۳$ نفت را تا ارتفاع $۱۵m$ از مخزن بالا می‌برد. P چند کیلووات است؟ $(\rho_{\text{نفت}} = ۰/۸\ g/cm^۳)$

یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

دما و دماسنجی

تا حالا به این‌ها فکر کرده‌اید؟

گرما در بسیاری از اتفاق‌های روزمره‌ی زندگی نقش دارد؛ اما آیا می‌توانیم دلیل این اتفاق‌ها را توضیح دهیم؟

چگونه آب می‌تواند آتش را خاموش کند؟

بادهای ساحلی چگونه به وجود می‌آیند؟

چگونه با آب‌پاشی باغ‌های میوه می‌توان از یخزدن شکوفه‌ها در یک شب سرد جلوگیری کرد؟

چرا بیشتر پل‌ها به صورت بخش‌های مجزا ساخته می‌شوند و بین این بخش‌ها فاصله‌ی کمی وجود دارد؟

در این فصل، با مفاهیمی آشنا می‌شویم که به کمک آن‌ها می‌توانیم پاسخ این پرسش‌ها و بسیاری از پدیده‌های جالب دیگر را پیدا کنیم.

دما: کمیتی است که به کمک آن می‌توان سردی و گرمی اجسام را اندازه‌گیری کرد.

دیدگاه میکروسکوپی دما: از دیدگاه میکروسکوپی، دما با **حرکت کاتوره‌ای (نامنظم) ذرات سازنده‌ی ماده** ارتباط دارد. به‌طور کلی، هرچه دمای یک جسم بیشتر باشد، حرکت کاتوره‌ای ذرات سازنده‌ی آن نیز بیشتر است و انرژی جنبشی متوسط آن‌ها افزایش می‌یابد. به بیان ساده، **دما معیاری از میزان جنب‌وجوش ذرات سازنده‌ی ماده است.**

دماسنجی: شیوه اندازه‌گیری و تعیین دما را دماسنجی می‌نامیم.

توجه!

- **برای اینکه بتوانیم دمای یک جسم را اندازه بگیریم، نیاز به یک مقیاس دماسنجی و یک کمیت دماسنجی داریم. در ادامه به معرفی این دو اصطلاح خواهیم پرداخت.**

مقیاس‌های دمایی:

۱. درجه سلسیوس یا سانتی گراد (^0C): متداول‌ترین مقیاس دما می‌باشد و مبتنی بر دو نقطه ثابت است. در این مقیاس ، دمایی که در آن آب خالص در فشار جو متعارف (یک اتمسفر) شروع به یخ زدن می‌کند را صفر و دمایی که در آن آب خالص در حال جوش در فشار جو متعارف است را ۱۰۰ در نظر می‌گیریم. دما بر حسب سلسیوس را با علامت θ نشان می دهیم.

۲. کلوین (K) : از سال ۱۹۵۴ میلادی در SI به جای سلسیوس ، از یکای کلوین استفاده می‌شود. صفر کلوین حدوداً برابر با ۲۷۳- درجه سلسیوس می‌باشد. دما بر حسب کلوین را با نماد T نشان می دهیم.

- **رابطه بین مقیاس کلوین و سلسیوس به صورت $T = \theta + ۲۷۳$ است.**
- **تغییر دما در مقیاس‌های سلسیوس و کلوین با هم برابر است: $\Delta T = \Delta\theta$**
- **صفر کلوین کمترین دمای ممکن است ، اما برای دما، حد بالا وجود ندارد.**

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۳. فارنهایت (^0F) : یکی از یکاهای رایج در صنعت و هواشناسی می‌باشد. رابطه بین مقیاس سلسیوس و فارنهایت به صورت زیر است:

$$F = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲$$

نسبت تغییرات دما بر حسب فارنهایت به تغییرات دما بر حسب سلسیوس به صورت $\frac{۹}{۵}$ است. ($\Delta F = \frac{۹}{۵}\Delta\theta$)

از یخ و نمک تا صفر مطلق!

امروز اگر بخواهیم دمای هوا را بیان کنیم، خیلی راحت می‌گوییم: «**امروز ۲۵ درجه است.**» اما چند قرن پیش، اگر کسی می‌پرسید «**چند درجه؟**» ، احتمالاً جواب مشخصی برایش وجود نداشت! دانشمندان هنوز بر سر اینکه دما را چگونه اندازه‌گیری و مقایسه کنند، به توافق نرسیده بودند.



در اوایل قرن هجدهم، **دانیل گابریل فارنهایت**، فیزیک‌دان و سازنده ابزارهای دقیق، تلاش کرد دماسنج‌هایی بسازد که اندازه‌گیری قابل اعتمادی داشته باشند. او برای تعیین نقاط مرجع دماسنج خود، سراغ مخلوطی از **یخ، آب و نمک** رفت. این مخلوط می‌توانست دمای بسیار پایینی ایجاد کند و در شرایط مناسب، دمای نسبتاً پایداری داشته باشد. فارنهایت این دما را به‌عنوان یکی از نقاط مرجع مقیاس خود انتخاب کرد.

اما داستان همین‌جا تمام نشد!

حدود دو دهه بعد، **آندرس سلسیوس**، دانشمند سوئدی، پیشنهاد دیگری برای مقیاس دما ارائه کرد. او فاصله‌ی بین دمای ذوب یخ و جوش آب را به **۱۰۰ قسمت مساوی** تقسیم کرد.

البته سلسیوس یک اشتباه بامزه هم داشت! 😄

در مقیاس اولیه‌ی او، **دمای جوش آب صفر درجه و دمای ذوب یخ ۱۰۰ درجه** بود؛ یعنی هرچه هوا گرم‌تر می‌شد، عدد دماسنج پایین‌تر می‌آمد! بعدها این ترتیب معکوس شد و مقیاسی که امروز می‌شناسیم به وجود آمد.

سال‌ها بعد، دانشمندان به مقیاسی نیاز پیدا کردند که از یک **صفر واقعی و مطلق** شروع شود. اینجا پای **لرد کلوین** به داستان باز شد. در مقیاس کلوین، پایین‌ترین دمای ممکن را **صفر مطلق** می‌نامیم.

در مقیاس کلوین، اندازه‌ی هر واحد دما با یک درجه‌ی سلسیوس برابر است، اما مبدأ آن‌ها متفاوت است. به همین دلیل می‌گوییم **کلوین**، نه «درجه کلوین».

و این‌گونه، دماسنج‌ها از یک وسیله‌ی ساده برای فهمیدن «**سرده یا گرمه؟**» به ابزار دقیقی برای اندازه‌گیری یکی از مهم‌ترین کمیت‌های فیزیکی تبدیل شدند.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

دماسنج: وسیله اندازه‌گیری دما را دماسنج می‌نامند.

اساس کار دماسنج : دماسنج‌ها بر اساس **تغییر یک کمیت دماسنجی** کار می‌کنند. کمیت دماسنجی، ویژگی‌ای از یک ماده یا دماسنج است که با تغییر دما، به‌صورت قابل اندازه‌گیری تغییر می‌کند.

برای نمونه، در دماسنج‌های معمولی(همون جیوه‌ای و الکلی)، **حجم مایع** با تغییر دما تغییر می‌کند. با اندازه‌گیری این تغییر و مقایسه‌ی آن با یک مقیاس دما، می‌توان دمای جسم را تعیین کرد.

دماسنج	کمیت دماسنجی
جیوه‌ای و الکلی	ارتفاع مایع درون لوله
ترموکوپل	ولتاژ
مقاومت پلاتینی	مقاومت الکتریکی
گازی	حجم یا فشار گاز

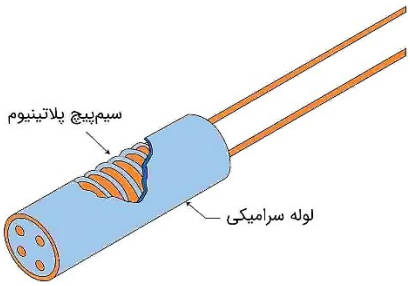
دماسنج‌های معیار: دماسنج‌هایی هستند که در کارهای علمی برای اندازه‌گیری دماهای مختلف توسط دانشمندان تایید شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. **۱. دماسنج گازی ، ۲.تَف سنج (پیرومتر) ۳. دماسنج مقاومت پلاتینی**



دماسنج گازی



تف سنج



دماسنج مقاومت پلاتینی

دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی: دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی از ساده‌ترین و رایج‌ترین انواع دماسنج‌ها هستند. اساس کار این دماسنج‌ها بر **تغییر حجم یک مایع در اثر تغییر دما** است. این مایع، معمولاً جیوه یا الکل رنگی، درون یک لوله‌ی شیشه‌ای باریک و مدرج قرار دارد.



با افزایش دما، حجم مایع افزایش می‌یابد و سطح آن در لوله بالا می‌رود؛ با کاهش دما نیز حجم مایع کاهش می‌یابد و سطح آن پایین می‌آید. با مشاهده جایگاه سطح مایع روی لوله‌ی مدرج، می‌توان دمای جسم یا محیط را تعیین کرد.

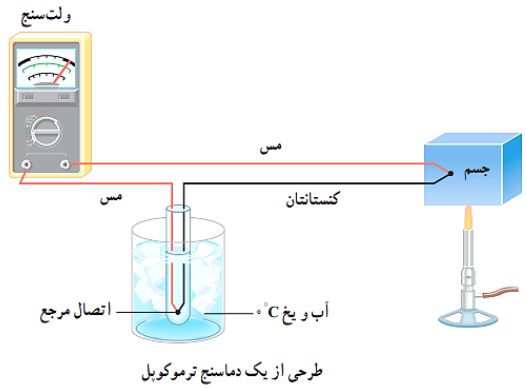
- **گستره دماسنجی دماسنج‌های الکلی (الکل اتیلیک یا اتانول خالص) از $-۱۱۵\ ^\circ C$ تا $۷۸\ ^\circ C$ است.**
- **گستره ی دماسنجی دماسنج‌های جیوه‌ای از $-۳۷\ ^\circ C$ تا $۳۵۷\ ^\circ C$ است.**

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

دماسنج ترموکوپل: ترموکوپل یکی از دماسنج‌های پرکاربرد است که در گذشته در شمار دماسنج‌های معیار نیز قرار می‌گرفت؛ اما به دلیل **دقت کمتر نسبت** به برخی دماسنج‌های معیار، از این فهرست کنار گذاشته شد.

اساس کار ترموکوپل بر **ایجاد ولتاژ در اثر اختلاف دمای محل اتصال دو فلز غیرهم‌جنس** است. به این پدیده، **اثر ترموالکتریک** می‌گویند.



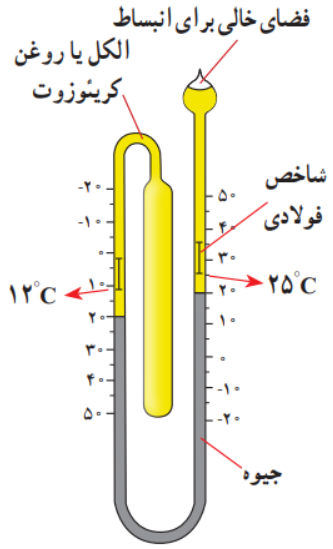
طرحی از یک دماسنج ترموکوپل

- **گستره دماسنجی ترموکوپل بالا است (دماسنج ساخته شده از آلیاژ آلومل و کرومل گستره ی دماسنجی $-۲۷۰\ ^\circ C$ تا $۱۳۷۲\ ^\circ C$ را دارد)**

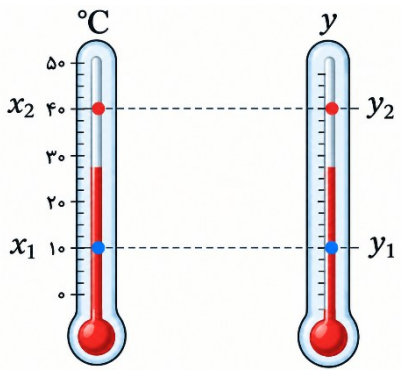
- **ترموکوپل به دلیل جرم کم محل اتصال سیم‌ها، می‌تواند در مدت کوتاهی با جسم به تعادل گرمایی برسد و دمای آن را اندازه‌گیری کند. به همین دلیل، ترموکوپل‌ها در مدارهای الکترونیکی، تجهیزات صنعتی و وسایل سرمایشی و گرمایشی کاربرد فراوانی دارند.**

دماسنج بیشینه – کمینه:

دماسنج بیشینه ـ کمینه می‌تواند **بیشترین و کمترین دمای ثبت‌شده در یک بازه‌ی زمانی مشخص** را نشان دهد. این دماسنج‌ها معمولاً در **مراکز پرورش گل و گیاه، باغداری و ایستگاه‌های هواشناسی** به کار می‌روند؛ زیرا اطلاع از بیشترین و کمترین دمای محیط در یک بازه‌ی زمانی، در بسیاری از این فعالیت‌ها اهمیت دارد.



رابطه بین دماسنج‌ها: ممکن است در برخی سوالات یک دماسنج با مقیاس نامشخص داده شود که با یک دماسنج با مقیاس معلوم مقایسه شود. در این حالت اگر دو نقطه از دمای دماسنج نامعلوم را به صورت y_1 و y_2 با دو نقطه از دمای معلوم x_1 و x_2 نشان دهیم، رابطه بین مقیاس دماسنج معلوم و دماسنج نامعلوم به صورت زیر می‌باشد.



$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1}=\frac{x-x_1}{x_2-x_1}$$

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:



دست گرمی...

۱. نشان دهید که تغییر دما در مقیاس‌های سلسیوس و کلوین با هم برابر است ($\Delta T = \Delta\theta$) .

۲. کدام یک از کمیت‌های زیر، یک کمیت دماسنجی محسوب نمی‌شود؟

۱) حجم مایع

۲) جرم مایع

۳) رنگ جسم

۴) فشار گاز

۳. دمای بدن یک انسان سالم تقریبا ۳۷ °C است. این دما را برحسب کلوین و فارنهایت بنویسید.

۴. گرمترین نقطه روی زمین، ناحیه‌ای در کویر لوت است که دمای آن تا حدود ۷۰ °C و سردترین نقطه در قطب جنوب است که دمای آن تا ۸۹ °C− گزارش شده است. این دماها را برحسب کلوین و فارنهایت به دست آورید.

۵. تحقیق کنید برای نگهداری یاخته‌های بنیادی بند ناف خون، به چه دمایی نیازمندیم. این دما چگونه ایجاد و حفظ می‌شود؟

۶. یک آلیاژ خاص وقتی دمای آن به ۹۲ K می‌رسد خاصیتی موسوم به ابر رسانایی پیدا می‌کند. این دمای حدی برحسب سلسیوس و فارنهایت چقدر است؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۷. برای اندازه‌گیری دمای یک جسم توسط دماسنج به چه نکاتی باید توجه کنیم؟ (راهنمایی: به نکاتی که در فصل ۱ خواندید نیز توجه کنید)

۸. عبارت‌های زیر را با کلمات مناسب کامل کنید.

الف: میزان گرمی و سردی اجسام با معیار ..... مشخص می‌شود.

ب: اساس کار دماسنج‌ها ..... است.

پ: ساده‌ترین نوع دماسنج‌ها ..... و ..... است.

ت: اساس کار تف سنج ..... و اساس کار دماسنج گازی ..... می‌باشد.

ث: تغییرات دما در مقیاس ..... و ..... با هم برابر است.

ج: در مقیاس ..... دما هیچ‌گاه منفی نمی‌شود.

چ: دما معیاری از انرژی ..... ماده است.

ارتقاء سطح...

۹. دمای سه جسم A، B و C به صورت زیر گزارش شده است. براساس روابط بین مقیاس‌های دمایی، جدول زیر را کامل کنید.

	$\theta\,(^\circ C)$	$T\,(K)$	$F\,(^\circ F)$
A	۳۰		
B		۳۶۳	
C			۱۳۱

۱۰. در چه دمایی عددی که دماسنج سلسیوس نشان می‌دهد، همان عددی است که دماسنج فارنهایت نشان می‌دهد؟

۱۱. چه دمایی در مقیاس فارنهایت برابر (الف) دو برابر دمایی در مقیاس سلسیوس و (ب) نصف دمایی در مقیاس سلسیوس است؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۱۲. دماسنجی دمای جوش آب را ۵۳۰ و دمای ۸۵ °C را ۴۴۰ نشان می‌دهد.

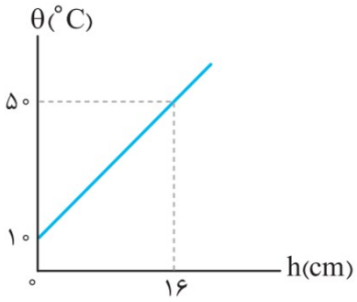
الف: رابطه این مقیاس دماسنجی را با مقیاس سلسیوس بنویسید.

ب: این دماسنج دمای ۴۰ °C را چه عددی نشان خواهد داد؟



غول مرحله آخر!

۱۳. نمودار دما برحسب ارتفاع مایع دماسنج به صورت مقابل است:



الف: رابطهٔ دما برحسب سلسیوس را با ارتفاع را به دست آورید.

ب: اگر طول لولهٔ دماسنج $۳۵cm$ باشد، بیشترین دمایی که دماسنج می تواند اندازه بگیرد، چند درجهٔ فارنهایت است؟

یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

انبساط گرمایی: معمولا با افزایش دما که سبب افزایش حرکت یا نوسان اجزای سازنده مواد می‌شود ، حجم جسم افزایش می‌یابد.

دلیل این اتفاقات به ساختار مولکولی ماده برمی‌گردد. در واقع، وقتی دمای ماده‌ای بالا می‌رود، اتم‌ها یا مولکول‌های آن بیشتر تکان می‌خورند و از هم دورتر می‌شوند؛ نتیجهٔ این اتفاق، افزایش حجم ماده است.

البته غیر از چند مورد خاص...!

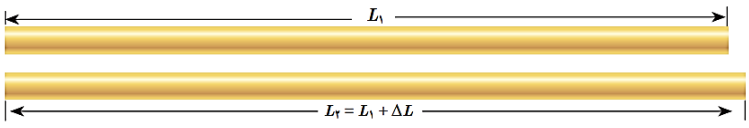
مثال

- **آب در محدوده دمایی صفر تا ۴ درجه سلسیوس و هم چنین برخی پلاستیک‌ها در اثر افزایش دما، کاهش حجم دارند.**

توجه!

- **پدیده انبساط گرمایی در تمام جهات یک جسم صورت می پذیرد.**

انبساط طولی: اگر جسمی به شکل میله باشد و بتوانیم از ضخامت آن نسبت به طول‌اش صرف‌نظر کنیم، انبساط در این نوع جسم را



می‌توان یک انبساط طولی در نظر گرفت. در نتیجه اگر میله‌ای به طول اولیه L_1 را به اندازه ΔT گرم (یا سرد) کنیم. طول میله به اندازه ΔL افزایش (یا کاهش) می‌یابد:

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$$

اثبات کنید!

اگر طول ثانویه میله را L_2 بگیریم ، داریم:

$$L_2 = L_1(1 + \alpha \Delta T)$$

- **مقدار α ضریب انبساط طولی میله می‌باشد، که به جنس میله بستگی دارد و یکای آن "یک بر کلوین" $^1/_K$ یا "یک بر درجه سلسیوس" $^1/_{^\circ C}$ است.**

در جدول زیر ضریب انبساط طولی برخی از مواد گردآوری شده است:

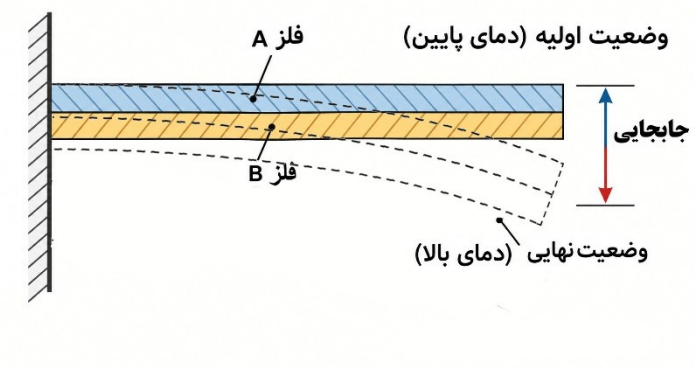
نام ماده	ضریب انبساط $(^1/_K)$	نام ماده	ضریب انبساط $(^1/_K)$
الماس	$۱/۲ \times ۱۰^{-۶}$	مس	۱۷×۱۰^{-۶}
شیشه پیرکس	$۳/۲ \times ۱۰^{-۶}$	برنج	۱۹×۱۰^{-۶}
شیشه معمولی	$۹_۱۲ \times ۱۰^{-۶}$	آلومینیم	۲۳×۱۰^{-۶}
فولاد	$۱۰_۱۳ \times ۱۰^{-۶}$	سرب	۲۹×۱۰^{-۶}
بتون	$۱۰_۱۴ \times ۱۰^{-۶}$	یخ	۵۱×۱۰^{-۶}

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

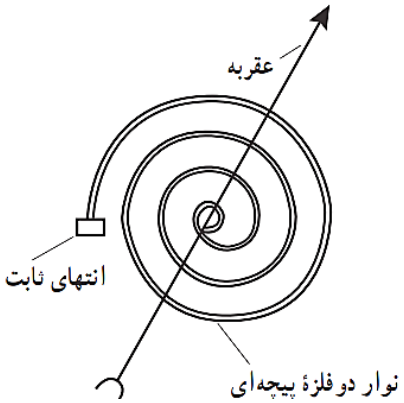
نکته

- با توجه به رابطه ΔL که خواندیم، مقدار تغییر طول یک جسم به جنس، طول اولیه L_1 و مقدار تغییر دمای ΔT آن وابسته است.
- اگر در مسئله‌ای از ما درصد تغییرات طول را بخواهند می‌توانیم از رابطه $\frac{\Delta L}{L_1} \times ۱۰۰$ یا $\alpha \Delta T \times ۱۰۰$ این مقدار را بدست آوریم.

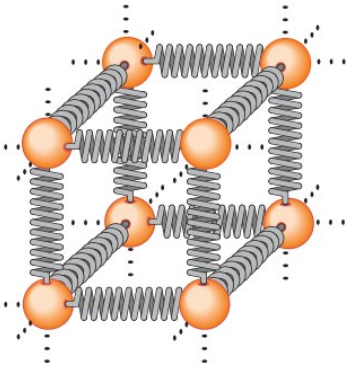


دماسنج نواری دوفلزه (بی متال): اساس کار این دماسنج‌ها انبساط طولی اجسام در اثر تغییر دما می‌باشد. در این نوع دماسنج از دو تیغه فلزی با جنس متفاوت که سرتاسر به هم جوش خورده اند استفاده می‌شود. به دلیل تفاوتی که در ضریب انبساط طولی این دو فلز وجود دارد ، در اثر تغییر دما، افزایش طول متفاوتی داشته و به یک سمت خم می شوند.





دلیل انبساط اجسام: انبساط گرمایی یک جسم به دلیل تغییر فاصله بین اتم‌ها یا مولکول‌های تشکیل دهنده آن است. هنگام بالا رفتن دمای یک جسم، اتم‌ها به خاطر افزایش نوسان و حرکتشان، فاصله بیشتری از هم خواهند داشت و در نتیجه جسم افزایش حجم پیدا می‌کند.



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۱۴. چرا بهتر است قفل و کلید یک در، هم جنس باشند؟

۱۵. چرا در برخی از فصل‌های سال، بعضی از درها در چارچوب خود گیر می‌کنند؟

۱۶. طول یک پل معلق در پایین‌ترین دمای منطقه m ۱۱۵۸ است. این پل از نوعی فولاد با $\alpha = ۱۳ \times ۱۰^{-۶}\ {}^{۱}/_{°C}$ ساخته شده است. فرض کنید کمترین دمای ممکن $-۵۰\ °C$ و بیشترین دمای ممکن $+۵۰\ °C$ باشد. بیشترین تغییر طول ممکن پل چقدر است؟

۱۷. جملات زیر را کامل کنید:

الف: معمولا اجسام با ..... حجم‌شان زیاد می‌شود.

ب: در دماسنج نواری، دو تیغه فلزی ..... به هم جوش داده می‌شوند.

پ: اغلب از نوارهای دوفلزه به عنوان ..... استفاده می‌شود.

ت: ضریب انبساط طولی یک میله به ..... بستگی دارد.

۱۸. چرا در گذشته بین ریل‌های راه‌آهن فضای خالی می‌گذاشتند.

۱۹. موادی که برای پر کردن دندان استفاده می‌شود باید چه ویژگی داشته باشند.

۲۰. دمای یک میله فلزی را چند کلوین افزایش دهیم تا طول آن به اندازه ۰/۰۰۱ طول اولیه افزایش یابد؟
$(\alpha = ۲ \times ۱۰^{-۵}\ {}^{۱}/_{°C})$

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۲۱. دو میله هم‌اندازه به طول m ۲ یکی از جنس برنج و دیگری از جنس آهن در اختیار داریم، دمای هر دو میله را به اندازه $^{\circ}C$ ۵۰ افزایش می‌دهیم، تغییر طول دو میله را با هم مقایسه کنید.

ارتقاء سطح...

۲۲. کدامیک از زوج مواد زیر نباید از موادی با ضریب انبساط طولی یکسان انتخاب شوند؟

الف) قفل و کلید در

ب) تیغه‌های فلزی دماسنج نواری دوفلزه

پ) دندان و مادهٔ پر کنندهٔ دندان

۲۳. یک بزرگراه از بخش‌های بتونی به طول m ۲۵ ساخته شده است.این بخش‌ها در دمای $^{\circ}C$ ۱۰ بتون‌ریزی و عمل آورده شده اند. برای جلوگیری از تاب برداشتن بتون در دمای $^{\circ}C$ ۵۰ مهندسان باید چه فاصله‌ای را بین این قطعه‌ها در نظر بگیرند. $(\alpha = ۱۴ \times ۱۰^{-۶}\ ^{۱}/_{^{\circ}C})$

۲۴. تفاوت طول دو میله هم جنس cm ۱۰ است. اگر آن‌ها را به دنبال یکدیگر متصل کنیم و دمای آن‌ها را $^{\circ}C$ ۱۰۰ افزایش دهیم. مجموع طول آن‌ها به m ۳/۰۰۹ می‌رسد. طول اولیه هر میله را بیابید. $(\alpha = ۳ \times ۱۰^{-۵}\ ^{۱}/_{^{\circ}C})$

۲۵. در دمای صفر درجهٔ سلسیوس، طول دو میلهٔ آلومینیمی و فولادی با هم برابر و هر کدام ۴ متر است. دمای میله‌ها را تا چند درجهٔ سلسیوس افزایش دهیم تا اختلاف طول آنها ۲/۳ میلی‌متر شود؟

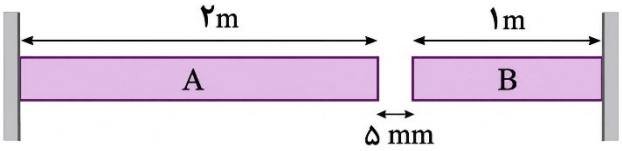
۲۶. ضریب انبساط طولی فلزی $\alpha = ۲ \times ۱۰^{-۵}\ ^{۱}/_{^{\circ}C}$ و دمای آن صفر درجهٔ سلسیوس است. اگر دمای این فلز را به ۲۵۰ درجهٔ سلسیوس برسانیم، حجم آن چند درصد افزایش می‌یابد؟

Telegram: @konkur_in

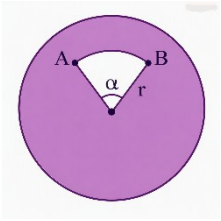
www.konkur.in

غول مرحله آخر!

۲۷. دو میلهٔ A و B، بین دو دیوارهٔ ثابت قرار دارند. شکل نشان داده شده وضعیت میله‌ها در دمای ۱۰ °C است. اگر دمای هر دو میله را به ۶۰ °C برسانیم، این دو میله به هم می‌رسند. ضریب انبساط طولی میلهٔ A در SI چقدر است؟ $(\alpha_B = ۲ \times ۱۰^{-۵}\ {}^{۱}/_{°C})$



۲۸. مطابق شکل از درون یک قرص دایره‌ای یک قسمت را بریده و جدا کرده‌ایم به طوری که $\alpha = ۶۰°$ و $r = ۱۰cm$ است. اگر دمای ورقه را ۲۰۰°C افزایش دهیم، طول کمان AB وزاویهٔ α به ترتیب چند میلی متر و چند درجه تغییر می‌کند؟ $(\alpha_B = ۲ \times ۱۰^{-۵}\ {}^{۱}/_{°C}$ و $\pi = ۳)$

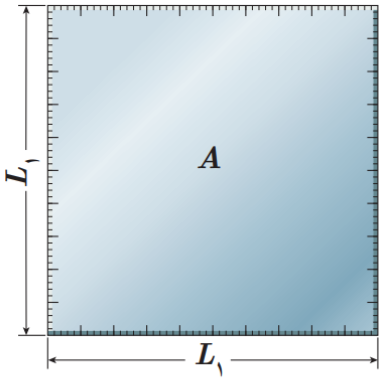


چالش برای کارآگاهان فیزیک:

دماپا (ترموستات) چیست و چگونه کار می‌کند؟ توضیح دهید دماپا چگونه با تشخیص تغییرات دما، وسایل گرمایشی یا سرمایشی را به‌طور خودکار روشن و خاموش می‌کند. همچنین چند نمونه از کاربردهای دماپا در زندگی روزمره را پیدا کنید.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

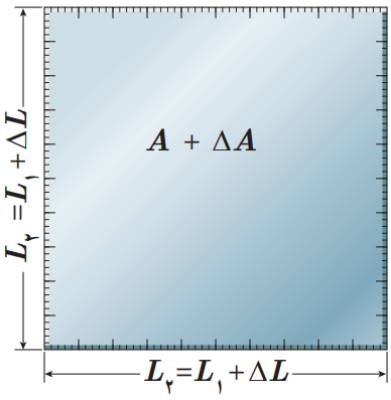


انبساط سطحی: اگر جسم به شکل یک ورق باشد که ضخامت‌اش نسبت به سطح ورق ناچیز باشد در این صورت انبساط در این جسم به صورت سطحی خواهد بود که تغییر مساحت آن از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\Delta A = ۲\alpha A_۱ \Delta T$$

اگر مساحت ثانویه ورق را $A_۲$ بگیریم ، داریم:

$$A_۲ = A_۱(۱ + ۲\alpha\Delta T)$$



- **مقدار ۲α تقریبا برابر با ضریب انبساط سطحی ورق می‌باشد، که به جنس جسم بستگی دارد و یکای آن "یک بر کلوین" $^۱/_K$ یا "یک بر درجه سلسیوس" $^۱/_{^\circ C}$ است.**

نکته

- **اگر در مسئله‌ای از ما درصد تغییرات مساحت را بخواهند می‌توانیم از رابطه $\frac{\Delta A}{A_۱} \times ۱۰۰$ یا $۲\alpha\Delta T \times ۱۰۰$ این مقدار را بدست آوریم.**

چالش برای کارآگاهان فیزیک:

ورقه‌ای فلزی و مستطیلی شکل به اضلاع $a_۱$ و $b_۱$ را درنظر بگیرید. براثر افزایش دمای ΔT، طول اضلاع مستطیل به اندازهٔ Δa و Δb افزایش می‌یابند. اگر ضریب انبساط طولی ورقه α باشد، نشان دهید که افزایش مساحت این ورقه با تقریب مناسب از رابطهٔ

انبساط حجمی: اگر حجم اولیه جسم (مایع یا جامد) $V_۱$ باشد در اثر تغییر دما ، حجمش به صورت زیر تغییر می‌کند:

$$\Delta V = \beta V_۱ \Delta T$$

اگر حجم ثانویه جسم را $V_۲$ بگیریم ، داریم:

$$V_۲ = V_۱(۱ + \beta\Delta T)$$

- **مقدار β ضریب انبساط حجمی مایع یا جامد می‌باشد، که به جنس جسم بستگی دارد و یکای آن "یک بر کلوین" $^۱/_K$ یا "یک بر درجه سلسیوس" $^۱/_{^\circ C}$ است.**

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

- **چون مایع‌ها شکل معینی ندارند، انبساط آنها را فقط به‌صورت حجمی بررسی می‌کنیم.**

در جدول زیر ضریب انبساط حجمی برخی از مواد گردآوری شده است:

نام ماده	ضریب انبساط $(^1/_K)$	نام ماده	ضریب انبساط $(^1/_K)$
جیوه	$۰/۱۸ \times ۱۰^{-۳}$	اتانول	$۱/۰۹ \times ۱۰^{-۳}$
آب	$۰/۲۷ \times ۱۰^{-۳}$	استیک اسید	$۱۱/۰ \times ۱۰^{-۳}$
گلیسیرین	$۰/۴۹ \times ۱۰^{-۳}$	بنزن	$۱۲/۵ \times ۱۰^{-۳}$
روغن زیتون	$۰/۷۰ \times ۱۰^{-۳}$	کلروفرم	$۱۲/۷ \times ۱۰^{-۳}$
پارافین	$۰/۷۶ \times ۱۰^{-۳}$	استون	$۱۴/۳ \times ۱۰^{-۳}$
بنزین	$۱/۰۰ \times ۱۰^{-۳}$	اتر	$۱۶/۰ \times ۱۰^{-۳}$



- **مهم!! مقدار ضریب انبساط حجمی جامدها تقریبا ۳ برابر ضریب انبساط طولی آن‌ها است یعنی: $\beta \cong ۳\alpha$**
- **معمولا انبساط حجمی جامدها بسیار کمتر از مایعات می‌باشد و در اکثر اوقات می‌توان از انبساط حجمی جامد در مقابل مایع چشم پوشی کرد.**
- **اگر در مسئله‌ای از ما درصد تغییرات حجم را بخواهد می‌توانیم از رابطه $\frac{\Delta V}{V_1} \times ۱۰۰$ یا $\beta \Delta T \times ۱۰۰$ این مقدار را بدست آوریم.**

انبساط حجمی ظاهری در مایع:

مایع‌ها شکل معینی ندارند و معمولاً برای نگهداری، داخل ظرف ریخته می‌شوند. بنابراین وقتی مایعی را گرم می‌کنیم، گرما هم به مایع و هم به ظرف آن می‌رسد؛ در نتیجه هم مایع و هم ظرف منبسط می‌شوند.

از آنجا که حجم ظرف نیز افزایش پیدا می‌کند، افزایش حجمی که در مایع مشاهده می‌کنیم، برابر با انبساط واقعی مایع نیست؛ بلکه **انبساط ظاهری** آن است.

برای به‌دست‌آوردن مقدار انبساط حجمی ظاهری مایع، باید افزایش حجم ظرف را از افزایش حجم واقعی مایع کم کنیم:

افزایش حجم ظرف – افزایش حجم واقعی مایع = افزایش حجم ظاهری مایع

$$\Delta V_{\text{ظاهری}} = \Delta V_{\text{واقعی مایع}} - \Delta V_{\text{ظرف}}$$

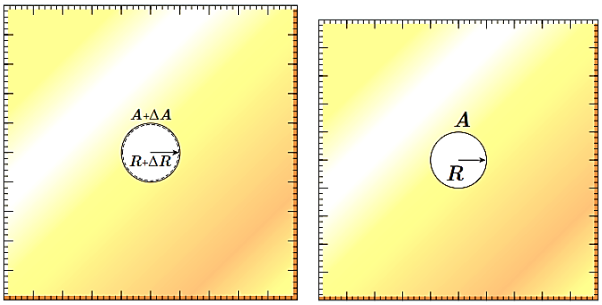
Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

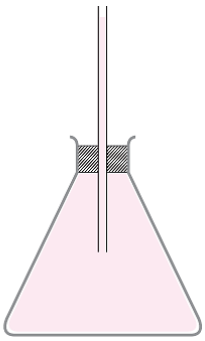
۲۹. شکل‌های (الف) و (ب) نشان می‌دهند که وقتی روی یک ورقه فلزی حفره‌ای دایره‌ای داشته باشیم و ورقه را گرم کنیم، قطر (یا مساحت) حفره بزرگ می‌شود. فرض کنید جنس ورقه، برنجی است و حفره‌ای به قطر یک اینچ ($۲/۵۴\ cm$) درون آن ایجاد شده است. وقتی دمای ورقه $۲۰۰\ ^\circ C$ ، افزایش یابد، افزایش مساحت حفره چقدرخواهد شد؟



(الف) (ب)

۳۰. در یک روز داغ تابستان که دمای هوا $۴۰\ ^\circ C$ است، شخصی باک (مخزن) ۵۵ لیتری اتومبیل خود را از بنزین کاملا پر می‌کند. فرض کنید بنزین از منبعی در زیرزمین با دمای $۱۲\ ^\circ C$ بالا آمده باشد. شخص اتومبیل را پارک می‌کند و ساعتی بعد باز می‌گردد. مشاهده می‌کند بنزین قابل توجهی از باک سرریز شده است. چقدر بنزین از باک بیرون ریخته است؟ (از افزایش حجم باک که بسیار ناچیز است صرف‌نظر می‌شود).

۳۱. ارلنی شیشه‌ای با ضریب انبساط طولی $۹ \times ۱۰^{-۶}\ /K^{۱}$ را که در دمای $۲۰\ ^\circ C$ گنجایشی برابر با $۲۰۰\ cm^۳$ دارد، مطابق شکل با گلیسیرین در همان دما پر کرده‌ایم. اگر دمای ظرف و گلیسیرین را به $۶۰\ ^\circ C$ برسانیم.



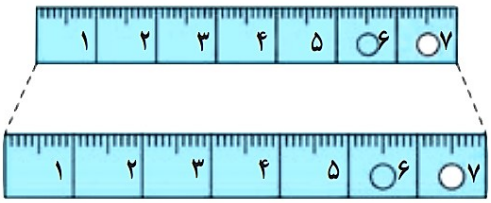
الف: آیا گلیسیرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟

ب: اگر پاسخ قسمت (الف) مثبت است، حجم گلیسیرین سرریز شده چقدر است؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۳۲. شکل زیر، یک خط کش فلزی را که در آن سوراخی ایجاد شده است در دو دمای متفاوت نشان می‌دهد. از این شکل چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

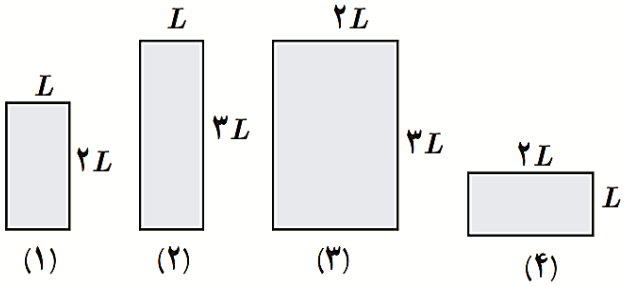


۳۳. شکل زیر چهار صفحه فلزی هم جنس به اضلاع متفاوت را در یک دما نشان می‌دهد. اگر دمای همه آنها را به اندازه یکسان زیاد کنیم،

الف: ارتفاع کدام صفحه یا صفحه‌ها بیشتر افزایش پیدا می‌کند؟

ب: مساحت کدام یک بیشتر افزایش پیدا می‌کند؟

پ: اگر در هر چهار تای آنها روزنه کوچک هم اندازه‌ای وجود داشته باشد، افزایش قطر چهار روزنه در اثر افزایش دمای یکسان را با هم مقایسه کنید.



۳۴. یک ظرف آلومینیمی با حجم $400\ cm^3$ در دمای $20\ ^\circ C$ به طور کامل از گلیسیرین پر شده است. اگر دمای ظرف و گلیسیرین به $30\ ^\circ C$ برسد، چقدر گلیسیرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟

۳۵. در شکل روبرو با کاهش دما، نوار دوفلزه به طرف پایین خم می‌شود. اگر یکی از نوارها، برنجی و نوار دیگر فولادی باشد؛

الف: نوار بالایی از چه جنسی است؟

ب: اگر نوارها را گرم کنیم به کدام سمت خم می شوند.



۳۶. در یک روز گرم یک باری مخزنی حامل سوخت با $30000\ L$ بنزین بارگیری شده است. دمای هوا در محل تحویل سوخت $20\ ^\circ C$ کمتر از محلی، است که در آنجا سوخت بار زده شده است. راننده چند لیتر سوخت را در این محل تحویل می‌دهد؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

ارتقاء سطح...

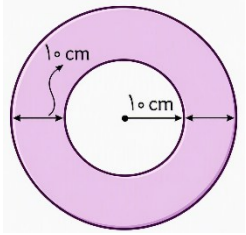
۳۷. مقداری بنزین در مخزنی استوانه‌ای به ارتفاع $h = ۱۰\ m$ ریخته شده است. در دمای $-۱۰\ ^\circ C$ فاصله بین سطح بنزین تا بالای ظرف برابر $\Delta h = ۵۰\ cm$ است. اگر از انبساط ظرف در نتیجه افزایش دما چشم پوشی شود، در چه دمایی بنزین از ظرف سرریز می‌شود؟

۳۷. بر اثر افزایش دما به اندازهٔ $۳۲^\circ C$، میله‌ای که در مرکز آن شکافی وجود دارد به بالا تاب برمی‌دارد. اگر فاصلهٔ $L_۰ = ۳/۷۷\ m$ ثابت باشد، بالارفتگی x مرکز میله چند میلی متر است؟ (ضریب انبساط خطی میله $۲۵ \times ۱۰^{-۶}\ ^۱/_{^\circ C}$)



غول مرحله آخر!

۳۸. مطابق شکل روبه‌رو، یک نوار حلقوی به پهنای $۱۰cm$ از فلزی با ضریب انبساط طولی $۴ \times ۱۰^{-۴}\ ^۱/_{^\circ C}$ ساخته شده است. دمای نوار چند درجه سلسیوس و چگونه تغییر کند تا مساحت قسمت فلزی $۸۶۴\ cm^۲$ شود؟ ($\pi = ۳$)



۳۹. اگر دمای یک مکعب فلزی توپر را $۵۰^\circ C$ افزایش دهیم، طول ضلع مکعب ۰/۰۲ درصد زیاد می‌شود. دمای مکعب را چند درجهٔ فارنهایت و چگونه تغییر دهیم تا چگالی آن ۰/۰۳ درصد افزایش یابد؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تغییر چگالی در اثر تغییر دما: همانطور که دیدیم در اثر تغییر دما حجم جسم تغییر می‌کند ، از آنجایی که جرم جسم ثابت است پس بنا به رابطه $\frac{m}{V}$ چگالی جسم در اثر افزایش یا کاهش دما تغییر خواهد کرد.

جرم حالت اول و نهایی یکسان است پس:

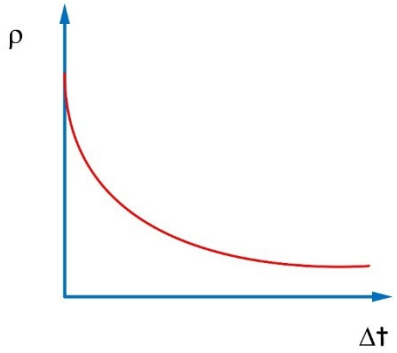
$$m_1 = m_2$$

$$\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2 \rightarrow \quad \rho_1 V_1 = \rho_2 V_1 (1 + \beta \Delta T)$$

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{(1 + \beta \Delta T)} \quad \xrightarrow[\text{اثبات کنید}]{} \quad \rho_2 \cong \rho_1 (1 - \beta \Delta T)$$

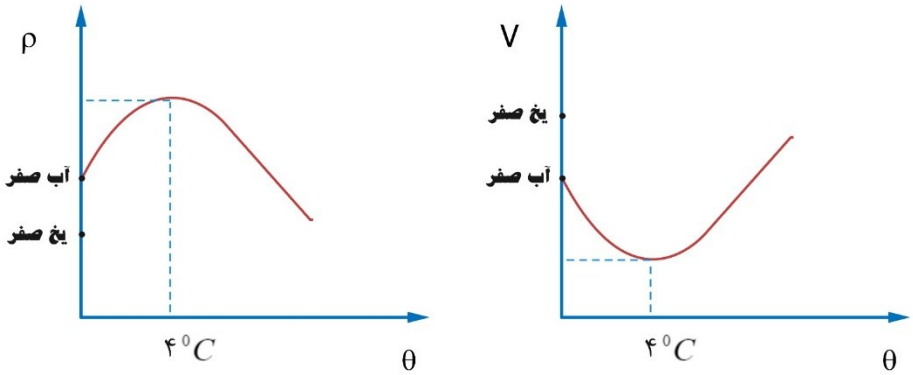
- **معمولا با افزایش دما چگالی جسم کاهش می‌یابد.**

نمودار تغییر چگالی در اثر تغییر دما:



انبساط غیر عادی آب: آب در دمای صفر تا ۴ درجه با افزایش دما به جای اینکه افزایش حجم داشته باشد دچار کاهش حجم می‌شود. یعنی از دمای صفر تا ۴ درجه حجم کاهش پیدا می‌کند و در دمای ۴ درجه به کمترین حجم (و بیشترین چگالی) می‌رسد.

نمودار حجم بر حسب دما و نمودار چگالی بر حسب دمای آب:



- **کمترین حجم و بیشترین چگالی آب در دمای $4^\circ C$ رخ می‌دهد.**
- **انبساط غیر عادی آب سبب می‌شود که آب با دمای $4^\circ C$ به دلیل چگالی بیشتر به پایین برود و آب با دمای کمتر بالاتر باشد و آب از سطح آن یخ بزند.**

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

چالش برای کارآگاهان فیزیک:

به نظرتون اگه انبساط آب ، غیرعادی نبود چه اتفاقی می‌افتاد؟

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۴۰. در جمله‌های زیر جاهای خالی را با کلمه مناسب کامل کنید.

الف: با افزایش دما از صفر درجه سلسیوس تا ۴ درجه سلسیوس، چگالی آب ..... می‌یابد.

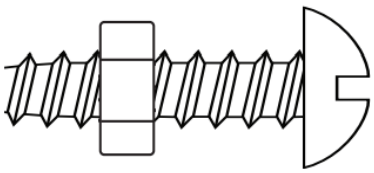
ب: آب دریاچه‌ها از قسمت ..... یخ می‌زند.

پ: انبساط مایع‌ها اساس کار ..... است.

۴۱. اگر آب از ۳ درجه سلسیوس تا ۵ درجه سلسیوس گرم شود، حجمش چه تغییری می‌کند؟

۴۲. یک قطعه سرب را در دمای اتاق در نظر بگیرید. اگر دمای این قطعه را ۲۰۰ °C افزایش دهیم، چگالی آن چند برابر می‌شود؟

۴۳. مهره‌ای به دور یک پیچ، بسیار محکم شده است. برای راحت‌تر باز کردن مهره، آیا باید این مجموعه را گرم کنیم یا سرد؟



۴۴. چرا در خانه‌هایی که لوله‌های آب در معرض هوای سرد زمستان هستند، ممکن است لوله‌ها بترکند؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۴۵. چگالی آب در دمایی خاص $\rho = ۰/۹۹ \times ۱۰^{۳}\ {}^{kg}/_{m^{۳}}$ است. اگر ضریب انبساط حجمی آب برابر $\beta = ۱/۸ \times ۱۰^{-۴}\ {}^{۱}/_{K}$ باشد. دمای آب چقدر است؟

(چگالی آب در دمای ٤ °C برابر با $۱/۰۳ \times ۱۰^{۳}\ {}^{kg}/_{m^{۳}}$ است.)

۴۶. در کدام گزینه پدیدهٔ مطرح شده به استثنای آب در انبساط و انقباض مرتبط نیست؟

۱) ترکیدن لوله‌های آب در زمستان
۲) زنده ماندن آبزیان در دماهای زیر صفر
۳) خنک کردن موتور ماشین در رادیاتورها به کمک آب
۴) شناور ماندن یخ روی آب

ارتقاء سطح...

۴۷. چرا از آب در دماسنج‌های مایعی استفاده نمی‌شود؟

۴۸. دمای یک میله فلزی از $\theta_۱$ به $\theta_۲$ می‌رسد. اگر طول آن ۰/۱ درصد افزایش یابد، چگالی آن تقریبا .....

الف: ۰/۱ درصد کاهش می‌یابد.
ب: ۰/۳ درصد کاهش می‌یابد.
پ: ۰/۱ درصد افزایش می‌یابد.
ت: ۰/۳ درصد افزایش می‌یابد.

یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

گـرمـا:

گرما (Q): انرژی است که به دلیل وجود اختلاف دما بین دو جسم مبادله می‌شود. گرما کمیتی نرده‌ای بوده و یکای آن در SI ژول J می‌باشد و آن را با نماد Q نشان می دهیم.

- **شرط انتقال خودبه‌خودی گرما بین دو جسم، وجود اختلاف دماست.**
- **گرما همواره خود به خود از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای پایین‌تر منتقل می‌شود.**
- **اگر جسمی گرما بگیرد مقدار Q برای آن مثبت و اگر جسمی گرما از دست بدهد مقدار Q برای آن منفی می‌شود.**
- **توجه کنید: گفتن «گرمای یک جسم» یا «گرمای موجود در یک جسم» از نظر فیزیکی درست نیست. گرما به انرژی در حال انتقال مربوط می‌شود؛ بنابراین، گرما چیزی نیست که در یک جسم ذخیره شده باشد.**
- **یکای دیگر گرما، کالری است که در موارد خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر کالری برابر با $۴/۱۸۶۰\ J$ است.**
  ($۱\ cal = ۴/۱۸۶۰\ J$)

وقتی گرما ماده بود!

طبق اطلاعاتی که اکنون داریم، می‌دانیم گرما نوعی **انرژی در حال انتقال** است؛ اما همیشه این‌طور فکر نمی‌کردند! در سده هجدهم، دانشمندان زیادی تصور می‌کردند گرما یک ماده نامرئی به نام **«کالریک»** است. آن‌ها فکر می‌کردند کالریک می‌تواند از جسمی به جسم دیگر جاری شود و هرچه جسم کالریک بیشتری داشته باشد، گرم‌تر است.

اما در اواخر قرن هجدهم، **بنجامین تامسون (کنت رامفورد)** با مشاهده فرایند سوراخ‌کاری لوله‌های توپ متوجه شد که هنگام اصطکاک، گرمای بسیار زیادی تولید می‌شود. این مشاهده با تصور **«ماده بودن گرما»** سازگاری چندانی نداشت.

چند دهه بعد، **جیمز ژول** با آزمایش‌های دقیق‌تر نشان داد که انجام کار مکانیکی می‌تواند باعث افزایش دمای آب شود. او با اندازه‌گیری مقدار کار انجام‌شده و گرمای تولید شده، رابطه‌ای میان **کار مکانیکی و گرما** پیدا کرد.

نتایج آزمایش‌های ژول، همراه با پژوهش‌های دانشمندان دیگر، به کنار گذاشته شدن نظریه کالریک و شکل‌گیری این دیدگاه کمک کرد که **گرما و کار، دو روش انتقال انرژی هستند.**

جالب است بدانید یکای انرژی در دستگاه *SI*، یعنی **ژول *(J)***، به افتخار همین دانشمند نام‌گذاری شده است.

اثر گرما بر اجسام: اگر جسمی گرما دریافت کند، ممکن از یکی از سه حالت زیر برایش اتفاق بیافتد:

۱. دمای جسم تغییر می‌کند ۲. حالت جسم عوض می‌شود ۳. هم دما و هم حالت جسم تغییر کند.

این سه حالت رو به یاد داشته باشید. در ادامه باهاشون کار داریم...

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

سوال: تا به حال فکر کرده‌اید چرا وقتی به دو جسم مختلف، مقدار یکسانی گرما می‌دهیم، دمای یکی بیشتر از دیگری افزایش پیدا می‌کند؟ یا چرا بعضی اجسام با سرعت بیشتری گرم و سرد می‌شوند؟

این تفاوت به **ظرفیت گرمایی** اجسام مربوط است.

ظرفیت گرمایی (C): مقدار گرمایی که به جسم داده می‌شود تا دمایش یک درجه سلسیوس (یا یک کلوین) افزایش یابد.

- **ظرفیت گرمایی را با نماد C نشان می دهیم و یکای آن $J/^\circ C$ یا J/K است.**
- **توجه داشته باشید که ظرفیت گرمایی یک جسم هم به جنس جسم و هم به جرم آن بستگی دارد و از رابطه زیر بدست می‌آید:**

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta}$$

گرمای ویژه (c): ظرفیت گرمایی ویژه که به آن به اختصار **گرمای ویژه** هم می‌گوییم ، مقدار گرمایی است که باید به **یک کیلوگرم از جسم** می دهیم تا دمایش یک درجه سلسیوس (یا کلوین) افزایش یابد. و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$c = \frac{Q}{m\Delta\theta}$$

- **گرمای ویژه را با نماد c نشان می دهیم و یکای آن $J/kg\ ^\circ C$ یا J/kgK است.**
- **گرمای ویژه به جرم جسم بستگی ندارد! بلکه به جنس و دمای آن وابسته است.**
- **هر چه گرمای ویژه یک جسم بیشتر باشد ، جسم می‌تواند گرمای بیشتری را مبادله کند ولی دمایش کمتر تغییر نماید.**
- **آب گرمای ویژه زیادی دارد.**
- **رابطه گرمای ویژه با ظرفیت گرمایی به صورت $C = mc$ است.**

در جدول زیر گرمای ویژه برخی از مواد را مشاهده می‌کنید:

نام ماده	گرمای ویژه (J/kgK)	نام ماده	گرمای ویژه (J/kgK)
سرب	۱۲۸	تنگستن	۱۳۴
مس	۳۸۶	نقره	۲۳۶
آلومینیم	۹۰۰	گرانیت	۷۹۰
برنج	۳۸۰	بتون	۸۰۰
فولاد (آلیاژ آهن با ۲٪ کربن)	۴۵۰	شیشه	۸۴۰
فولاد زنگ نزن	۴۹۰	یخ	۲۲۲۰
جیوه	۱۴۰	اتانول	۲۴۳۰
آب دریا	۳۹۰۰	آب	۴۱۸۷

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

محاسبه گرمای مبادله شده در جسم (هنگام تغییر دما): برای اینکه دمای جسمی به جرم m به اندازه $\Delta\theta$ تغییر کند ، باید به اندازه Q گرما مبادله نماید، مقدار گرمایی که در این تغییر دما مبادله می‌شود از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = C\Delta\theta = mc\Delta\theta$$

- **همانطور که قبلا هم گفتیم، اگر جسم گرما از دست بدهد علامت Q منفی و اگر جسم گرما دریافت کند علامت Q مثبت خواهد بود.**
- **دوباره توجه کنید که "گرمای موجود درون یک جسم" جمله‌ای نادرست است، زیرا گرما انرژی در حال گذار است، پس "گرمای مبادله شده بین دو جسم " صحیح است.**

توان گرمایی: در برخی مسائل، برای گرم کردن یک جسم از **گرمکن الکتریکی** با توان (P) استفاده می‌کنیم. همان‌طور که می‌دانید، توان برابر است با **مقدار انرژی مصرف‌شده در واحد زمان**:

$$P = \frac{E}{t}$$

بنابراین، انرژی‌ای که یک گرمکن با توان (P) در مدت زمان (t) مصرف می‌کند، از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$E = P.t$$

اگر تمام این انرژی به جسم منتقل شود، انرژی گرمایی دریافت‌شده توسط جسم نیز برابر است با:

$$Q = P.t$$

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۴۹. در یک کلاس درس میز، صندلی ، دانش‌آموز، تخته، شیشه پنجره و ... وجود دارد. در یک روز زمستانی، دمای کدام‌یک از آنها بیشتر از دمای هوای اتاق است؟ دمای کدام‌یک کمتر از دمای هوای اتاق است؟

۵۰. مقدار $2\ L$ آب با دمای $20\ ^\circ C$ در اختیار داریم. چقدر گرما لازم است تا دمای این آب را به نقطه جوش آن (در دمای $100\ ^\circ C$) رسانیم؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۵۱. برای گرم کردن $200\ g$ آب جهت تهیه چای، از یک گرم‌کن الکتریکی غوطه‌ور در آب استفاده می‌کنیم. روی برچسب گرمکن $200\ W$ نوشته شده است. با نادیده گرفتن اتلاف گرما، زمان لازم برای رساندن دمای آب از $30\ ^\circ C$ به $100\ ^\circ C$ را محاسبه کنید.

۵۲. دمای یک قطعه فلز ۶۰ کیلوگرمی را توسط یک گرمکن ۵۰ واتی در مدت $110\ s$ از $18\ ^\circ C$ به $38\ ^\circ C$ رسانده‌ایم. این آزمایش برای گرمای ویژه فلز چه مقداری را به‌دست می‌دهد؟ حدس می‌زنید که این پاسخ از مقدار واقعی گرمای ویژه فلز بیشتر باشد یا کمتر؟ توضیح دهید.

۵۳. جملات زیر را با کلمه مناسب کامل کنید.

الف: یکای ظرفیت گرمایی ..... و یکای گرمای ویژه ..... است.

ب: گرما به دلیل ..... بین دو جسم مبادله می‌شود.

پ: ظرفیت گرمایی به جرم اجسام بستگی ..... .

ت: هر چه گرمای یک جسم بیشتر باشد، مقاومت آن در برابر تغییر دما ..... است.

۵۴. دو گوی فلزی با جرم یکسان ، یکی از جنس آلومینیم و یکی از جنس مس در اختیار داریم. این دو گوی را به کمک ریسمان داخل ظرف آب در حال جوشیدن می‌اندازیم. پس از مدتی گوی‌ها را از آب بیرون آورده و آن‌ها را روی یک قطعه پارافین قرار می‌دهیم. کدام گوی پارافین بیشتری را ذوب می‌کند؟ چرا؟

۵۵. به $300\ g$ از یک قطعه فلزی $2\ kJ$ گرما می‌دهیم. اگر با این گرما، دمای فلز $10\ ^\circ C$ افزایش یابد، گرمای ویژه این فلز چقدر است؟

۵۶. کدام یک از عوامل زیر سبب انتقال گرما ازیک منبع به منبع دیگر می‌شود؟

۱) وجود هوا بین دو منبع

۲) وجود یک ماده رسانا بین دو منبع

۳) اختلاف دمای دو منبع

۴) اختلاف مقدار گرمای دو منبع

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

ارتقاء سطح...

۵۷. یک لولهٔ آلومینیمی را بریده و جرم آن را کاهش می‌دهیم ظرفیت گرمایی و گرمای ویژهٔ آن چند برابر می‌شوند؟

۵۸. یک گرمکن ۱۰۰ واتی، برای مدت زیادی داخل یک ظرف محتوی ۴ کیلوگرم آب قرار دارد و نتوانسته است آب را به جوش آورد. اگر این گرمکن را خاموش کنیم، چند ثانیه طول می‌کشد تا دمای آب یک درجه سلسیوس کاهش یابد؟

۵۹. یک لوله مسی را بریده و جرم آن را نصف می‌کنیم. ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه آن، به ترتیب چند برابر می‌شود؟

غول مرحله آخر!

۶۰. حجم جسم A، دو برابر حجم جسم B و چگالی آن، ۰/۸ چگالی جسم B است. اگر گرمای ویژهٔ A، نصف گرمای ویژهٔ B باشد و به هر دو، یک اندازه گرما بدهیم، افزایش دمای جسم A، چند برابر افزایش دمای جسم B می شود؟

۶۱. گلوله‌ای با تندی m/s ۱۰۰ به تنهٔ درختی بر خورد کرده و از طرف دیگر با تندی m/s ۱۰۰ خارج می‌شود. اگر دمای گلوله $^{\circ}C$ ۲۰ افزایش یابد، گرمای ویژهٔ آن در SI چند واحد است؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تعادل گرمایی: اگر دو یا چند جسم با دماهای متفاوت در تماس با یکدیگر قرار گیرند، بین آن‌ها **مبادله گرمایی** انجام شده و در نهایت دمای تمامی اجسام با هم برابر خواهد شد، در این حالت می‌گوییم اجسام به **تعادل گرمایی** رسیده‌اند.

دمای تعادل (θ_e): دمای مشترک دو یا چند جسم پس از رسیدن به تعادل گرمایی را **دمای تعادل** می‌نامیم.

محاسبه دمای تعادل: در فرایند رسیدن به تعادل گرمایی، برخی اجسام **گرما از دست می‌دهند** و برخی دیگر **گرما دریافت می‌کنند**. اگر تبادل گرما با محیط نداشته باشیم، طبق قانون پایستگی انرژی، مقدار گرمای از دست‌رفته با مقدار گرمای دریافت‌شده برابر است؛ بنابراین جمع جبری گرمای مبادله شده بین اجسام **صفر** خواهد بود، پس:

$$\sum Q = 0 \rightarrow Q_1 + Q_2 + Q_3 + \cdots = 0$$

$$m_1 c_1 \Delta\theta_1 + m_2 c_2 \Delta\theta_2 + m_3 c_3 \Delta\theta_3 + \cdots = 0$$

با توجه به اینکه $\Delta\theta = \theta_e - \theta$ (اختلاف دمای تعادل با دمای اولیه جسم)، دمای تعادل از رابطه زیر بدست می‌آید:

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

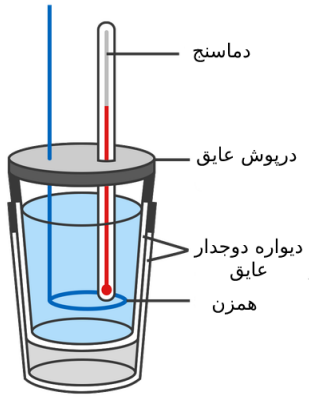
توجه!

اگر تمامی اجسام هم جنس باشند می‌توانیم بنویسیم:

$$\theta_e = \frac{m_1 \theta_1 + m_2 \theta_2 + m_3 \theta_3 + \cdots}{m_1 + m_2 + m_3 + \cdots}$$

"البته این روابط زمانی درست است که اجسام هنگام تعادل تغییر حالت ندهند."

گرماسنج: **گرماسنج** وسیله‌ای عایق و معمولاً درپوش‌دار است که برای اندازه‌گیری مقدار گرمای مبادله‌شده و تعیین **گرمای ویژه مواد** به کار می‌رود. از گرماسنج همچنین می‌توان برای اندازه‌گیری **ارزش انرژی‌زایی مواد غذایی** استفاده کرد.



نحوه استفاده از گرماسنج: در گرماسنج مقداری آب با جرم معلوم می‌ریزیم و پس از هم‌دما شدن آب و گرماسنج، دمای آب را ثبت می‌کنیم. سپس جسم مورد نظر با دمای اولیه معلوم و گرمای ویژه مجهول را درون گرماسنج قرار داده و به کمک همزن، آب را هم می‌زنیم تا مجموعه سریع‌تر به تعادل گرمایی برسد. پس از به تعادل رسیدن مجموعه، دمای تعادل را ثبت کرده و به کمک رابطه تعادل می‌توانیم عبارت زیر را بنویسیم:

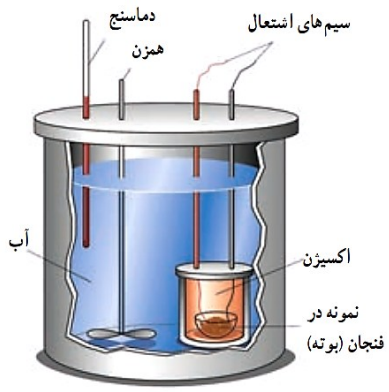
$$m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta_{\text{آب}} + m_{\text{جسم}} c_{\text{جسم}} \Delta\theta_{\text{جسم}} + m_{\text{ظرف}} c_{\text{ظرف}} \Delta\theta_{\text{ظرف}} = 0$$

معمولا به جای گرمای ویژه گرماسنج ($c_{\text{ظرف}}$) از ظرفیت گرمایی گرماسنج ($C_{\text{ظرف}} = m c_{\text{ظرف}}$) استفاده می‌شود، پس داریم:

$$m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \left(\theta_e - \theta_{\text{آب}}\right) + m_{\text{جسم}} c_{\text{جسم}} \left(\theta_e - \theta_{\text{جسم}}\right) + C_{\text{ظرف}} \left(\theta_e - \theta_{\text{ظرف}}\right) = 0$$

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



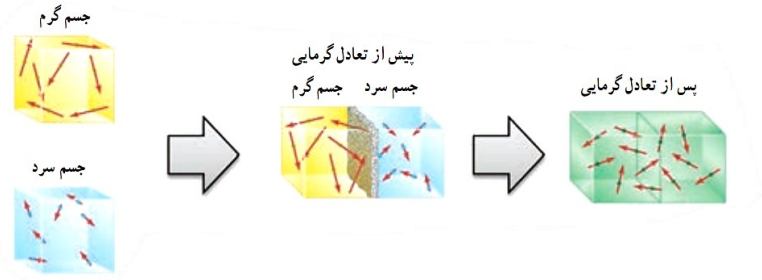
گرماسنج بمبی: گرماسنج بمبی نوعی گرماسنج است که از آن برای تعیین ارزش غذایی مواد با اندازه‌گیری انرژی آزاد شده آن‌ها در حین سوختن استفاده می‌شود. نمونه‌ای که جرم آن به دقت اندازه‌گیری شده است در ظرف سر بسته‌ای که محتوی اکسیژن است قرار داده می‌شود سپس این محفظه در آب یک گرماسنج قرار داده می‌شود و توسط جریان الکتریکی عبوری از یک سیم نازک، نمونه داخل آن سوزانده می‌شود. با اندازه‌گیری تغییر دمای آب، انرژی حاصل از احتراق ماده مورد نظر را به دست می‌آورند که تقریبا معادل انرژی آزاد شده از آن ماده است.

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۶۲. منظور از این جمله که "دماسنج‌ها دمای خودشان را اندازه‌گیری می‌کنند" چیست؟

۶۳. در شکل زیر میانگین انرژی جنبشی ذرات دو جسم چگونه تغییر کرده است؟



۶۴. شخصی $0/3\,kg$ آب را در یک لیوان آلومینیمی ۰/۱۲ کیلوگرمی که دمای آن $20\,^{\circ}C$ است می‌ریزد. دمای نهایی پس از آنکه آب و لیوان به تعادل گرمایی برسند چقدر است؟ فرض کنید هیچ گرمایی با محیط مبادله نمی‌شود.

۶۵. در ظرف عایقی حاوی $0/5\,kg$ آب $20\,^{\circ}C$ ، یک قطعه مس ۰/۱ کیلوگرمی به دمای $50\,^{\circ}C$ و یک قطعه فلز دیگر به جرم $0/5\,kg$ و به دمای $60\,^{\circ}C$ و گرمای ویژه نامعلوم می‌لندازیم و دمای تعادل را اندازه می‌گیریم. دمای تعادل $22\,^{\circ}C$ شده است. با چشم پوشی از تبادل گرما بین ظرف و سایر اجسام، گرمای ویژه فلز را حساب کنید.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۶۶. جسمی به جرم $۰/۲۵\ kg$ و دمای $۳\ ^\circ C$ را درون ظرف عایقی حاوی $۰/۵\ kg$ آب $۲۵\ ^\circ C$ می‌اندازیم. پس از چند دقیقه دمای تعادل را اندازه می‌گیریم. دمای تعادل $۲۱\ ^\circ C$ می‌شود. گرمای ویژه جسم را محاسبه کنید. از تبادل گرما بین ظرف و سایر اجسام چشم‌پوشی کنید.

۶۷. برای اندازه‌گیری گرمای ویژه فلزی با جنس نامعلوم، قطعه‌ای $۰/۶$ کیلوگرمی از آن را تا $۱۰۰\ ^\circ C$ گرم می‌کنیم و سپس آن را در گرماسنجی با ظرفیت گرمایی $۱/۸ \times ۱۰^۲\ J/K$ که حاوی $۰/۵\ kg$ آب با دمای اولیه $۱۷/۳\ ^\circ C$ است، می‌اندازیم. اگر دمای نهای مجموعه $۲۰\ ^\circ C$ شود، گرمای ویژه این فلز چقدر است؟

۶۸. گرماسنجی به جرم ۲۰۰ گرم از مس ساخته شده است. یک قطعه ۸۰ گرمی از یک ماده نامعلوم همراه با ۵۰ گرم آب به درون گرماسنج ریخته می‌شود. اکنون دمای این مجموعه $۳۰\ ^\circ C$ شده است. در این هنگام ۱۰۰ گرم آب به گرماسنج اضافه می‌شود، دمای تعادل $۵۲\ ^\circ C$ می‌شود. گرمای ویژه قطعه را محاسبه کنید.

۶۹. مهندسی می‌خواهد گرمای ویژه یک آلیاژ فلزی نامعلوم را تعیین کند. $۰/۱۵\ kg$ از نمونه‌ای از این آلیاژ را تا $۵۴۰\ ^\circ C$ گرم می‌کند و بلافاصله آن را در $۰/۴\ kg$ آب $۱۰۰\ ^\circ C$ می‌اندازد که در ظرف گرماسنجی از جنس آلومینیوم به جرم $۰/۲\ kg$ قرار دارد. دمای نهایی مجموعه $۳۰/۵\ ^\circ C$ است. گرمای ویژه آلیاژ را تعیین کنید.

۷۰. برای اندازه‌گیری گرمای ویژه سرب به این ترتیب عمل کنید. نخست یک گلوله سربی به جرم $۶۰۰\ g$ را تا دمای $۱۰۰\ ^\circ C$ گرم کنید و سپس آن را در یک گرماسنج آلومینیومی به جرم $۲۰۰\ g$ قرار دهید که حاوی $۵۰۰\ g$ آب در دمای اولیه $۱۷/۳\ ^\circ C$ است. اگر دمای نهایی مخلوط به $۲۰\ ^\circ C$ برسد، گرمای ویژه سرب چقدر است؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۷۱. در قدیم مرسوم بود سبزیجات و شیشه‌های ترشیجات را برای در امان ماندن از سرما در زیرزمین قرار می‌دادند که در آن تشتی بزرگ از آب در کنار آنها گذاشته می‌شد. چگونه چنین کاری می‌توانست مانع از یخ زدن آنها شود؟

ارتقاء سطح...

۷۲. گرماسنجی به جرم ۲۰۰ گرم از مس ساخته شده است. یک قطعه ۸۰ گرمی از یک ماده نامعلوم همراه با ۵۰ گرم آب به درون گرماسنج ریخته می‌شود. اکنون دمای این مجموعه ۳۰ °C شده است. در این هنگام ۱۰۰ گرم آب ۷۰ °C به گرماسنج اضافه می‌شود، دمای تعادل ۵۲ °C می‌شود. گرمای ویژه قطعه را محاسبه کنید.

۷۳. گرمای ویژه آب ۱۰ برابر گرمای ویژه آهن است. اگر جرم برابری از آب و آهن در ابتدا در تعادل گرمایی باشند، پس از افزودن J ۵۰ گرما به هرکدام، کدام یک از موارد زیر تحقق می‌یابد؟

الف: آنها در تعادل گرمایی باقی می‌مانند.

ب: آنها دیگر در تعادل گرمایی نیستند. آهن گرمتر است.

پ: آنها در تعادل گرمایی نیستند. آب گرمتر است

۷۴. در شرایط استاندارد، چند گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را با ۲۰۰ گرم آب ۵۰ °C مخلوط کنیم تا دمای تعادل ۲۰ °C شود؟ از اتلاف گرما صرف نظر کنید. ($L_F = ۳۳۶۰۰۰ \ {}^{J}/_{kg}$ ، $c_{آب} = ۴۲۰۰ \ {}^{J}/_{kg.K}$)

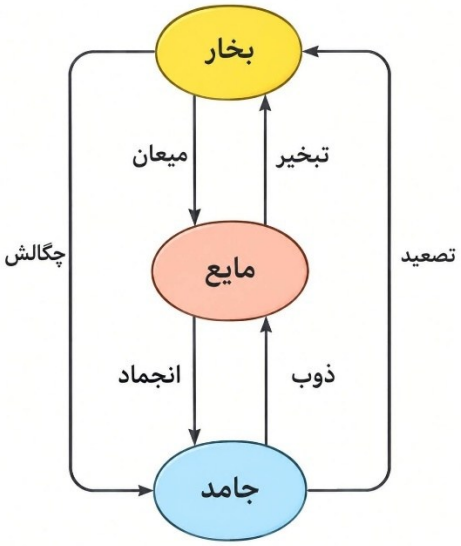
۷۵. ۲۰۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را درون ۵۰۰ گرم آب ۲۰ درجهٔ سلسیوس می‌اندازیم. دمای تعادل مجموعه چه قدر؛ و جرم یخ پس از رسیدن به دمای تعادل چند گرم می‌شود؟

($c_{یخ} = ۰/۵ \ {}^{cal}/_{g.°C}$ ، $c_{آب} = ۱ \ {}^{cal}/_{g.°C}$ ، $L_F = ۸۰ \ {}^{cal}/_{g}$)

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تغییر حالت‌های ماده



تغییر حالت ماده: عمده مواد پیرامون ما در حالت **مایع ، جامد و گاز** هستند. تبدیل هر یک از این حالت‌ها به حالت (فاز) دیگر را تغییر حالت ماده می‌نامند.

انواع تغییر حالت ماده: ذوب – انجماد – تبخیر – میعان - تصعید (تبدیل جامد به بخار یا گاز) – **چگالش** بخار به جامد (تبدیل مستقیم بخار به جامد)

ذوب (تبدیل جامد به مایع) : اگر به جامد بلورین گرما بدهیم، دمایش افزایش می‌یابد، وقتی دمای جسم به مقدار مشخصی برسد، افزایش دما متوقف شده و دما **ثابت** می‌ماند، در این حالت جسم شروع به ذوب شدن می‌کند و به مایع تبدیل می‌شود.

- **عمل ذوب یک فرایند گرماگیر است.**
- **معمولا حجم جامدهای بلوری هنگام ذوب شدن افزایش می‌یابد.**

فرمول گرمای ذوب: مقدار گرمایی که لازم است تا جسم به جرم m در دمای ذوب به مایع تبدیل شود از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = mL_F$$

- **در این رابطه L_F گرمای نهان ویژه ذوب می‌باشد. که برابر با نسبت گرمای لازم برای تغییر حالت جسم از جامد به مایع به جرم جسم می‌باشد.**
- **گرمای نهان ذوب به جنس جسم بستگی دارد و یکای آن در SI برابر ژول بر کیلوگرم $\frac{J}{kg}$ است .**

در جدول زیر دمای ذوب و گرمای نهان ذوب برخی مواد را در فشار یک اتمسفر نشان داده شده است:

نام ماده	نقطه ذوب (°C)	گرمای نهان ذوب $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$	نام ماده	نقطه ذوب (°C)	گرمای نهان ذوب $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$
هیدروژن	−۲۵۹	۵۸/۶	گوگرد	۱۱۹	۳۸/۱
اکسیژن	−۲۱۸	۱۳/۸	سرب	۳۲۷	۲۴/۵
نیتروژن	−۲۱۰	۲۵/۵	نقره	۹۶۰	۸۸/۳
جیوه	−۳۹	۱۱/۸	طلا	۱۰۶۴	۶۴/۵
یخ	۰	۳۳۳/۷	مس	۱۰۸۳	۱۳۴

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

دمای ذوب(دمای گذار جامد به مایع): به دمایی گفته می‌شود که در آن دما گرمای داده شده به جسم صرف تغییر حالت جسم به مایع می‌شود. در هنگام تغییر حالت دمای ذوب ثابت می ماند. دمای ذوب به جنس جسم و فشار وارد بر جسم بستگی دارد.

- **جامدهای خالص و بلورین دمای ذوب مشخصی دارند، اما جامدهای بی‌شکل نقطه ذوب دقیقی ندارند و ابتدا به شکل خمیری در می‌آیند و به تدریج ذوب می شوند.**
- **افزایش فشار معمولا سبب افزایش نقطه ذوب جسم می‌شود. البته یخ استثنا است و این امر برای یخ برعکس می‌باشد و با افزایش فشار ، یخ در دماهای پایین‌تر ذوب می‌شود.**

انجماد(تبدیل مایع به جامد): عمل برعکس ذوب می‌باشد. **نقطه ذوب و انجماد یک جسم یکسان است** با این تفاوت که در انجماد جسم گرما از دست می‌دهد. مقدار گرمای از دست رفته در عمل انجماد به شکل زیر بدست می‌آید:

$$Q = -mL_F$$

- **وجود ناخالصی در مایع سبب تغییر نقطه انجماد (پایین آمدن نقطه انجماد) می‌شود و مایع نقطه انجماد مشخصی نخواهد داشت، به طور مثال اگر به آب ناخالصی اضافه کنیم آب به تدریج منجمد شده و مثلا در دمای منفی ۱۸ درجه سلسیوس به طور کامل منجمد می‌شود.**

چالش برای کارآگاهان فیزیک:

دو لیوان مشابه، یکی حاوی آب ولرم و دیگری حاوی آب داغ داریم. هر دو لیوان را داخل فریزر قرار می‌دهیم .**به نظر شما کدام‌یک زودتر یخ می‌زند؟**

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۷۶. برف و یخ دو شکل آشنای حالت جامد آب هستند، اما با وجود این، ظاهر متفاوتی دارند. دلیل این امر را تحقیق کنید.



Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۷۷. فلز گالیم (Ga) یکی از چند عنصری است که در دماهای پایین ذوب می‌شود. دمای ذوب این فلز $۲۹/۸\,^{\circ}C$ و گرمای نهان ذوب آن $۸۰/۴\,{}^{kJ}/_{kg}$ است. یک قطعه ۱۰ گرمی از این فلز چقدر گرما از دست ما می‌گیرد تا در نقطه ذوب خود به طور کامل ذوب شود؟ (از تبادل گرما بین فلز و هوای محیط چشم پوشی می‌شود.)

۷۸. یک جواهرساز برای ساختن جواهری می خواهد از $۰/۵\,kg$ نقره برای ریختن در قالب‌های جواهر استفاده کند. به این منظور و باید نقره را ذوب کند. اگر دمای اولیه نقره همان دمای اتاق و برابر$۲۰\,^{\circ}C$ باشد، چقدر گرما باید به این مقدار نقره داده شود؟

۷۹. یکی از روش‌های بالا بردن دمای یک جسم، دادن گرما به آن است. اگر به جسمی گرما دهیم، آیا دمای آن حتما بالا می‌رود؟

۸۰. کدام گزینه درباره فرایند ذوب نادرست است؟

الف: افزایش فشار وارد بر جسم در بیشتر مواد، سبب پایین رفتن نقطه ذوب می‌شود.

ب: افزایش فشار بر روی یخ، سبب کاهش اندک نقطه ذوب آن می‌شود.

پ: فرایند ذوب، عملی گرماگیر است.

ت: گرمایی که جسم جامد در نقطه ذوب خود می‌گیرد تا به مایع تبدیل شود، سبب تغییر دمای آن نمی‌شود.

ث: دمای ذوب یخ در قلهٔ دماوند (کمتر از - بیشتر از - برابر با) صفر درجهٔ سانتی گراد است.

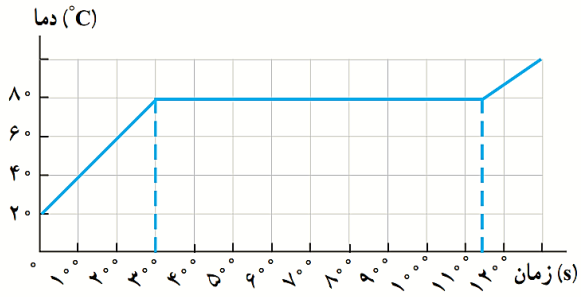
۸۱. کم‌ترین گرمای لازم برای ذوب کامل $۲۰۰\,g$ نقره که در آغاز در دمای $۲۰\,^{\circ}C$ قرار دارد چقدر است؟
(فشار هوا را یک اتمسفر فرض کنید)

۸۲. یک راه برای جلوگیری از سرد شدن بیش از حد یک سالن سر بسته در شب هنگام، وقتی که دمای زیر صفر پیش‌بینی شده است، قرار دادن تشت بزرگ پر از آب در سالن است. اگر جرم آب درون تشت $۱۵۰\,kg$ و دمای اولیه آن $۲۰\,^{\circ}C$ باشد و همه آن به یخ $۰\,^{\circ}C$ تبدیل شود، آب چقدر گرما به محیط پیرامونش می‌دهد؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۸۳. اگر به جسم جامدی که ابعاد آن به اندازه کافی کوچک است با توان ثابتی گرما بدهیم نمودار دما ــ زمان آن به صورت کیفی مانند شکل زیر می‌شود. این نمودار در اینجا برای جسم جامدی به جرم g ۵۰ رسم شده که توسط یک گرمکن w ۱۰ گرم شده است.



الف: چقدر طول می کشد تا این جامد به نقطه ذوب خود برسد؟

ب: گرمای ویژه جامد و **پ:** گرمای نهان ذوب آن را محاسبه کنید.

ارتقاء سطح...

۸۴. در گرماسنجی با ظرفیت گرمایی ناچیز، g ۲۰۰ آب با دمای $25\ ^\circ C$ وجود دارد. قطعه یخی به جرم g ۱۰۰ و دمای $-15\ ^\circ C$ را درون آن می‌اندازیم. پس از مبادله گرما و برقراری تعادل گرمایی ، مخلوطی از آب و یخ بر جای می‌ماند. جرم یخ باقیمانده چند گرم است؟

۸۵. اگر قطعه یخی با دمای $0\ ^\circ C$ را در ظرف آبی با دمای $0\ ^\circ C$ در اتاقی با دمای $0\ ^\circ C$ قرار دهیم چه رخ می‌دهد؟

الف: هیچ،

پ: فقط بخشی از یخ آب می‌شود.

ب: تمام یخ آب می‌شود.

ت: فقط بخشی از آب یخ می‌زند.

۸۶. به مقداری یخ صفر درجهٔ سلسیوس در فشار $1atm$، گرما می‌دهیم و آن را به آب با دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس تبدیل می‌کنیم. چند درصد گرمای داده شده، صرف ذوب کردن یخ شده است؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



غول مرحله آخر!

۸۷. مقدار گرمایی که ۵۰ گرم یخ ۲۰- درجهٔ سلسیوس را به آب ۷۰ درجهٔ سلسیوس تبدیل می‌کند، چند گرم یخ صفر درجه را می‌تواند ذوب کند؟

۸۸. درون ظرفی ۴۰۰ گرم مخلوط آب و یخ در دمای صفر درجهٔ سلسیوس در حالت تعادل قرار دارد. اگر فلزی به جرم ۲۰۰ گرم و دمای ۱۰۵ °C را داخل آب بیندازیم، بعد از برقراری تعادل، دمای آب به ۵°C می‌رسد. جرم یخ چند گرم بوده است؟

$$(c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰\ {}^{J}/_{kg.K}\ ,\ c_{\text{فلز}} = ۸۴۰\ {}^{J}/_{kg.K}\ ,L_F = ۳۳۶\ {}^{kJ}/_{kg})$$

۸۹. در گرماسنجی که ظرفیت گرمایی آن ناچیز است، ۵۰۰ گرم یخ با دمای ۶ °C− وجود دارد. اگر یک گرمکن الکتریکی که توان آن ۷۵۰ وات و بازده آن ۸۰ درصد است، درون یخ قرار گیرد، پس از ۱۲۲/۵ ثانیه، چند گرم یخ در گرماسنج باقی می ماند؟

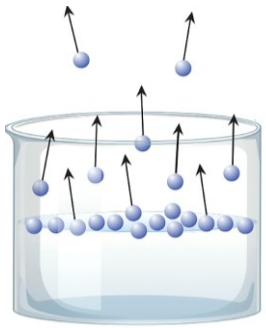
$$c_{\text{یخ}} = ۲۱۰۰\ {}^{J}/_{kg.K}\ ,L_F = ۳۳۶۰۰۰\ {}^{J}/_{kg}$$

یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

تبخیر (تبدیل مایع به گاز یا بخار): تبخیر به دو صورت انجام می‌شود: **۱. تبخیر سطحی** - **۲. عمل جوشیدن**



تبخیر سطحی: برخی از مولکول‌های سطح مایع که **انرژی جنبشی بیشتری** دارند، می‌توانند بر نیروهای جاذبه بین مولکولی غلبه کرده و از سطح مایع جدا شوند و به بخار تبدیل شوند. به این پدیده، **تبخیر سطحی** می‌گوییم.

- **تبخیر سطحی در هر دمایی رخ می‌دهد و سرعت آن به عواملی مانند مساحت سطح مایع، دما و فشار و... وارد بر سطح مایع بستگی دارد.**

گرمای مورد نیاز برای تبخیر: عمل تبخیر فرایندی **گرماگیر** است، گرمای مورد نیاز برای تبخیر m کیلوگرم از یک مایع از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = mL_V$$

- **در این رابطه L_V گرمای نهان تبخیر نام دارد که برابر با نسبت گرمای لازم برای تبخیر مایع به جرم مایع است و یکای آن در SI برابر ژول بر کیلوگرم $\frac{J}{kg}$ است.**
- **گرمای نهان تبخیر هر مایع به جنس مایع و دمای آن بستگی دارد.**
- **با افزایش دمای آب، گرمای نهان تبخیر آن کاهش می‌یابد.**

در جدول زیر گرمای نهان تبخیر آب را در دماهای مختلف مشاهده می‌کنید.

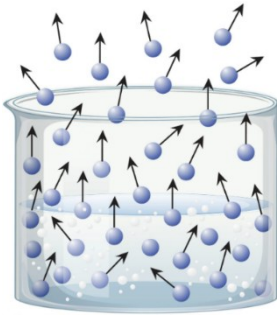
نام ماده	دما (°C)	گرمای نهان تبخیر $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$	نام ماده	دما (°C)	گرمای نهان تبخیر $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$
آب	۰	۲۴۹۰	آب	۱۰۰	۲۲۵۶
	۱۵	۲۴۵۴		۱۵۰	۲۱۱۵
	۵۰	۲۳۷۴		۲۰۰	۱۹۴۰

چالش برای کارآگاهان فیزیک:

با توجه به جدول بالا، چرا با افزایش دما، گرمای نهان تبخیر کاهش می‌یابد؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



جوشیدن: با گرم کردن مایع و افزایش دمای آن ، مولکول‌های داخل مایع در دمای خاصی به بخار تبدیل می شوند و در اصطلاح شروع به غُل غُل می‌کنند در این حالت **تمام مایع** در فرایند تبخیر شرکت می‌کند که به این عمل، **جوشیدن** می‌گوییم.

- **عمل جوشیدن در دمای خاصی رخ می‌دهد که این دما به جنس مایع و فشار محیط بستگی دارد.**
- **در تمام مدت جوشیدن دما ثابت است. با افزایش گرمای وارد شده به مایع عمل جوشیدن بیشتر می‌شود ولی دما تغییر نمی‌کند.**
- **افزایش فشار باعث افزایش دمای جوش می گردد.**

در جدول زیر نقطه جوش و گرمای نهان تبخیر برخی از مواد را مشاهده می‌کنید.

نام ماده	نقطه جوش ($^\circ C$)	گرمای نهان تبخیر $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$	نام ماده	نقطه جوش ($^\circ C$)	گرمای نهان تبخیر $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$
هلیم	−۲۶۹	۲۱	اتانول	۷۹	۸۴۶
هیدروژن	−۲۵۳	۴۶۰	آب	۱۰۰	۲۲۵۶
نیتروژن	−۱۹۶	۲۰۰	ید	۱۸۴	۱۶۴
اکسیژن	−۱۸۳	۲۱۴	گلیسیرین	۲۹۰	۹۷۴
آمونیاک	−۳۵	۱۳۶۹	جیوه	۳۵۷	۲۹۵

جانداران چگونه خودشان را خنک می‌کنند؟!

سگ‌ها وقتی گرمشان می‌شود، شروع به **نفس‌نفس زدن** می‌کنند. با این کار، تبخیر آب از سطح زبان و دستگاه تنفسی آن‌ها افزایش می‌یابد و بخشی از گرمای بدنشان را از دست می‌دهند.

فیل‌ها هم از گوش‌های بزرگشان کمک می‌گیرند. گوش‌های آن‌ها پر از رگ‌های خونی است و سطح بزرگی را برای انتقال گرمای بدن به محیط فراهم می‌کند همچنین **خرگوش‌های کوهی** نیز گوش‌هایی بزرگ، نازک و پر از مویرگ‌های خونی دارند که به دفع گرمای بدن کمک می‌کند.

بعضی جانوران حتی روش متفاوتی دارند. **مارها و مارمولک‌ها** با جابه‌جا شدن بین نقاط گرم و خنک، دمای بدنشان را تنظیم می‌کنند؛ مثلاً وقتی بیش از حد گرم شوند، از آفتاب به سایه می‌روند.

اما انسان چطور؟ ما هم یک روش جالب برای خنک کردن خودمان داریم: **عرق کردن!**

وقتی بدن گرم می‌شود، روی سطح پوست ما قطره‌های عرق ظاهر می‌شوند. اما نکته جالب اینجاست که **خودِ عرق کردن عامل اصلی خنک شدن بدن نیست؛ بلکه تبخیر عرق است که بدن را خنک می‌کند.**

برای تبدیل آب مایع به بخار، انرژی لازم است. این انرژی از بدن گرفته می‌شود و در نتیجه، بخشی از گرمای بدن از دست می‌رود.

پس دفعه بعد که در یک روز گرم عرق کردید، یادتان باشد: **هر قطره عرق که تبخیر می‌شود، مقداری از گرمای بدن را هم با خود می‌برد!**

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

میعان یا چگالش بخار به مایع (تبدیل گاز یا بخار به مایع): فرایندی **برعکس** عمل تبخیر است و در هر دمایی رخ می‌دهد، معیان فرایندی **گرماده** می‌باشد و گرمای از دست رفته از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = -mL_V$$

نکته

- **در فرایندهای تغییر حالت دما تغییر نمی‌کند.**

تمرین و حل مسئله:

دست گرمی...

۹۰. معمولا وقتی هوا را با بخاری‌های شعله‌ای گرم می‌کنند، برای حفظ رطوبت محیط، ظرف آبی را روی بخاری می‌گذارند. اگر دمای آب در یکی از این ظرف‌ها روی ۵۰ °C ثابت مانده باشد، تعیین کنید برای تبخیر ۰/۲ kg از آب در این شرایط چقدر گرما لازم است؟

۹۱. چرا غذا در دیگ زودپز، زودتر پخته می‌شود؟

۹۲. دلیل دیرتر پخته شدن تخم مرغ در ارتفاعات چیست؟ کوهنوردان برای رفع این مشکل چه کاری انجام می‌دهند؟

۹۳. ۲ لیتر آب را درون یک کتری برقی با توان الکتریکی ۱/۵ kw می‌ریزیم و آن را روشن می‌کنیم.

الف: از شروع جوشیدن تا تبخیر همه آب درون کتری چقدر گرما به آب داده می‌شود؟

ب: چه مدت طول می‌کشد تا این فرایند انجام شود؟ فرض کنید تمام انرژی الکتریکی تبدیل شده به انرژی گرمایی، به آب می‌رسد.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۹۴. قطعه یخی به جرم $1\ kg$ و دمای اولیه $-20\ ^\circ C$ را آن قدر گرم می‌کنیم تا تمام آن تبدیل به بخار $100\ ^\circ C$ شود. کل گرمای مورد نیاز برای این تبدیل چند کیلو ژول است؟

۹۵. در یک روز زمستانی، بخار آب موجود در اتاقی روی شیشه پنجره به شکل مایع در می‌آید و قطره قطره می‌شود. اگر دمای شیشه حدود $0\ ^\circ C$ باشد برای آنکه $50\ g$ آب روی شیشه تشکیل شود چقدر گرما به شیشه داده می‌شود؟

۹۶. در فرایندهای تغییر حالت (تغییر فاز) دما تغییر نمی‌کند، اما انرژی درونی ماده تغییر می‌کند. در این باره تحقیق کنید.

۹۷. قبل از تزریق دارو یا سرم به یک بیمار، محل تزریق را با الکل تمیز می‌کنند. این کار سبب احساس خنکی در محل تزریق می‌شود. علت را توضیح دهید.

۹۸. یک گرمکن ۵۰ واتی به طورکامل در ۱۰۰ گرم آب درون یک گرماسنج قرار داده می شود.

الف: این گرمکن در مدت یک دقیقه دمای آب و گرماسنج را از $20\ ^\circ C$ به $25\ ^\circ C$ می رساند. ظرفیت گرمایی گرماسنج را حساب کنید.

ب: چه مدت طول می کشد تا دمای آب درون گرماسنج از $25\ ^\circ C$ به نقطه جوش (از$100\ ^\circ C$) برسد.

پ: چه مدت طول می‌کشد تا ۲۰ گرم آب در حال جوش درون این گرماسنج به بخار تبدیل شود؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۹۹. در گروهی از جانوران خونگرم و انسان، تبخیر عرق بدن، یکی از راه‌های مهم تنظیم دمای بدن است.

الف: چه مقدار آب تبخیر شود تا دمای بدن شخصی به جرم $۵۰\ kg$ به اندازه $۱\ ^\circ C$ کاهش یابد؟ گرمای نهان تبخیر آب در دمای بدن ($۳۷\ ^\circ C$) برابر $۲/۴۲ \times ۱۰^۶\ J/kg$ و گرمای ویژه بدن در حدود $۳۴۸۰\ J/kg\ K$ است.

ب: حجم آبی که شخص باید برای جبران آب تبخیر شده بنوشد، چقدر است؟

۱۰۰. بررسی کنید از دیدگاه مولکولی، افزایش دما و افزایش مساحت سطح مایع چگونه بر آهنگ تبخیر سطحی مایع اثر می‌گذارد؟

۱۰۱. تحقیق کنید کوزه‌های سفالی چگونه می‌توانند آب داخل خود را خنک کنند.

۱۰۲. از تفاوت نقطه جوش اجسام مختلف در صنعت، استفاده زیادی می‌شود. تحقیق کنید چگونه از این ویژگی برای جدا کردن محصولات نفتی استفاده می‌شود؟

۱۰۳. چرا وقتی باد می‌وزد احساس خنکی می‌کنیم؟

ارتقاء سطح...

۱۰۴. ۸۰ گرم بخار آب $۱۰۰\ ^\circ C$ را در m کیلوگرم آب $۷۳\ ^\circ C$ وارد می‌کنیم. اگر تبادل گرما فقط بین آب و بخار انجام شود و پس از ایجاد تعادل، ۳۰ گرم بخار باقی بماند، m چند کیلوگرم است؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۱۰۵. مقداری آب با حجم $V = ۰/۸\,L$ ودمای $\theta = ۱۵\,^{\circ}C$ روی یک گرمکن برقی با توان مفید w ۲۰۰ قرار دارد. آب تا نقطه جوش آن گرم می‌شود. اگر ٪۱۰ از آب به بخار تبدیل شود، زمان لازم برای این فرایند چقدر است؟

۱۰۶. گرمکنی در هر ثانیه ۰/۲۰۰ ژول گرما می‌دهد.

الف: چقدر طول می کشد تا این گرمکن ۱۰۰/۰کیلوگرم آب $۱۰۰\,^{\circ}C$ را به بخار $۱۰۰\,^{\circ}C$ تبدیل کند؟

ب: این گرمکن در همین مدت، چه مقدار یخ $۰\,^{\circ}C$ را می‌توان به آب $۰\,^{\circ}C$ تبدیل کند؟



غول مرحله آخر!

۱۰۷. در فشار $۱\,atm$، مقداری بخار آب $۲۱۲^{\circ}F$ را در کنار مقداری آب $۳۱۹\,K$ درون یک ظرف دربسته و نارسانا قرار می‌دهیم. اگر در دمای تعادل $۲۱۲^{\circ}F$ ، اختلاف جرم بخار آب و جرم آب نسبت به اختلاف اولیه جرم آن‌ها $۱۲g$ کاهش پیدا کرده باشد، جرم اولیه آب چند گرم بوده است؟

($L_V = ۲۲۶۸\ {}^{kJ}/_{kg}$,$c_{آب} = ۴۲۰۰\ {}^{J}/_{kg.K}$ و اتلاف گرما ناچیز است.)

یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

روش‌های انتقال گرما

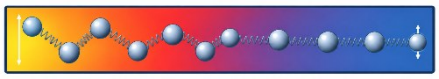


روش‌های انتقال گرما: گرما می‌تواند از یک جسم به جسم دیگر یا از نقطه‌ای به نقطه دیگر **به سه روش کلی** منتقل شود:

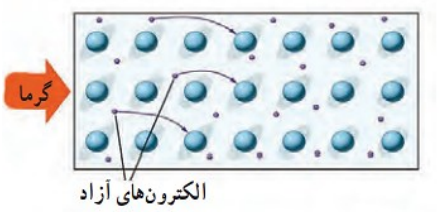
۱.رسانش گرمایی

۲.همرفت

۳. تابش گرمایی



رسانش گرمایی: اگر بین دو نقطه از یک جسم اختلاف دما به وجود آید، گرما درون جسم از قسمت با دمای بالاتر به قسمت با دمای پایین‌تر منتقل می‌شود. به این نوع انتقال (شارش) گرما، **رسانش گرمایی** می‌گویند.



- **عموماً انتقال گرما به روش رسانش گرمایی را در جامدات در نظر می‌گیریم.**
- **معمولاً رسانش گرمایی در فلزات بیشتر از نافلزات است و فلزات رساناهای خوب گرما هستند. چرا؟ چون در نافلزات، گرما عمدتاً از طریق ارتعاش ذرات و انتقال این ارتعاش‌ها در طول جسم منتقل می‌شود؛ اما در فلزات، علاوه بر ارتعاش‌های اتمی، الکترون‌های آزاد نیز در انتقال گرما نقش دارند.**
- **در رسانش گرمایی به محیط مادی نیاز داریم، همچنین در این نوع انتقال ، مولکول‌ها حرکت انتقالی ندارند و فقط در جای خود (وضع تعادل) حرکت نوسانی انجام می‌دهند.**
- **موادی مانند چوب، شیشه و آجر رسانندگی گرمایی کمتری نسبت به فلزات دارند. آب و گازها نیز معمولاً رسانندگی گرمایی کمتری دارن.**
- **به اجسامی که رسانایی گرمایی کمی دارند نارسانا یا عایق گرما می‌گویند.**

انتقال گرما به روش همرفت: انتقال گرما در شاره (مایعات و گازها) به‌کمک **جابه‌جایی خودِ شاره** را همرفت می‌نامند.

در انتقال گرما به روش همرفت، بخشی از شاره که گرم‌تر شده است، **منبسط می‌شود و چگالی آن کاهش می‌یابد.** در نتیجه، نیروی شناوری باعث بالا رفتن این بخش از شاره می‌شود و شاره سردتر و چگال‌تر جای آن را می‌گیرد. این جابه‌جایی ادامه می‌یابد و به‌تدریج گرما در بخش‌های مختلف شاره منتقل می‌شود.

- **انتقال گرما به روش همرفت فقط در مایعات و گازها رخ می‌دهد. و همواره برای این نوع انتقال به محیط مادی نیاز داریم.**

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in



انواع همرفت: همرفت به دو نوع **طبیعی** و **واداشته** تقسیم می‌شود.

همرفت طبیعی: در این نوع همرفت، شاره بدون دخالت عامل خارجی و در اثر **تفاوت دما و چگالی** به‌طور طبیعی جابه‌جا می‌شود.

همرفت واداشته: در این نوع همرفت، شاره به کمک یک **عامل خارجی** مانند پمپ، فن یا همزن، به حرکت درمی‌آید و گرما را جابه‌جا می‌کند.

- **در همرفت طبیعی، نیروی شناوری عامل اصلی حرکت شاره است؛ اما در همرفت واداشته، حرکت شاره به کمک یک عامل خارجی ایجاد می‌شود.**

- **گرم شدن هوای داخل اتاق به وسیله بخاری یا رادیاتو شوفاژ، گرم شدن آب درون دیگ ، جریان باد ساحلی و انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن و حرکت مواد مذاب زیر پوسته زمین نمونه‌هایی از همرفت طبیعی هستند.**

- **سیستم گرم کننده مرکزی در ساختمان‌ها، سیستم خنک کننده موتور اتومبیل و دستگاه گردش خون در بدن جانوران خونگرم نمونه‌هایی از همرفت واداشته است.**



چالش برای کارآگاهان فیزیک:

به نظرتون در کنار دریا 🌊 ، در طول روز ،
جهت باد از سمت ساحل به سمت دریا است
یا از دریا به سمت ساحل؟ در طول شب
چطور؟

تابش گرمایی: تمام اجسام در هر دمایی که باشند، از خود تابش الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند که به آن **تابش گرمایی** می‌گویند.

- **برخلاف دو حالت قبلی در انتقال گرما به روش تابش، به محیط مادی و مولکول نیاز نداریم، در این نوع انتقال گرما، امواج الکترومغناطیسی با سرعت نور از جسم (منبع گرما) منتشر می شوند.**
- **در دماهای معمول (زیر ۵۰۰ °C)، بخش عمده تابش گرمایی به صورت امواج فروسرخ است که نامرئی می‌باشد. برای آشکارسازی تابش‌های گرمایی که با چشم دیده نمی‌شوند، از ابزاری به نام "دمانگار" استفاده می‌کنیم.**
- **به تصویر به دست آمده از دستگاه دمانگار را "دمانگاشت" می‌گویند.**
- **تابش گرمایی از سطح یک جسم به عواملی چون دما، مساحت، میزان صیقلی بودن و رنگ سطح آن جسم بستگی دارد. توجه کنید که سطوح صاف و درخشان و همچنین سطوح با رنگ‌های روشن، معمولاً تابش گرمایی کمتری دارند. البته تابش گرمایی را با بازتاب نور یکسان در نظر نگیرید؛ در این اجسام، بازتاب بیشتر است.**

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

- **سطوح تیره ، ناصاف و مات تابش گرمایی بیشتر و بازتاب کمتری دارند.**
- **گرمایی که از خورشید به ما می‌رسد، به روش تابش منتقل شده است**
- **به روش اندازه‌گیری دما مبتنی بر تابش گرمایی، تف‌سنجی می‌گویند و به ابزار اندازه‌گیری آن تف‌سنج می‌گویند (که قبلاً خوانده‌ایم).**
- **تف سنج‌ها می‌توانند دماهای بالای ۱۱۰۰ درجه سلسیوس را اندازه‌گیری کنند.**

تابش گرمایی در طبیعت: تابش گرمایی در پدیده‌های زیستی نیز کاربردهای فراوانی دارد که در اینجا به دو نمونه از آنها اشاره می‌شود.



الف: شکار تابش فروسرخ: نوعی از مارهای زنگی اندام‌هایی حفره‌ای بر روی پوزه خود دارند که نسبت به تابش فروسرخ حساس اند این مارها اغلب در سیاهی شب شکار می‌کنند. در واقع اندام‌های حفره‌ای به آنها کمک می‌کند که طعمه‌های خونگرم خود را به واسطه تابش فروسرخ‌شان در تاریکی و سرمای شب شناسایی کنند.



ب: کلم اسکانک: کلم اسکانک یکی از چندین گیاهی است که می‌تواند دمایش را تا بیشتر از دمای محیط بالا ببرد. این نوع کلم به خاطر بالا رفتن دمایش، انرژی خود را از طریق تابش فروسرخ از دست می‌دهد و می‌تواند برف اطرافش را در زمستان آب کند.

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

داستان یک چرخش مرموز؛ رادیومتر کروکس!

داستان رادیومتر به دهه ۱۸۷۰ میلادی برمی‌گردد. **ویلیام کروکس**، دانشمند انگلیسی، هنگام انجام آزمایش‌هایی درباره تابش، وسیله‌ای ساخت که درون یک حباب شیشه‌ای تقریباً تخلیه‌شده، چهار پره سبک داشت. یک طرف پره‌ها سیاه و طرف دیگر سفید بود.

وقتی رادیومتر را در برابر یک منبع نور قرار می‌دهیم، پره‌ها شروع به چرخیدن می‌کنند.

اما چرا؟

پاسخ را باید از همان چیزی شروع کنیم که در بخش قبل آموختیم:

تابش می‌تواند انرژی را از یک جسم به جسم دیگر منتقل کند.

سطح سیاه پره، نسبت به سطح سفید، تابش بیشتری جذب می‌کند؛ بنابراین هنگام تابش نور، سطح سیاه انرژی بیشتری دریافت کرده و گرم‌تر می‌شود. این اختلاف دما در ادامه باعث می‌شود گاز بسیار رقیقی که درون حباب باقی مانده است، در دو طرف پره رفتار یکسانی نداشته باشد. برهم‌کنش مولکول‌های این گاز با سطوح گرم و سرد پره، نیروی خالص کوچکی ایجاد می‌کند که باعث چرخش پره‌ها می‌شود.

پس رادیومتر یک نمونه جالب از زنجیره زیر است:

تابش

تمرین و حل مسئله:

۱۰۸. موهای خرس قطبی توخالی هستند. تحقیق کنید این موضوع چه نقشی در گرم نگه داشتن بدن خرس در سرمای قطب دارد؟

۱۰۹. به نظر شما چه ارتباطی بین انتقال گرما به روش همرفت و ضریب انبساط حجمی، برای یک مایع وجود دارد؟

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

۱۱۰. اگر شما یک تیر چوبی و یک لوله فلزی سرد را که هم دما هستند لمس کنید، چرا حس می‌کنید که لوله سردتر است؟ چرا ممکن است دست شما به لوله بچسبد؟

۱۱۱. یک پالتو چگونه شما را گرم نگه می‌دارد؟ چرا استفاده از چند لباس زیر پالتو این عمل را تشدید می‌کند؟

۱۱۲. دو قوری هم‌جنس و هم اندازه را در نظر بگیرید که سطح بیرونی یکی سیاه رنگ و دیگری سفیدرنگ است. هر دو را با آب داغ با دمای یکسان پر می‌کنیم. آب کدام قوری زودتر خنک می‌شود؟

۱۱۳. وقتی در زمستان با پای برهنه روی موزاییک راه می‌رویم احساس می‌کنیم زمین سرد است ولی اگر روی فرش یا پارکت راه برویم احساس سرما نمی‌کنیم. آیا دمای موزاییک کمتر از فرش است؟ توضیح دهید.

۱۱٤. فضای بین دیواره‌های فلاسک برای کاهش اتلاف گرمایی تخلیه شده است. این اتلاف به علت انتقال گرما از کدام طریق است؟

چرا معمولا هواکش آشپزخانه‌ها را در نزدیکی سقف نصب می‌کنند؟

چرا بهتر است بخاری‌ها نزدیک به کف اتاق گذاشته شوند نه سقف؟

یادداشت:

Telegram: @konkur_in

www.konkur.in

Telegram: @konkur_in