



موسسه ایران دانش نوین

رویای خودت شو...



@IranDaneshNovin



@Iran\_Danesh\_Novin

برای دانلود بقیه ی جزوات با کلیک روی لینک های زیر به  
سایت یا کانال های ما در تلگرام و اینستاگرام سر بزنید:

[www.IDNovin.com](http://www.IDNovin.com)

<https://telegram.me/irandaneshnovin>

[http://instagram.com/iran\\_danesh\\_novin](http://instagram.com/iran_danesh_novin)

در سنامه ( جزوه ) فیزیکه

پایه دهم

از ابتدا تا انتهای کتاب

با تشکر از جنبا آقا سعید غلامی برای تهیه

و تنظیم این فایل

# فصل اول

## فیزیک و اندازه گیری

## ۱- فصل اول فیزیک و اندازه گیری

فیزیک یکی از بنیادی ترین دانش ها و شالوده تمامی مهندسی ها و فناوری هایی است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم در زندگی ما نقش دارند.

دانشمندان فیزیک برای توصیف و توضیح پدیده های مورد بررسی، اغلب از **قانون، مدل و نظریه فیزیکی** استفاده می کنند.

فیزیک علمی **تجربی** است، لازم است درستی این قوانین، مدل ها و نظریه های فیزیکی توسط آزمایش مورد بررسی قرار گیرند.

مدل ها و نظریه های فیزیکی در طول زمان همواره معتبر نیستند و ممکن است دستخوش تغییر شوند. مثلاً در دهه های آغازین قرن گذشته، نظریه اتمی با توجه به مشاهده ها و کسب اطلاعات جدید در خصوص رفتار اتم ها، بارها اصلاح شد.

				
مدل ابر الکترونی	مدل سیاره ای	مدل هسته ای	مدل کیک کشمشی	مدل توپ بیلیارد
«شروودینگر»	«بور»	«رادرفورد»	«تامسون»	«دالتون»
۱۹۲۶ میلادی	۱۹۱۳ میلادی	۱۹۱۱ میلادی	۱۹۰۳ میلادی	۱۸۰۷ میلادی

ویژگی **آزمون پذیری و اصلاح نظریه های فیزیکی**، نقطه ی قوت دانش فیزیک است و نقش مهمی در فرایند پیشرفت دانش و تکامل شناخت ما از جهان پیرامون داشته است.

دانشمندان برای بیان **قانون های فیزیکی**، اغلب از **گزاره های کلی و در عین حال مختصر** استفاده می کنند. **قانون های فیزیکی**، رابطه بین **کمیت های فیزیکی** را توصیف می کنند و در دامنه وسیعی از پدیده های گوناگون طبیعت معتبرند.

برای توصیف **دامنه محدودتری از پدیده های فیزیکی** که عمومیت کمتری دارند، اغلب از اصطلاح **اصل** استفاده می شود مانند اصل پاسکال که برای شاره های ساکن و محصور معتبر است.

**برای دانلود رایگان جزوات بیشتر از کانال تلگرام ما اینجا کلیک کنید**

سوال ۱-۱

کدام یک از گزینه‌های زیر درست است؟

- (۱) اهمیت مطالعه علم فیزیک به این دلیل است که این علم، شالوده تمامی مهندسی‌ها و فناوری‌هایی است که در زندگی ما نقش دارد.
- (۲) نقطه قوت دانش فیزیک، آزمون‌پذیری و اصلاح نظریه‌های فیزیکی است که باعث پیشرفت این علم شده است.
- (۳) فیزیک‌دانان پدیده‌های گوناگون طبیعت را مشاهده می‌کنند و می‌کوشند نظم خاصی میان آن‌ها بیابند.
- (۴) همه موارد درست است.

سوال ۲-۱

آنچه بیش از همه در پیشبرد و تکامل علم فیزیک نقش ایفا کرده و می‌کند ..... می‌باشد.

- (۱) آزمایش‌های فیزیک
- (۲) مشاهده پدیده‌های فیزیکی
- (۳) تفکر نقادانه و اندیشه‌ورزی فعال فیزیک‌دانان نسبت به پدیده‌های فیزیکی
- (۴) مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی

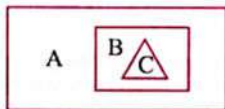
سوال ۳-۱

..... معمولاً رابطه بین برخی از کمیت‌های فیزیکی را توصیف می‌کنند و در دامنه وسیعی از پدیده‌های گوناگون طبیعت معتبر هستند.

- (۱) قانون‌های فیزیکی
- (۲) اصل‌های فیزیکی
- (۳) آزمایش‌های فیزیکی
- (۴) مدل‌های فیزیکی

سوال ۴-۱

با توجه به طرح شکل مقابل، A، B و C به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



- (۱) قانون - اصل - پدیده‌های فیزیکی
- (۲) اصل - قانون - پدیده‌های فیزیکی
- (۳) پدیده‌های فیزیکی - قانون - اصل
- (۴) پدیده‌های فیزیکی - اصل - قانون

سوال ۵-۱

کدام یک از موارد زیر بیشترین نقش را در پیشبرد و تکامل علم فیزیک داشته است؟

- (۱) مشاهده علمی پدیده‌ها
- (۲) آزمایش و تجربه و اندازه‌گیری
- (۳) ارائه مدل‌های فیزیکی
- (۴) اندیشه‌ورزی فعال و تفکر نقادان

برای دانلود رایگان جزوات بیشتر از کانال تلگرام ما اینجا کلیک کنید



۱-۱-۱- مدل سازی

مدل سازی در فیزیک فرآیندی است که طی آن یک پدیده فیزیکی، آتقدر ساده و آرمانی می شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.

۱-۱-۱- نکته

هنگام مدل سازی یک پدیده فیزیکی، باید اثرهای جزئی نادیده و اثرهای مهم و تعیین کننده در نظر گرفته شود.



ب) مدل آرمانی توپ بسکتبال

الف) توپ بسکتبال در هوا

شکل ۱-۱ مدل سازی حرکت یک توپ بسکتبال در هوا.

فرض	پیچیدگی
با چشم پوشی از اندازه، شکل و چرخش توپ، آن را به شکل یک نقطه در نظر می گیریم.	توپ یک کره ای کامل نیست و درزها و برجستگی هایی دارد و توپ در حال حرکت به دور خود هم می چرخد.
فرض می کنیم توپ در خلأ حرکت می کند و باد و هوایی در کار نیست.	باد و مقاومت هوا بر حرکت توپ اثر می گذارند.
فرض می کنیم وزن توپ با تغییر ارتفاع ثابت است.	وزن توپ با تغییر ارتفاع (فاصله تا مرکز زمین) تغییر می کند.

سوال ۶-۱

هنگام مدل سازی یک پدیده فیزیکی باید ..... را نادیده بگیریم و از ..... چشم پوشی نکنیم.  
 ۱) اثرهای مهم تر - اثرهای جزئی تر    ۲) اثرهای جزئی تر - اثرهای مهم تر    ۳) اثرهای تعیین کننده - اثرهای جزئی تر    ۴) اثرهای تعیین کننده - اثرهای مهم تر

سوال ۷-۱

فرآیندی که طی آن یک پدیده فیزیکی آن قدر ساده و آرمانی می شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود، ..... نامیده می شود.  
 ۱) قانون فیزیکی    ۲) اصل فیزیکی    ۳) مدل سازی در فیزیک    ۴) آزمایش های فیزیکی

برای دانلود رایگان جزوات بیشتر از کانال تلگرام ما اینجا کلیک کنید



@IranDaneshNovin



DOWNLOAD

## ۱-۲-۲- اندازه گیری و کمیت های فیزیکی

اساس تجربه و آزمایش، **اندازه گیری** است و برای بیان نتایج اندازه گیری، به طور معمول از **عدد** و **پکای** (واحد) مناسب آن استفاده می شود.

مفاهیم قابل اندازه گیری در علم فیزیک (طول، جرم، زمان، دما، جریان، سرعت، شتاب، نیرو و ...) را **کمیت فیزیکی** می نامند.

### ۱-۲-۱- کمیت اصلی

کمیت هایی که برای تعریف شدن نیاز به کمیت دیگری ندارند را **کمیت اصلی** می گویند.

نماد	یکای اصلی SI	کمیت
$x$	متر [m]	طول
$m \equiv mass$	کیلوگرم [kg]	جرم
	مول [mol]	مقدار ماده
$t \equiv time$	ثاینه [s]	زمان
$T \equiv temperature$	کلوین [K]	دما
$I \equiv intensity$	آمپر [A]	شدت جریان
	کندلا (شمع) [cd]	شدت روشنایی

### ۱-۲-۲- کمیت فرعی

کمیت هایی که بر حسب کمیت های اصلی تعریف می شوند را **کمیت فرعی** می نامند.

#### ۱-۲-۲-۱- چند مثال از کمیت فرعی

نماد	یکای فرعی	یکای SI	کمیت فرعی
$v \equiv velocity$	$[\frac{m}{s}]$	$[\frac{m}{s}]$ $\frac{مستر}{ثاینه}$	سرعت
$F \equiv force$	$[kg \cdot \frac{m}{s^2}]$	[N] نیوتن	نیرو
$P \equiv pressure$	$[\frac{kg}{m \cdot s^2}]$	[Pa] پاسکال	فشار
$E \equiv energy$	$[kg \cdot \frac{m^2}{s^2}]$	[J] ژول	انرژی
$P \equiv power$	$[kg \cdot \frac{m^2}{s^3}]$	[W] وات	توان
$Q$	$[\frac{m^2}{s^2 \cdot K}]$	$[\frac{J}{kg \cdot K}]$	گرمای ویژه

سوال ۸-۱

برای بیان نتایج اندازه گیری به طور معمول از ..... و ..... استفاده می شود.

(۱) عدد - یکای مناسب    (۲) مدل - آزمایش    (۳) عدد - آزمایش    (۴) آزمایش - یکای مناسب

سوال ۹-۱

در فیزیک به هر چیزی که بتوان آن را اندازه گرفت ..... گفته می شود.

(۱) تجربه    (۲) مشاهده    (۳) کمیت فیزیکی    (۴) یکا

سوال ۱۰-۱

برای انجام اندازه گیری های درست و قابل اطمینان به یکاهای اندازه گیری نیاز داریم که ..... و دارای .....

(۱) تغییر نکنند - قابلیت بازتولید در مکان های مختلف باشند.    (۲) متغیر باشند - قابلیت بازتولید در مکان های مختلف باشند.  
 (۳) متغیر باشند - قابلیت بازتولید در مکان های مختلف نباشند.    (۴) تغییر نکنند - قابلیت بازتولید در مکان های مختلف نباشند.

سوال ۱۱-۱

کمیت هایی که دارای یکای مستقل هستند، کمیت های ..... و کمیت هایی که دارای یکای مستقل نیستند، کمیت های ..... نامیده می شوند.

(۱) اصلی - نرده ای    (۲) اصلی - برداری    (۳) اصلی - فرعی    (۴) فرعی - نرده ای

سوال ۱۲-۱

از بین کمیت های جرم، مساحت، طول، توان، انرژی، زمان، نیرو و حجم چند کمیت، اصلی و چند کمیت، فرعی می باشند؟ (از راست به چپ)

(۱) ۶، ۲    (۲) ۴، ۴    (۳) ۵، ۳    (۴) ۳، ۵

برای دانلود رایگان جزوات بیشتر از کانال تلگرام ما اینجا کلیک کنید



@IranDaneshNovin



DOWNLOAD



### ۱-۳- کمیت‌های نرده‌ای یا اسکالر

کمیت‌های اسکالر فقط دارای **اندازه** هستند را **کمیت‌های نرده‌ای** می‌گویند مانند جرم، حجم، چگالی و ...

### ۱-۴- کمیت‌های برداری

کمیت‌هایی که دارای **اندازه** و **جهت** هستند را کمیت‌های برداری می‌گویند، مانند جابجایی، سرعت، شتاب، تکانه، نیرو، میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی  
کمیت‌های برداری با قرار دادن (→) در بالای نماد لاتین کمیت فیزیکی مشخص می‌شوند.

### ۱-۵- تبدیل واحد

اغلب در حل مسئله‌های فیزیک، لازم است یکای کمیتی تغییر داده شود.

برای مثال، ممکن است لازم باشد کیلوگرم  $[kg]$  به گرم  $[g]$  یا  $[\frac{m}{s}]$  به  $[\frac{km}{h}]$  تبدیل شود.

### ۱-۵-۱- تبدیل واحد به روش زنجیره‌ای

برای تبدیل واحد از **روش زنجیره‌ای** استفاده می‌شود.

در این روش اندازه‌ی کمیت در یک ضریب تبدیل (نسبتی از یک‌ها که برابر یک است) ضرب می‌شود.

سوال ۱-۱۳

ارتباط بین چند یکای قدیمی ایرانی برای اندازه‌گیری جرم به صورت زیر است. اگر هر مثقال تقریباً معادل ۵ گرم باشد، ۱۲۸ تن معادل چند خروار است؟

۱ من تبریز = ۴۰ سیر = ۶۴۰ مثقال : ۱ خروار = ۱۰۰ من تبریز

**برای دانلود رایگان جزوات بیشتر از کانال تلگرام ما اینجا کلیک کنید**

📍 @IranDaneshNovin



**DOWNLOAD**

سوال ۱-۱۴

هر ذره  $10^4 \text{cm}$  است. اگر فاصله دو شهر  $2/08 \times 10^2$  کیلومتر باشد، فاصله بین این دو شهر چند ذره است؟

$2 \times 10^4$  (۴)

$2 \times 10^5$  (۳)

$2 \times 10^6$  (۲)

$2 \times 10^7$  (۱)

۱-۵-۲- نکته

در فیزیک تغییر هر کمیت نسبت به زمان را آهنگ تغییر آن کمیت می گویند.  
اگر  $\xi$  یک کمیت فیزیکی باشد، آهنگ تغییرات آن به صورت زیر بیان می شود.

$\Delta \xi$	تغییرات کمیت $\xi$
$\Delta t$	تغییرات کمیت زمان
$\frac{\Delta \xi}{\Delta t}$	آهنگ تغییرات کمیت $\xi$

### ۱-۶- پیشوندهای بزرگ یکاها

در بعضی موارد با اعداد بسیار بزرگ یا بسیار کوچک سروکار داریم به همین خاطر از نمادگذاری های کوتاهی استفاده می کنیم تا محاسبات از لحاظ نوشتاری ساده تر شوند. برای ساده سازی باید پیشوندهایی را که قبل از واحدهای فیزیکی بیان می شوند به خاطر بسپاریم.

علامت	پیشوند	ضریب	علامت	پیشوند	ضریب
d	دسی	$10^{-1}$	Y	یوتا	$10^{24}$
<b>C</b>	<b>سانتی</b>	$10^{-2}$	Z	زتا	$10^{21}$
<b>M</b>	<b>میلی</b>	$10^{-3}$	E	اگزا	$10^{18}$
$\mu$	<b>میکرو</b>	$10^{-6}$	P	پتا	$10^{15}$
<b>n</b>	<b>نانو</b>	$10^{-9}$	<b>T</b>	<b>ترا</b>	$10^{12}$
<b>p</b>	<b>پیکو</b>	$10^{-12}$	<b>G</b>	<b>گیگا</b>	$10^9$
f	فمتو	$10^{-15}$	<b>M</b>	<b>مگا</b>	$10^6$
a	اتو	$10^{-18}$	<b>k</b>	<b>کیلو</b>	$10^3$
z	زپتو	$10^{-21}$	h	هکتو	$10^2$
y	یوکتو	$10^{-24}$	da	دکا	$10^1$

جدول ۱-۶ پیشوندهای کوچک که معرف اعداد بسیار کوچک هستند (پیشوندهایی که بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند پررنگ تر نشان داده شده اند).

جدول ۱-۷ پیشوندهای بزرگ که معرف اعداد بسیار بزرگ هستند (پیشوندهایی که بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند پررنگ تر نشان داده شده اند).

سوال ۱-۱۵

گیاه خاصی در مدت ۷ روز به اندازه  $5/04$  سانتی متر رشد می کند، آهنگ رشد این گیاه چند  $\text{mm/s}$  است؟

(۱)  $\frac{1}{12} \times 10^{-3}$       (۲)  $12 \times 10^{-3}$       (۳)  $\frac{1}{12}$       (۴) ۱۲

سوال ۱-۱۶

$75[\mu m]$  چند متر است؟

$$75[cm] = 75 [cm] \times \left( \frac{10^{-2} [m]}{1 [cm]} \right) = \frac{75}{10^2} [m] = 0.75 [m]$$

سوال ۱-۱۷

$1[\frac{km}{h}]$  چند متر بر ثانیه است؟

$$1[\frac{km}{h}] = 1 \frac{[km]}{[h]} \times \left( \frac{10^3 [m]}{1 [km]} \right) = 1000 \frac{[m]}{[h]} \times \left( \frac{[h]}{3600 [s]} \right) = \frac{1000 [m]}{3600 [s]} = \frac{10}{36} [\frac{m}{s}]$$

### ۱-۷- نمادگذاری علمی

در فیزیک معمولاً اعداد را به صورت ضربی از  $10^{\pm n}$  می‌نویسند، ضرب  $10^{\pm n}$  باید در محدوده  $1 \leq x < 10$  باشد. یعنی اعداد به صورت  $y = x \times 10^{\pm n}$  نوشته خواهند شد.

علامت (-) برای اعداد در محدوده  $0 \leq y < 1$  و علامت (+) برای اعداد در محدوده  $y > 1$  استفاده می‌شود.

سوال ۱-۱۸

اعداد زیر را به صورت نماد علمی بنویسید.

$$0.00065 = 6.5 \times 10^{-4}$$

$$290000000 = 2.9 \times 10^{+8}$$

سوال ۱-۱۹

اعداد زیر را با استفاده از نمادگذاری علمی بنویسید.

(آ)  $134/5 \times 10^{-3}$

(ب) ۹۶۰۰

(پ) ۰/۰۰۰۱۲

برای دانلود رایگان جزوات بیشتر از کانال تلگرام ما اینجا کلیک کنید



@IranDaneshNovin



DOWNLOAD

سوال ۲۰-۱

در ابتدای بهار، یک دست فروش چاغاله بادام را سیری ۱۰۰۰ تومان می فروشد، ولی ترازوی وی برحسب گرم است. اگر هر مثقال تقریباً ۵ گرم باشد، با توجه به ارتباط بین یکاهای قدیمی، اگر شخصی به او ۵۰۰۰ تومان بدهد، تقریباً چند گرم چاغاله بادام باید به این شخص بدهد؟  
(۱ من تبریز = ۴۰ سیر = ۶۴۰ مثقال)

۸۰۰ (۴)

۴۰۰ (۳)

۱۰۰ (۲)

۸۰ (۱)

سوال ۲۱-۱

هر متر مکعب ( $m^3$ ) چند لیتر (*lit*) است؟

سوال ۲۲-۱

هر سانتی متر مکعب ( $cm^3$ ) چند متر مکعب ( $m^3$ ) و چند لیتر (*lit*) است؟

سوال ۲۳-۱

از یک شیلنگ آتش نشانی آب با آهنگ  $376 \text{ cm}^3/\text{s}$  خارج می شود. این آهنگ برحسب یکای  $\text{L}/\text{min}$  (لیتر دقیقه) به صورت کدام یک از گزینه های زیر است؟

$2/256 \times 10^1$  (۴)

$2/256 \times 10^3$  (۳)

$3/76 \times 10^5$  (۲)

$3/76 \times 10^4$  (۱)

سوال ۲۴-۱

قطر هسته اتم اورانیوم  $1/75 \times 10^{-14} \text{ m}$  است. قطر این هسته به ترتیب از راست به چپ چند فمتومتر ( $\text{fm}$ ) و چند زپتومتر ( $\text{zm}$ ) می باشد؟  
( $1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$  ,  $1 \text{ zm} = 10^{-21} \text{ m}$ )

$1/75 \times 10^7$  ,  $1/75 \times 10^1$  (۴)

$1/75 \times 10^{-7}$  ,  $1/75 \times 10^2$  (۳)

$1/75 \times 10^7$  ,  $1/75 \times 10^{-2}$  (۲)

$1/75 \times 10^7$  ,  $1/75 \times 10^{-1}$  (۱)

۱-۷-۱ - سازگاری یکاها

سوال ۱-۲۵

اگر عبارت  $(A \times B) + C$  از نظر فیزیک درست باشد، کدام گزینه در مورد یکای کمیت‌های  $A$ ،  $B$  و  $C$  درست است؟

(۱) یکای  $A$  و  $B$  و  $C$  یکسان هستند.

(۲) یکای  $A$  و  $B$  یکسان هستند.

(۳) یکای  $(A \times B)$  با یکای  $C$  یکسان است.

(۴) یکای  $B$  و  $C$  یکسان هستند.

سوال ۱-۲۶

در رابطه  $A = BC^2$  اگر  $A$  بر حسب ژول ( $\text{kgm}^2/\text{s}^2$ ) و  $B$  بر حسب کیلوگرم باشد، یکای  $C$  چیست؟

سوال ۱-۲۷

$25 \text{ g} \cdot \text{mm} / \mu\text{s}^2$  چند نیوتون است؟ ( $1\text{N} = 1 \text{ kg m/s}^2$ )

(۱)  $2/5 \times 10^7$

(۲)  $2/5 \times 10^{-7}$

(۳)  $2/5 \times 10^4$

(۴)  $2/5 \times 10^{-4}$

سوال ۱-۲۸

حاصل عبارت  $3 \times 10^6 \mu\text{m}^2 + 4 \text{ cm}^2 + 4 \times 10^{-3} \text{ dm}^2$  کدام گزینه است؟

(۱)  $803 \text{ mm}^2$

(۲)  $443 \text{ mm}^2$

(۳)  $8/3 \text{ cm}^2$

(۴)  $44/3 \text{ cm}^2$

برای دانلود رایگان جزوات بیشتر از کانال تلگرام ما اینجا کلیک کنید

➡ @IranDaneshNovin

DOWNLOAD

### ۱-۸-خطا و دقت

در هر نوع اندازه گیری همواره خطا و عدم قطعیت وجود دارد ولی با انتخاب روش های بهتر یا وسیله ی دقیق تر می توان خطای اندازه گیری را کاهش داد ولی نمی توان میزان خطا را به صفر رساند.

#### ۱-۸-۱- عامل های موثر در افزایش دقت اندازه گیری

**دقت وسیله ی اندازه گیری، مهارت شخصی آزمایشگر، تعداد دفعات اندازه گیری**

#### ۱-۹-دقت وسیله ی اندازه گیری

**کمترین مقداری را که هر وسیله می تواند اندازه گیری کند را دقت اندازه گیری می نامند.**

#### ۱-۹-۱- خطا در وسایل درجه بندی شده

خطای اندازه گیری وسیله های درجه بندی شده  $\pm \frac{1}{2}$  **کمینه تقسیم بندی مقیاس (دقت)** آن وسیله است.

#### ۱-۹-۲- خطا در وسایل دیجیتالی

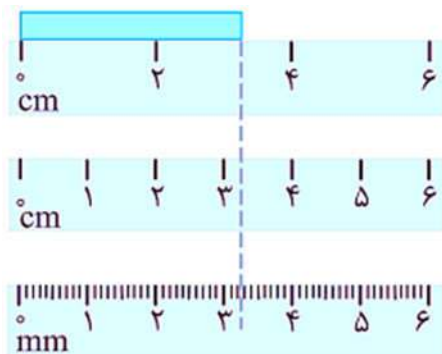
خطای اندازه گیری وسیله های دیجیتالی برابر است با یک واحد از آخرین رقمی که نمایش می دهد.

#### ۱-۹-۳- نکته

نتیجه اندازه گیری با یک عدد و یکای (واحد) آن بیان می شود، **به تعداد رقم های آن عدد رقم های با معنا** گویند و **اولین رقم سمت راست را رقم خیر قطعی می گویند**، زیرا این رقم در اندازه گیری **مشکوک** است و **حدس** زده می شود.

سوال ۱-۲۹

طول جسم مقابل را با خط کش های مورد نظر گزارش کنید.



سوال ۳۰-۱

خطای اندازه گیری هر یک از وسایل زیر چه قدر است؟



سوال ۳۱-۱

اوسین بولت دوندۀ جامائیکایی مسافت صد متر را در زمان  $9/58$  ثانیه دویده است. اگر این اندازه گیری به وسیله یک ساعت دیجیتال اندازه گیری شده باشد، کدام گزینه مقدار خطای این اندازه گیری بر حسب ثانیه است؟

- (۱) پنج هزارم (۲) یک هزارم (۳) یک صدم (۴) پنج صدم

سوال ۳۲-۱

با توجه به شکل های آ، ب، پ و ت خطای اندازه گیری وسیله ها به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



(ت)  $2^{\circ}\text{C}, 0.1^{\circ}\text{C}, 1\text{mm}, 0.5\text{cm}$

(ا)  $2^{\circ}\text{C}, 0.1^{\circ}\text{C}, 0.5\text{mm}, 0.5\text{cm}$

(ب)  $1^{\circ}\text{C}, 0.1^{\circ}\text{C}, 1\text{mm}, 1\text{cm}$

(پ)  $1^{\circ}\text{C}, 0.1^{\circ}\text{C}, 0.5\text{mm}, 0.5\text{cm}$

سوال ۳۳-۱

افزایش دقت اندازه گیری به کدام عامل بستگی دارد؟

- (۱) دقت وسیله اندازه گیری (۲) مهارت شخص آزمایشگر (۳) تعداد دفعات اندازه گیری (۴) هر سه گزینه درست است.

سوال ۳۴-۱

در یک اندازه گیری عدد  $34/27\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$  گزارش شده است. اگر این وسیله از نوع رقمی (دیجیتالی) نباشد، گزینه درست کدام است؟

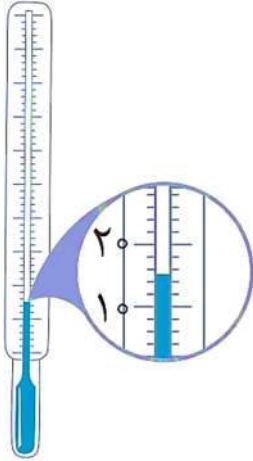
- (۱) خطای وسیله اندازه گیری  $0.5\text{mm}$  و رقم غیرقطعی  $0.27$  است.  
 (۲) خطای وسیله اندازه گیری  $0.5\text{mm}$  و رقم غیرقطعی ۴ است.  
 (۳) رقم غیرقطعی ۷ و کمینه تقسیم بندی وسیله اندازه گیری  $0.1\text{mm}$  است.  
 (۴) کمینه تقسیم بندی وسیله اندازه گیری  $0.1\text{mm}$  و خطای وسیله اندازه گیری  $0.5\text{mm}$  است.

۱-۱۰-۱- گزارش نتیجه‌ی اندازه‌گیری و رقم‌های با معنا

سطح جیوه در دماسنج بین عددهای  $14^{\circ}C$  و  $14^{\circ}C$  است و حدس می‌زنیم حدود  $15^{\circ}C$  باشد.

کمینه تقسیم‌بندی دماسنج (دقت)  $2^{\circ}C$  است، بنابراین خطای اندازه‌گیری  $\pm 1^{\circ}C$  است.

$$15^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$$



۱-۱۰-۱- نکته

اگر دقت خط‌کش  $1\text{mm}$  باشد، باید یک رقم حدسی بین تقسیم‌بندی‌های خط‌کش بیان شود. یعنی اگر طول جسمی بین  $14\text{mm}$  و  $15\text{mm}$  باشد، طول جسم باید به صورت زیر گزارش شود:

$\left\{ \begin{array}{l} \text{دقت وسیله} = \frac{1\text{mm}}{2} = 0.5\text{mm} \\ \text{طول جسم} = 14.2\text{mm} \pm 0.5\text{mm} \end{array} \right.$	اگر طول جسم بین $14\text{mm}$ و $15\text{mm}$
$14.0\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ = طول جسم	اگر طول جسم دقیقاً $14\text{mm}$ باشد

سوال ۱-۳۵

کمینه تقسیم‌بندی (دقت) خط‌کشی سانتی‌متر است. گزارش‌های اندازه‌گیری درست و نادرست را مشخص کنید.

پ)  $8/12\text{cm}$

ب)  $42/0\text{cm}$

آ)  $42\text{cm}$

ت)  $7/20\text{cm}$

ت)  $8/1\text{cm}$

سوال ۱-۳۶

اعداد گزارش شده، توسط دستگاه‌های مدرج شده، اندازه‌گیری شده‌اند. در هر حالت تعداد رقم‌های با معنا، رقم غیرقطعی و کمینه تقسیم‌بندی وسیله (دقت) را مشخص کنید.

عدد	تعداد رقم‌های با معنا	رقم غیرقطعی	کمینه تقسیم‌بندی
$12/1 \pm 2$			آ
$10 \pm 0/5$			ب



سوال ۱-۳۷

در هر یک از شکل‌های (آ) تا (پ) طول جسم را چقدر گزارش می‌کنید؟ رقم غیرقطعی و خطای وسیله را مشخص کنید.

(آ)  $1.8 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$   
خطای اندازه‌گیری

(ب)  $1.62 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ mm}$   
خطای اندازه‌گیری

(پ)  $2.0 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$   
خطای اندازه‌گیری

۱-۱۰-۲- نکته

تعداد رقم‌های اعشاری خطا باید با تعداد رقم‌های اعشاری عدد گزارش شده یکسان باشد.

$2.6 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$	<b>اگر مرتبه‌ی خطا و عدد گزارش شده یکسان باشد.</b>
$52.4 \text{ mm} \pm 0.25 \text{ mm}$ $\Rightarrow 52.4 \text{ mm} \pm 0.3 \text{ mm}$	<b>اگر مرتبه‌ی خطا و عدد گزارش شده یکسان نباشد، خطا رو به بالا گرد می‌شود.</b>

سوال ۱-۳۸

سوال ۱-۳۹

طول کاغذی را با خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری کرده‌ایم. کدام گزینه درست بیان شده است؟

(۴)  $32.548 \text{ cm}$

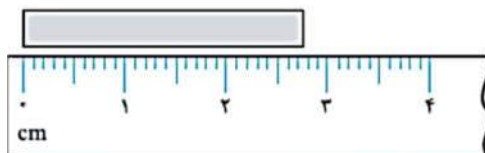
(۳)  $32.54 \text{ cm}$

(۲)  $32 \text{ cm}$

(۱)  $32.5 \text{ cm}$

سوال ۱-۴۰

با توجه به شکل روبه‌رو، کدام گزینه طول جسم را درست‌تر گزارش کرده است؟



(۱)  $2.74 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$

(۲)  $2.74 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$

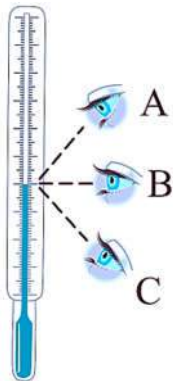
(۳)  $2.7 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$

(۴)  $2.7 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$

### ۱-۱۱- مهارت شخص آزمایشگر

مهارت شخص آزمایشگر در نحوه‌ی خواندن نتیجه اندازه‌گیری باعث کاهش خطا و افزایش دقت آزمایش می‌شود.

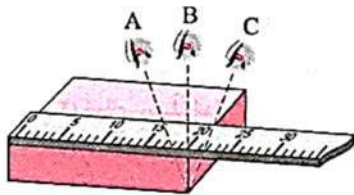
در خواندن عدد روی وسایل اندازه‌گیری درجه‌بندی شده مانند کولیس، ریزسنج و دیگر وسایل باید به صورت عمود به آن نگاه کرد تا خطای آزمایشگر کمتر شود.



A، B و C به ترتیب دما را  $45^{\circ}\text{C}$ ،  $44^{\circ}\text{C}$  و  $43^{\circ}\text{C}$  می‌خوانند و شما می‌دانید شخص B که خط دیدش عمود بر ستون مایع دماسنج است، دقیق‌تر اندازه‌گیری کرده است.

### سوال ۱-۴۱

سه دانش‌آموز آزمایشگر A، B و C مطابق شکل می‌خواهند طول مکعب نشان داده شده در شکل مقابل را بخوانند. کدام گزینه در مورد این سه آزمایشگر درست است؟



۱) خواندن نتیجه اندازه‌گیری از منظر دانش‌آموزهای A و C خطا را افزایش می‌دهد ولی دقت منظر دانش‌آموز B بیش‌تر است.

۲) دقت هر سه دانش‌آموز یکسان است.

۳) دقت A از C و B بیش‌تر است.

۴) خواندن نتیجه اندازه‌گیری از منظر B خطا را افزایش می‌دهد، ولی دقت منظرهای A و C بیش‌تر است.

### ۱-۱۲- تعداد دفعات اندازه‌گیری

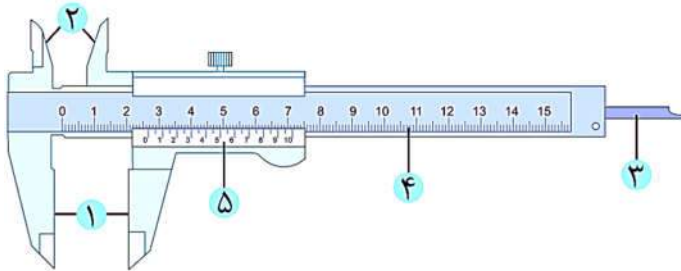
برای اطمینان از نحوه‌ی اندازه‌گیری باید تعداد دفعات اندازه‌گیری افزایش داده شود.

اگر اعداد تفاوت کمی داشته باشند، میانگین آنها گزارش می‌شود ولی اگر تعدادی از آنها با بقیه تفاوت

چشم‌گیری داشته باشند این اعداد را حذف و از بقیه اعداد میانگین می‌گیرند.

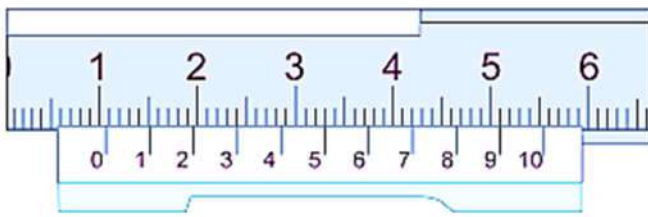
۱-۱۳- کولیس

کولیس ابزاری دقیق برای اندازه گیری قطر داخلی، خارجی و عمق اجسام است. معمولاً دقت اندازه گیری کولیس ها  $0.1\text{mm}$ ،  $0.01\text{mm}$  و  $0.02\text{mm}$  است.



قسمت های اصلی کولیس:  
فک ثابت، فک متحرک، خط کش و ورنیه

۱-۱۳-۱- نحوه خواندن اعداد در کولیس



$$10\text{ mm} + (7 \times 0.1\text{ mm}) = 10.7\text{ mm}$$

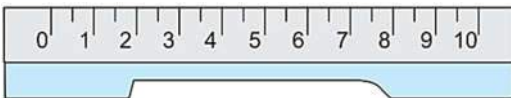
$$\Rightarrow 10.7\text{ mm} \pm 0.05\text{ mm}$$

۱-۱۳-۲- تشخیص دقت کولیس

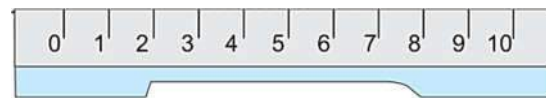
دقت خط کش کولیس

تعداد قسمت های روی ورنیه کولیس

اگر دقت خط کش کولیس  $1\text{mm}$  باشد:



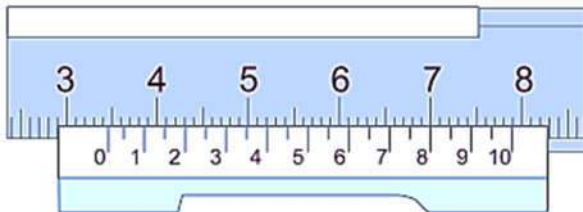
$$\text{دقت کولیس} = \frac{1\text{ mm}}{20} = 0.05\text{ mm}$$



$$\text{دقت کولیس} = \frac{1\text{ mm}}{10} = 0.1\text{ mm}$$

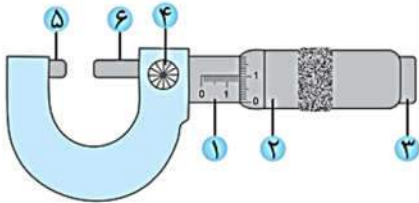
سوال ۱-۲۲

کولیس چه عددی را گزارش می کند؟



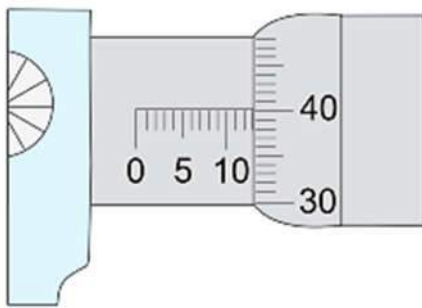
۱-۱۴-۱- ریزسنج

ریزسنج یکی دیگر از ابزارهای اندازه گیری دقیق است که معمولاً نسبت به کولیس دقت بیشتری دارد. قسمت های مختلف یک ریزسنج مطابق شکل زیر است.



- ۱ استوانه مدرج ثابت
- ۲ استوانه مدرج چرخان
- ۳ پیچ هرزگرد
- ۴ قفل
- ۵ فک ثابت (سندان)
- ۶ فک متحرک (زبان)

۱-۱۴-۱- نحوه خواندن ریزسنج

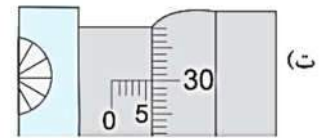
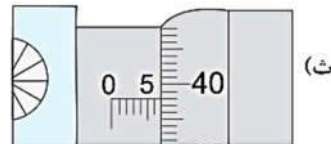
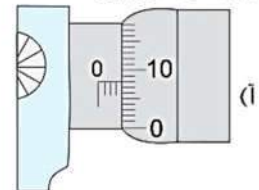
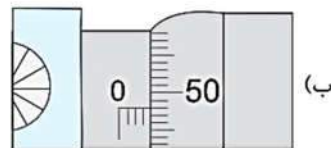
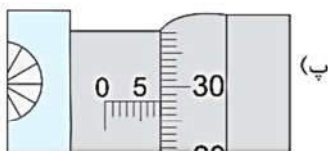


$$13 \text{ mm} + (40 \times 0.01 \text{ mm}) = 13.4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow 13.400 \text{ mm} \pm 0.005 \text{ mm}$$

سوال ۱-۴۳

ریزسنج های زیر با دقت  $0.01 \text{ mm}$  چه اعدادی را نشان می دهند؟



۱-۱۵-۱- چگالی

میزان تراکم ذرات یک ماده را با کمیت **چگالی** نشان داده می شود.

نسبت جرم به حجم یک ماده را چگالی گویند و با  $\rho$  نمایش داده می شود.

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

برای بدست آوردن واحد چگالی باید به صورت زیر عمل کنیم

فرض می شود که واحد چگالی  $[?]$  باشد

$$[?] = \frac{[kg]}{[m^3]}$$

۱-۱۵-۱-۱- نکته

رابطه‌ی تبدیل واحد  $\frac{[g]}{[cm^3]}$  به  $\frac{[kg]}{[m^3]}$ :

$$\frac{[g]}{[cm^3]} = \frac{[g]}{[cm^3]} \left( \frac{1[kg]}{1000[g]} \right) \left( \frac{1[cm^3]}{10^{-6}[m^3]} \right) = 1000 \frac{[kg]}{[m^3]}$$

هر  $1000 \frac{[kg]}{[m^3]}$  برابر است با  $1 \frac{[g]}{[cm^3]}$

۱-۱۵-۱-۲- نکته

رابطه‌ی تبدیل  $[Lit]$  به  $[m^3]$  چیست؟

$$1000[Lit] = 1[m^3]$$

۱-۱۵-۱-۳- نکته

رابطه‌ی تبدیل واحد  $\frac{[g]}{[Lit]}$  به  $\frac{[kg]}{[m^3]}$ :

$$\frac{[g]}{[Lit]} = \frac{[g]}{[Lit]} \left( \frac{1[kg]}{1000[g]} \right) \left( \frac{1000[Lit]}{1[m^3]} \right) = 1000 \frac{[kg]}{[m^3]}$$

سوال ۱-۴۴

چگالی آهن  $7800 \text{ kg/m}^3$  است. حجم  $273 \text{ g}$  آهن چند سانتی متر مکعب است؟

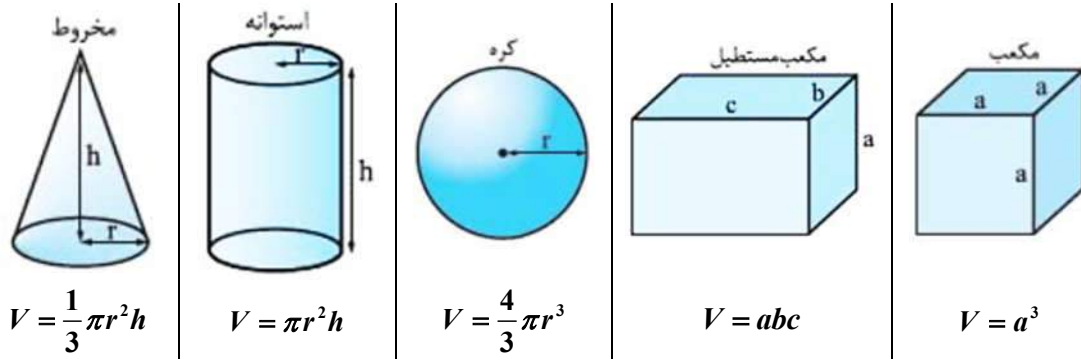
۳۵۰(۴)

۱۷۵(۳)

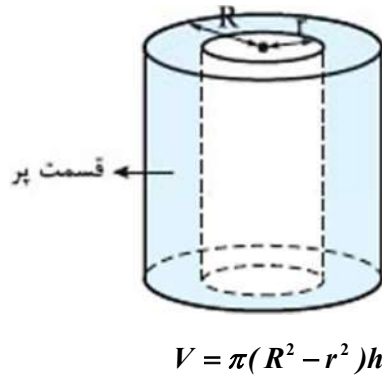
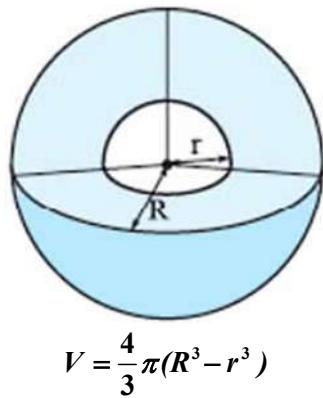
۳۵(۲)

۱۷/۵(۱)

۱-۱۶- نحوه‌ی محاسبه‌ی حجم اشکال هندسی

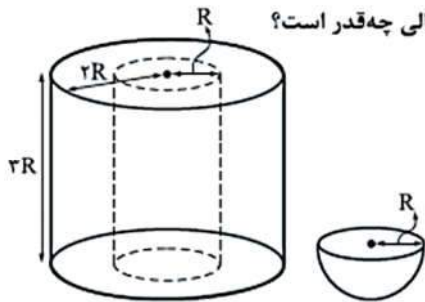


۱-۱۶-۱-۱- نکته: حجم استوانه و کره‌ی حفره‌دار



سوال ۱-۴۵

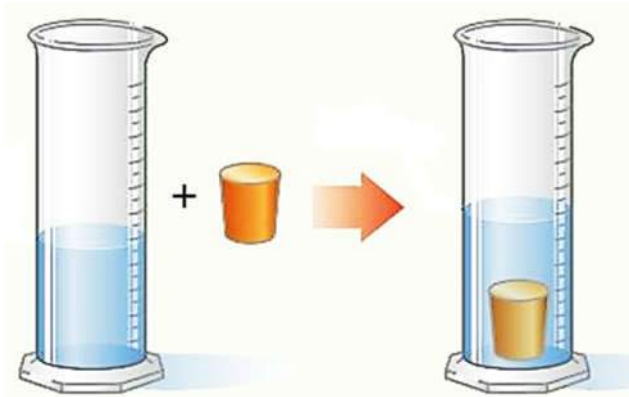
در شکل زیر هر دو جسم از فولاد ساخته شده‌اند. نسبت جرم نیم کره به جرم استوانه‌ی توخالی چه قدر است؟



- $\frac{20}{27}$  (۱)
- $\frac{2}{9}$  (۲)
- $\frac{2}{27}$  (۳)
- $\frac{20}{9}$  (۴)

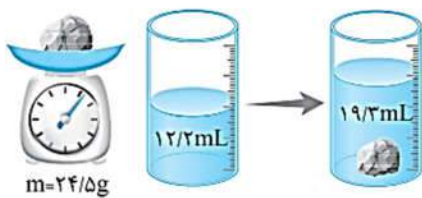
۱-۱۶-۲- نکته

برای اندازه گیری حجم اجسامی که شکل مشخصی ندارند، از استوانه‌ی مدرج استفاده می‌شود.



سوال ۱-۴۶

با توجه به اعداد ترازو و استوانه‌ی مدرج، چگالی قطعه سنگ را بر حسب  $g/cm^3$  و  $g/L$  به دست آورید.



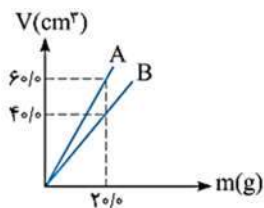
سوال ۱-۴۷

نمودار حجم بر حسب جرم دو مایع مطابق شکل است:

(آ) چگالی هر مایع را بر حسب  $g/cm^3$  حساب کنید.

(ب) اگر حجمی برابر  $1800 cm^3$  از هر یک از دو مایع را با هم مخلوط کنیم، چگالی مخلوط چند

$g/cm^3$  می‌شود؟ (از تغییر حجم صرف نظر کنید.)



۱-۱۶-۳- نکته: چگالی مواد مخلوط مانند آلیاژها

اگر چند ماده که دارای جرم‌های  $m_1, m_2, m_3$  و  $\dots$  با حجم‌های  $V_1, V_2, V_3$  و  $\dots$  با یکدیگر مخلوط

شوند، چگالی ماده تشکیل شده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود

$$\rho_x = \frac{\text{مجموع جرم کل مواد}}{\text{مجموع حجم کل مواد}} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots}$$

سوال ۴۸-۱

گروه‌ای توپ با شعاع  $R$  را ذوب کرده و با استفاده از مصالح آن یک استوانه با شعاع داخلی  $R'$  و شعاع خارجی  $R$  می‌سازیم. اگر ارتفاع استوانه ساخته شده برابر  $2R$  باشد نسبت  $\frac{R'}{R}$  کدام است؟

(سراسری ریاضی ۸۱ قارج از کشور)

- (۱)  $\sqrt{3}$  (۲)  $\frac{\sqrt{3}}{3}$  (۳)  $\sqrt{2}$  (۴)  $\frac{\sqrt{2}}{2}$

سوال ۴۹-۱

درون استوانه مدرجی آب وجود دارد. گلوله توپری به جرم  $42$  گرم را داخل آب می‌اندازیم. سطح آب از درجه  $50\text{cm}^3$  به  $54\text{cm}^3$  می‌رسد. چگالی گلوله چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟

(سراسری ریاضی ۹۲)

- (۱)  $3/5$  (۲)  $10/5$  (۳)  $21$  (۴)  $42$

سوال ۵۰-۱

یک قطعه فلز به جرم  $90$  گرم را درون آب در داخل استوانه‌ای می‌اندازیم. قطعه فلز کاملاً در آب فرو می‌رود و سطح آب درون استوانه به اندازه  $1/2\text{cm}^3$  بالا می‌آید، اگر سطح مقطع داخلی استوانه  $10\text{cm}^2$  باشد چگالی فلز چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟

(سراسری ریاضی ۸۲)

- (۱)  $5/5$  (۲)  $6$  (۳)  $7/5$  (۴)  $8$

سوال ۵۱-۱

یک قطعه فلز را که چگالی آن  $2/7\text{g/cm}^3$  می‌باشد، کاملاً در ظرفی پر از الکل به چگالی  $0/8\text{g/cm}^3$  وارد می‌کنیم و به اندازه  $160$  گرم الکل از ظرف بیرون می‌ریزد. جرم قطعه فلز چند گرم است؟

(سراسری ریاضی ۹۳)

- (۱)  $540$  (۲)  $450$  (۳)  $432$  (۴)  $200$



سوال ۵۲-۱

جرم یک گلوله آهنی ۳۹۰۰ گرم و چگالی آن  $7800 \text{ kg/m}^3$  است. اگر گلوله آهنی را به آرامی در ظرف پر از الکل فرو بریم و چگالی الکل ۸۰۰ گرم بر لیتر باشد، چند گرم الکل از ظرف خارج می شود؟

(سراسری ریاضی ۹۰ قارج از کشور)

۴۰۰ (۱)      ۳۹۰ (۲)      ۵۰۰ (۳)      ۴۰۰۰ (۴)

سوال ۵۳-۱

شعاع ظاهری یک کره فلزی ۵ cm و جرم آن ۱۰۸۰ گرم و چگالی آن  $2/7 \text{ g/cm}^3$  است. درون این کره یک حفره وجود دارد. حجم این حفره چند درصد از حجم کره را تشکیل می دهد؟ ( $\pi = 3$ )

(سراسری ریاضی ۹۳ قارج از کشور)

۱۰ (۱)      ۱۵ (۲)      ۲۰ (۳)      ۲۵ (۴)

سوال ۵۴-۱

درون یک قطعه طلا به حجم ظاهری  $12 \text{ cm}^3$  و جرم ۱۹۹/۵ گرم، حفره ای وجود دارد. اگر چگالی طلا  $19000 \text{ kg/m}^3$  باشد، حجم حفره خالی چند سانتی متر مکعب است؟

(سراسری ریاضی ۸۷)

۰/۷۵ (۱)      ۱/۵ (۲)      ۲/۵ (۳)      ۳/۴ (۴)

سوال ۵۵-۱

چگالی جسم A،  $1/5$  برابر چگالی جسم B است. اگر جرم ۵۰۰ سانتی متر مکعب از جسم B برابر ۲۰۰ گرم باشد، جرم ۲۰۰ سانتی متر مکعب از جسم A چند گرم است؟

(سراسری ریاضی ۹۱ قارج از کشور)

۱۲۰ (۱)      ۱۸۰ (۲)      ۲۴۰ (۳)      ۳۶۰ (۴)

سوال ۵۶-۱

جرم دو کره همگن توپر A و B با هم برابر است. اگر شعاع کره A برابر ۳ cm و شعاع کره B برابر ۶ cm باشد، چگالی کره A چند برابر چگالی کره B می باشد؟

(سراسری ریاضی ۸۹ قارج از کشور)

۲ (۱)      ۴ (۲)      ۸ (۳)       $2\sqrt{2}$  (۴)

سوال ۵۷-۱

دو استوانه همگن A و B دارای جرم و ارتفاع مساوی اند. استوانه A توپر و استوانه B توخالی است. اگر شعاع خارجی این دو استوانه با هم برابر و شعاع داخلی استوانه B نصف شعاع خارجی آن باشد. چگالی استوانه A چند برابر چگالی استوانه B است؟

(سراسری ریاضی ۸۹)

$$\frac{1}{2} \quad (1) \quad \frac{1}{4} \quad (2) \quad \frac{2}{3} \quad (3) \quad \frac{3}{4} \quad (4)$$

سوال ۵۸-۱

چگالی مخلوط دو مایع A و B با حجم های اولیه  $V_A$  و  $V_B$  برابر  $0.75$  گرم بر سانتی متر مکعب است. اگر  $\rho_A = 600 \text{ g/L}$  و  $\rho_B = 800 \text{ g/L}$  باشد، نسبت  $\frac{V_A}{V_B}$  کدام است؟

(سراسری ریاضی ۹۳ قارج از کشور)

$$3 \quad (1) \quad 4 \quad (2) \quad \frac{1}{3} \quad (3) \quad \frac{1}{4} \quad (4)$$

سوال ۵۹-۱

مخلوطی از نوع ۲ نوع مایع با چگالی های  $\rho_1$  و  $\rho_2$  درست شده است. اگر  $\frac{1}{3}$  حجم آن از مایعی با چگالی  $\rho_1$  بوده و  $\frac{2}{3}$  باقی مانده از مایعی با چگالی  $\rho_2$  باشد، چگالی مخلوط برابر با کدام است؟

(سراسری ریاضی ۹۱)

$$\frac{2\rho_1\rho_2}{\rho_1+2\rho_2} \quad (1) \quad \frac{\rho_2+2\rho_1}{3} \quad (2) \quad \frac{\rho_1+2\rho_2}{3} \quad (3) \quad \frac{2\rho_1\rho_2}{\rho_2+2\rho_1} \quad (4)$$

سوال ۶۰-۱

جواهر فروشی در ساختن یک قطعه جواهر به جای طلای خالص، مقداری نقره نیز به کار برده است. اگر حجم قطعه ساخته شده  $5$  سانتی متر مکعب و چگالی آن  $13/6 \text{ g/cm}^3$  باشد، جرم نقره به کار رفته، چند گرم است؟ (چگالی نقره و طلا به ترتیب  $10 \text{ g/cm}^3$  و  $19 \text{ g/cm}^3$  فرض شود).

(سراسری ریاضی ۹۵ قارج از کشور)

$$8 \quad (1) \quad 30 \quad (2) \quad 34 \quad (3) \quad 38 \quad (4)$$

سوال ۶۱-۱

در مخلوطی از آب و یخ، مقداری یخ ذوب می شود و حجم مخلوط  $5 \text{ cm}^3$  کاهش می یابد. جرم یخ ذوب شده چند گرم است؟ ( $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ,  $\rho_{\text{یخ}} = 0.9 \text{ g/cm}^3$ )

(سراسری ریاضی ۸۸ قارج از کشور)

$$4/5 \quad (1) \quad 5 \quad (2) \quad 45 \quad (3) \quad 50 \quad (4)$$

# فصل دوم

## کار، انرژی و توان

## ۲- فصل دوم کار، انرژی و توان

### ۲-۱- انرژی

انرژی این امکان را فراهم می‌کند تا تمامی فعالیت‌های روزمره‌ی خود را انجام دهید. به زبان ساده‌تر **توانایی انجام کار را انرژی می‌نامند** و واحد آن ژول  $[J]$  است.

### ۲-۲- انرژی جنبشی

به انرژی اجسام در حال حرکت **انرژی جنبشی** گویند. انرژی جنبشی کمیتی نرده‌ای و واحد آن ژول  $[J]$  است. انرژی جنبشی را می‌توان از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه کرد

$$\begin{cases} K \propto m \\ K \propto v^2 \end{cases} \Rightarrow K = \frac{1}{2}mv^2$$

$$[J] = ([kg]) \left( \left[ \frac{m}{s} \right] \right)^2$$

$$[J] = [kg] \left[ \frac{m^2}{s^2} \right] = \left[ \frac{kg \cdot m^2}{s^2} \right]$$

سوال ۱-۲

اگر جسمی به جرم  $5[kg]$  با سرعت  $20 \left[ \frac{m}{s} \right]$  حرکت کند، انرژی جنبشی آن چند میکروژول است؟  
روش حل مساله:

- مرحله‌ی اول: صورت مساله را با دقت بخوانید.
- مرحله‌ی دوم: اطلاعات مساله را یادداشت کنید.
- مرحله‌ی سوم: دقت کنید مساله‌ی از شما محاسبه‌ی چه چیزی را خواسته است.
- مرحله‌ی چهارم: فرمول مناسب را برای حل مساله پیدا کنید.

اطلاعات مساله:

۱- تنها اطلاعاتی که در مساله داده شده است سرعت و جرم جسم است پس

$$v = 20 \left[ \frac{m}{s} \right] \quad ۲-$$

۳- انرژی جنبشی را بر حسب میکروژول از ما خواسته پس ابتدا باید انرژی جنبشی بر حسب ژول محاسبه شود، سپس ژول را به میکروژول تبدیل کنید.

۴- انرژی جنبشی با استفاده از فرمول  $K = \frac{1}{2}mv^2$  بدست می‌آید.

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \xrightarrow{v=20\frac{m}{s}, m=5[kg]} K = \frac{1}{2} \times 5 \times \underbrace{(20)^2}_{400} = \frac{1}{2} \times 5 \times 400 = 5 \times 200 = 1000 [J]$$

$$\Rightarrow 1000 [J] = ? [\mu J]$$

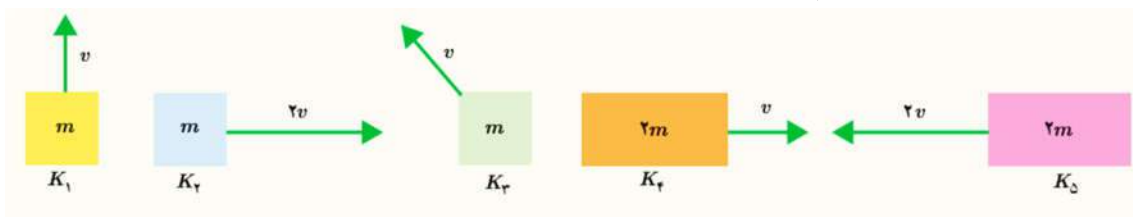
با استفاده از روش زنجیره ای

$$\Rightarrow 1000 [J] \times \left( \frac{[\mu J]}{10^{-6} [J]} \right) = \frac{1000}{10^{-6}} [\mu J] = \frac{10^{+3}}{10^{-6}} [\mu J] = 10^{+3} \times 10^{+6} [\mu J] = 10^{+9} [\mu J]$$

$$\Rightarrow 1000 [J] = 10^{+9} [\mu J]$$

سوال ۲-۲

انرژی جنبشی هر یک از اجسام زیر بدست آورید و با یکدیگر مقایسه کنید.



$\begin{cases} m_1 = m \\ v_1 = v \end{cases}$	$K_1 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 = \frac{1}{2}mv^2$
$\begin{cases} m_2 = m \\ v_2 = 2v \end{cases}$	$K_2 = \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m \underbrace{(2v)^2}_{4v^2} = 4 \underbrace{\left( \frac{1}{2}mv^2 \right)}_{K_1} \Rightarrow K_2 = 4K_1$
$\begin{cases} m_3 = m \\ v_3 = v \end{cases}$	$K_3 = \frac{1}{2}m_3v_3^2 = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow K_1 = K_3$
$\begin{cases} m_4 = 2m \\ v_4 = v \end{cases}$	$K_4 = \frac{1}{2}m_4v_4^2 = \frac{1}{2}(2m)v^2 \Rightarrow K_4 = 2 \underbrace{\left( \frac{1}{2}mv^2 \right)}_{K_1} \Rightarrow K_4 = 2K_1$
$\begin{cases} m_5 = 2m \\ v_5 = 2v \end{cases}$	$K_5 = \frac{1}{2}m_5v_5^2 = \frac{1}{2}(2m) \underbrace{(2v)^2}_{4v^2} \Rightarrow K_5 = 8 \underbrace{\left( \frac{1}{2}mv^2 \right)}_{K_1} \Rightarrow K_5 = 8K_1$

$$(K_1 = K_3) < K_4 < K_2 < K_5$$

سوال ۳-۲

انرژی جنبشی دو جسم با جرم‌های  $m_1$  و  $m_2$  که به ترتیب با سرعت‌های  $v_1$  و  $v_2$  را با یکدیگر مقایسه کنید.

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

سوال ۲-۴

انرژی جنبشی کامیونی به جرم  $10000\text{kg}$  که با تندی  $72\text{ km/h}$  حرکت می کند چند مگاژول است؟

- (۱)  $2000$  (۲)  $200$  (۳)  $20$  (۴)  $2$

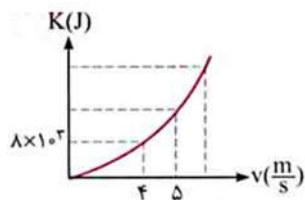
سوال ۲-۵

اگر در اثر ضربه،  $15$  ژول انرژی به یک توپ واقع بر روی یک سطح افقی منتقل شود و جرم توپ  $0.5\text{kg}$  باشد، تندی آن چند متر بر ثانیه می شود؟

- (۱)  $\sqrt{15}$  (۲)  $\sqrt{10}$  (۳)  $\sqrt{5}$  (۴)  $2\sqrt{15}$

سوال ۲-۶

نمودار انرژی جنبشی بر حسب تندی برای اتومبیلی مطابق شکل مقابل است. جرم اتومبیل چند کیلوگرم و انرژی جنبشی آن هنگامی که تندی  $5\text{ m/s}$  است، کدام گزینه می باشد؟



- (۱)  $2000\text{kg}$  و  $12500\text{J}$  (۲)  $1000\text{kg}$  و  $12500\text{J}$   
(۳)  $2000\text{kg}$  و  $125000\text{J}$  (۴)  $1000\text{kg}$  و  $125000\text{J}$

سوال ۲-۷

انرژی جنبشی گلوله ای  $4\text{J}$  و تندی آن  $4\text{ m/s}$  است. تندی آن را به چند متر بر ثانیه برسانیم تا انرژی جنبشی آن  $5\text{J}$  شود؟ (سراسری تجربی ۸۴)

- (۱)  $5$  (۲)  $8$  (۳)  $2\sqrt{5}$  (۴)  $5\sqrt{2}$

سوال ۲-۸

انرژی جنبشی گلوله ای  $9$  ژول است و تندی آن  $6\text{ m/s}$  می باشد، تندی آن را به چند متر بر ثانیه برسانیم تا انرژی جنبشی آن  $5\text{J}$  شود؟

- (۱)  $2\sqrt{5}$  (۲)  $5\sqrt{2}$  (۳)  $8$  (۴)  $4$

سوال ۲-۹

انرژی جنبشی دوچرخه سواری  $10$  کیلوژول است. اگر او تندی خود را  $5\text{ m/s}$  افزایش دهد، انرژی جنبشی او به  $90$  کیلوژول می رسد. تندی اولیه دوچرخه سوار چند متر بر ثانیه بوده است؟

- (۱)  $2/5$  (۲)  $2$  (۳)  $1/8$  (۴)  $3/2$

سوال ۱۰-۲

اگر تندی متحرکی به جرم  $m$  به اندازه  $5 \text{ m/s}$  افزایش پیدا کند، افزایش انرژی جنبشی آن  $\frac{5}{4}$  انرژی جنبشی اولیه می شود. تندی اولیه متحرک چند متر بر ثانیه بوده است؟

(سراسری تهرپی ۹۵ قارج از کشور)

۶/۲۵ (۱) ۱۰ (۲) ۱۵ (۳) ۲۰ (۴)

سوال ۱۱-۲

جسمی به جرم  $4 \text{ kg}$  با تندی  $10 \text{ m/s}$  در حرکت است. اگر با تغییر تندی جسم، انرژی جنبشی آن ۹ برابر شود، حاصل ضرب جرم در تندی آن در SI چقدر افزایش می یابد؟

(سراسری ریاضی ۹۱ قارج از کشور)

۱۲ (۱) ۸۰ (۲) ۲۲۰ (۳) ۳۶۰ (۴)

سوال ۱۲-۲

اگر انرژی جنبشی گلوله ای ۳۶ درصد کاهش یابد، تندی آن چند درصد کاهش می یابد؟

۱۸ (۱) ۲۰ (۲) ۳۶ (۳) ۴۰ (۴)

سوال ۱۳-۲

جسمی در مسیر مستقیم با تندی  $7$  در حال حرکت است. اگر تندی این جسم  $5 \text{ m/s}$  افزایش یابد، انرژی جنبشی آن ۴۴ درصد افزایش می یابد.  $7$  چند متر بر ثانیه است؟

(سراسری تهرپی ۹۳ قارج از کشور)

۵ (۱) ۱۰ (۲) ۲۰ (۳) ۲۵ (۴)

۲-۳- کار انجام شده توسط نیروی ثابت

۲-۳-۱- تعریف کار

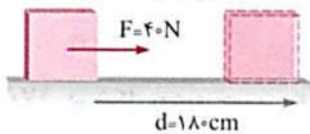
اگر به جسمی نیروی  $\vec{F}$  وارد شود و این جسم به اندازه  $d$  در جهت نیروی اعمال شده جابجا گردد کار انجام شده روی جسم به صورت زیر تعریف خواهد شد.



$$W_{\vec{F}} = \left( \vec{F} \right) \left( \vec{d} \right)$$

سوال ۲-۱۴

برای کشیدن جعبه‌ای روی سطح افقی  $40$  نیوتون نیرو لازم است. کار لازم برای  $180$  سانتی‌متر جابجایی جسم چند ژول است؟



۵۰ (۲)

۷۲ (۱)

۵۰۰ (۴)

۳۲۰ (۳)

سوال ۲-۱۵

پدری به کمک پسر خود گمدی را روی سطح زمین در مسیری مستقیم به اندازه  $2/5$  متر جابجا می‌کند. اگر نیروی افقی پدر و پسر به ترتیب  $80$  و  $50$  نیوتون باشد نسبت کار پدر به کار پسر در این جابجایی چند متر است؟

۱۶۰ (۴)

۱/۶ (۳)

$\frac{5}{8}$  (۲)

۱۶ (۱)

سوال ۲-۱۶

جسمی تحت اثر نیروی ثابت و افقی  $200$  نیوتونی روی سطح افقی با تندی ثابت  $4 \text{ m/s}$  روی خط راست در حال حرکت است. کار این نیرو در هر دقیقه چند کیلوژول است؟

۴۸ (۴)

۴۸ (۳)

۳ (۲)

۰/۸ (۱)



سوال ۲-۱۷

موتورسواری از حال سکون در مسیری مستقیم و بدون اصطکاک با شتاب ثابت شروع به حرکت می‌کند و پس از  $10\text{s}$  تندی آن به  $72\text{km/h}$  می‌رسد. اگر جرم موتورسوار و موتورش  $220\text{kg}$  باشد، کار نیروی موتور در جابه‌جایی  $20$  متر چند ژول است؟

- (۱)  $1500$       (۲)  $21680$       (۳)  $440$       (۴)  $8800$

سوال ۲-۱۸

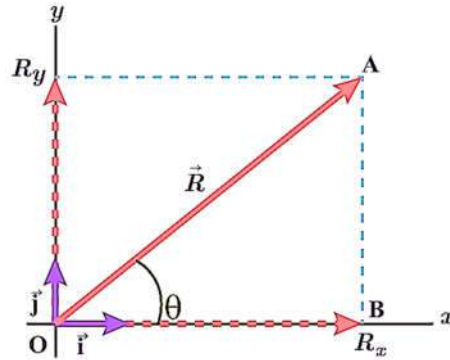
شخصی جعبه‌ای به جرم  $20\text{kg}$  را به‌طور یکنواخت در راستای قائم  $120$  سانتی‌متر بالا می‌برد. کار نیروی شخص در این جابه‌جایی چند ژول است؟  
( $g = 10\text{N/kg}$ )

- (۱)  $2400$       (۲)  $240$       (۳)  $24$       (۴)  $24000$

۲-۳-۲- اگر زاویه‌ی بین نیروی وارد شده به جسم و جابجایی،  $\theta$  باشد

۲-۳-۲-۱- تجزیه‌ی برداری

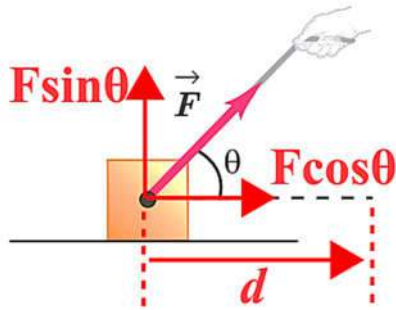
اگر زاویه‌ی بین بردار  $\vec{R}$  و جهت مثبت محور  $x$  ها  $\theta$  باشد آنگاه تصویر بردار  $\vec{R}$  روی محورهای مختصات به صورت زیر محاسبه می‌شوند.



$\vec{R}_x \equiv x$	$\Rightarrow$	$\vec{R}_x = \begin{pmatrix}  \vec{R}_x  \\ x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{i} \\ x \end{pmatrix} = R_x \hat{i}$
$\vec{R}_y \equiv y$	$\Rightarrow$	$\vec{R}_y = \begin{pmatrix}  \vec{R}_y  \\ y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{j} \\ y \end{pmatrix} = R_y \hat{j}$
$\vec{R} = \vec{R}_x \hat{i} + \vec{R}_y \hat{j}$		$ \vec{R}  = R = \sqrt{ \vec{R}_x ^2 +  \vec{R}_y ^2} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$ $\tan \theta = \frac{ \vec{R}_y }{ \vec{R}_x } = \frac{R_y}{R_x}$
$\vec{R} = (R \cos \theta) \hat{i} + (R \sin \theta) \hat{j}$	$\Leftarrow$	$\begin{cases} \sin \theta = \frac{AB}{OA} = \frac{R_y}{R} \Rightarrow \sin \theta = \frac{R_y}{R} \Rightarrow R_y = R \sin \theta \\ \cos \theta = \frac{OB}{OA} = \frac{R_x}{R} \Rightarrow \cos \theta = \frac{R_x}{R} \Rightarrow R_x = R \cos \theta \end{cases}$

سوال ۱۹-۲

اگر جسمی را مطابق شکل با نیروی  $\vec{F}$  بکشیم، مؤلفه‌ی افقی نیرو (تصویر  $\vec{F}$  روی محور  $x$  ها) و مؤلفه‌ی قائم (تصویر  $\vec{F}$  روی محور  $y$  ها) به صورت زیر نوشته می‌شود



شکل ۱-۲

$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y = F_x \hat{i} + F_y \hat{j} = \underbrace{(|\vec{F}| \cos \theta)}_{F_x} \hat{i} + \underbrace{(|\vec{F}| \sin \theta)}_{F_y} \hat{j}$$

$$\Rightarrow \vec{F} = (F \cos \theta) \hat{i} + (F \sin \theta) \hat{j}$$

۲-۳-۳- محاسبه کار در حالت کلی

مطابق شکل ۱-۲ مؤلفه‌ی از نیرو بر روی جسم کار انجام می‌دهد که با جابجایی هم‌راستا باشد.

$$W_{\vec{F}} = \underbrace{(|\vec{F}| \cos \theta)}_{F_x} d = Fd \cos \theta$$

۲-۳-۳-۱- نکته:

کاری که نیروی  $\vec{F}$  روی جسم انجام می‌دهد، تنها ناشی از مؤلفه‌ی افقی ( $F_x = |\vec{F}| \cos \theta$ ) است زیرا در راستای جابجایی است.

$$\theta = 0 \Rightarrow \cos 0^\circ = 1$$

$$\Rightarrow W_{\vec{F}} = Fd \cos \theta$$

$$\Rightarrow W_{\vec{F}} = Fd \left( \underbrace{\cos 0}_1 \right) = Fd$$

۲-۳-۳-۲- نکته:

مؤلفه‌ی قائم نیرو ( $F_x = |\vec{F}| \sin \theta$ ) چون بر راستای جابجایی عمود است بر روی جسم کار انجام نمی‌دهد.

$$\theta = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos \left( \frac{\pi}{2} \right) = 0$$

$$\Rightarrow W_{\vec{F}} = Fd \cos \theta$$

$$\Rightarrow W_{\vec{F}} = Fd \left( \underbrace{\cos \left( \frac{\pi}{2} \right)}_0 \right) \Rightarrow W_{\vec{F}} = 0$$

سوال ۲۰-۲

سوال ۲۱-۲

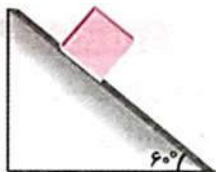
جسمی به جرم  $2\text{ kg}$  روی سطح افقی به حال سکون قرار دارد. نیروی  $\vec{F} = 15\vec{i} + 20\vec{j}$  در SI به جسم وارد می شود و جسم بر روی محور  $x$ ،  $10$  متر جابه جا می شود. کار نیروی  $F$  در این جابه جایی چند ژول است؟

(سراسری ریاضی ۹۳ قارچ از کشور)

- ۲۵۰ (۱)      ۲۰۰ (۲)      ۱۵۰ (۳)      ۹۰ (۴)

سوال ۲۲-۲

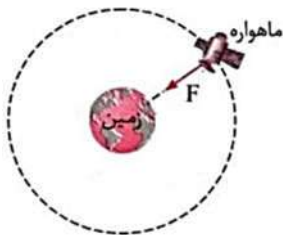
در شکل مقابل جسم در حال پایین آمدن روی سطح شیبدار است. اگر نیروی اصطکاک در مقابل حرکت جسم  $4$  نیوتون باشد، کار نیروی اصطکاک وقتی جسم  $10$  متر روی سطح پایین بیاید چند ژول است؟



- صفر (۱)       $-20$  (۲)       $-20\sqrt{3}$  (۴)

سوال ۲۳-۲

مطابق شکل، ماهواره ای روی یک مسیر دایره ای شکل به دور زمین می چرخد. در حرکت ماهواره همواره نیروی  $F$  از طرف زمین به ماهواره وارد می شود. این نیرو در راستای شعاع و به سمت مرکز است. کار این نیرو .....



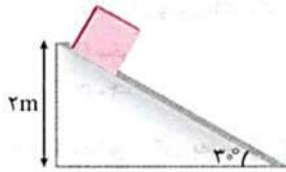
- (۱) مثبت است      (۲) منفی است  
(۳) صفر است      (۴) می تواند مثبت، منفی یا صفر باشد

سوال ۲۴-۲

زاویه بین نیرو و جابه جایی برابر  $30^\circ$  است. اگر با ثابت ماندن نیرو و جابه جایی، زاویه بین نیرو و جابه جایی به  $60^\circ$  برسد، کار انجام شده چند برابر می شود؟

- ۲ (۱)       $\sqrt{3}$  (۲)       $\frac{\sqrt{3}}{3}$  (۳)       $\frac{1}{2}$  (۴)

سوال ۲-۲۵



در شکل مقابل، جسمی به جرم  $M = 3 \text{ kg}$  بدون سرعت اولیه از نقطه A رها می شود. اگر نیروی اصطکاک جنبشی در مسیر، ۲ نیوتون باشد، کار نیروی جاذبه تا رسیدن جسم به سطح افقی چند ژول است؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

۵۴ (۱)  $54\sqrt{3}$  (۲)

۶۰ (۳)  $60\sqrt{3}$  (۴)

سوال ۲-۲۶

جسمی به جرم یک کیلوگرم در شرایط خلأ رها می شود و بعد از ۴ ثانیه به زمین می رسد. اگر در ثانیه سوم ۲۵ متر سقوط کند، کار نیروی وزن در ثانیه سوم سقوط چند ژول است؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

(سراسری ریاضی ۹۲ با انرژی تغییر)

۴۵۰ (۴)

۴۰۰ (۳)

۲۵۰ (۲)

۱۵۰ (۱)

سوال ۲-۲۷

وزنه ۸۰۰ گرمی به نخ سبکی به طول یک متر بسته شده و از نقطه ای آویزان است که به این مجموعه آونگ می گوئیم. نخ را از راستای قائم به اندازه ۶۰ درجه منحرف کرده و رها می کنیم تا در مسیر دایره ای در صفحه قائم حرکت کند. از لحظه رها شدن وزنه تا لحظه ای که نخ به راستای قائم می رسد، کار نیروی جاذبه زمین چند ژول است؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

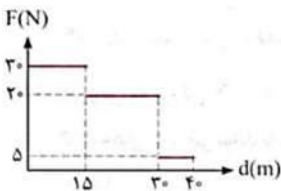
$4\sqrt{3}$  (۴)

$2\pi$  (۳)

$2\pi\sqrt{3}$  (۲)

۴ (۱)

سوال ۲-۲۸



نمودار تغییرات نیرو بر حسب جابه جایی جسمی که از حال سکون شروع به حرکت کرده است، مطابق شکل مقابل است. کار انجام شده بر روی جسم توسط نیرو در ۴۰ متر جابه جایی اول چند ژول است؟

۳۰۰ (۲)

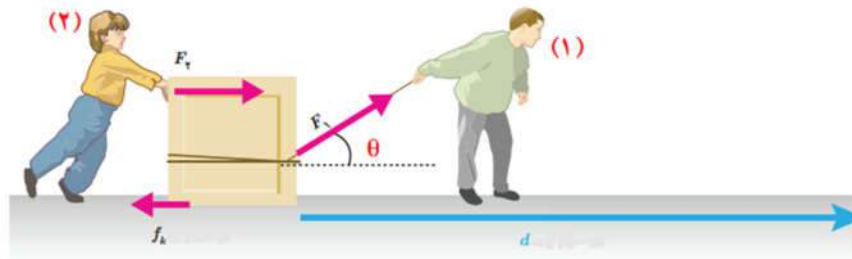
۴۵۰ (۱)

۱۲۰۰ (۴)

۸۰۰ (۳)

۲-۳-۴- کار کل

اگر به جسمی چند نیروی بطور همزمان وارد شود، کار کل برابر است با مجموع کار انجام شده‌ی توسط هر یک از نیروها.



$$W_1 = F_1 d \cos \theta$$

$$W_2 = F_2 d$$

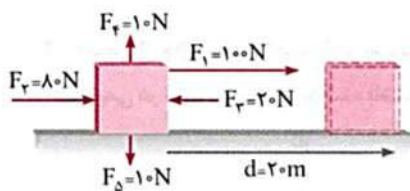
$$W_3 = f_k d \left( \underbrace{\cos \theta}_{\theta=\pi} \right) = -f_k d$$

$$W_t = W_1 + W_2 + W_3 = F_1 d \cos \theta + F_2 d - f_k d = (F_1 \cos \theta + F_2 - f_k) d$$

$$\Rightarrow W_t = (F_1 \cos \theta + F_2 - f_k) d$$

سوال ۲-۲۹

در شکل مقابل کار کل نیروهای وارد بر جسم چند کیلوژول است؟



۳۲۰۰ (۱)

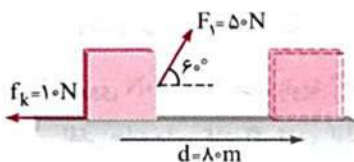
۳۲۰ (۲)

۳۲ (۳)

۳/۲ (۴)

سوال ۲-۳۰

در شکل مقابل کل کاری که روی جسم انجام می‌شود چند ژول است؟



۱۸۰۰ (۱)

۲۰۰۰ (۲)

۱۲۰۰ (۳)

۸۰۰ (۴)

سوال ۲-۳۱

کار نیروی  $\vec{F} = 10\vec{i} + 7/5\vec{j}$  در جابه‌جایی  $\vec{d} = 6\vec{i} + 8\vec{j}$  در سیستم SI چند ژول است؟

۲۴۰ (۴)

۱۲۵ (۳)

۱۲۰ (۲)

۸۵ (۱)

سوال ۲-۳۲

کار نیروی  $\vec{F} = 5\vec{i} + 2\vec{j}$  در جابه‌جایی  $\vec{d} = 3\vec{i} + 4\vec{j}$  در سیستم SI چند ژول است؟

۱۲ (۴)

۱۱ (۳)

۲۳ (۲)

$\sqrt{289}$  (۱)

سوال ۲-۳۳

در دستگاه اندازه‌گیری SI، دو نیروی  $\vec{F}_1 = 6\vec{i} - 4\vec{j}$  و  $\vec{F}_2 = -2\vec{i} + 3\vec{j}$  به‌طور هم‌زمان به جسمی اثر کرده و جسم طی بردار  $\vec{d} = 5\vec{i} - 8\vec{j}$  جابه‌جا می‌شود. کار انجام شده توسط این نیروهای وارد بر جسم طی این جابه‌جایی چند ژول است؟

۳۹ (۴)

۲۸ (۳)

۱۸ (۲)

۱۲ (۱)

۲-۴-قضیه ی کار و انرژی جنبشی

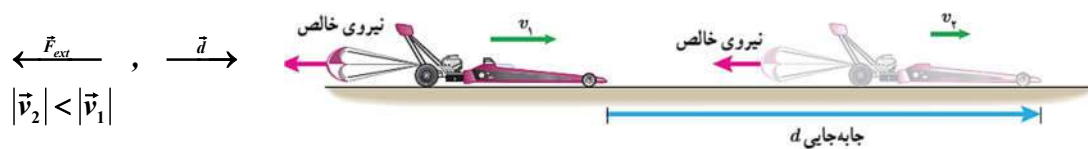
۲-۴-۱-۱- نکته:

اگر نیرو خارجی وارده شده به جسم با جابجایی هم جهت باشد، این نیرو باعث افزایش انرژی جنبشی جسم می شود.

$$\vec{F}_{ext} \rightarrow , \vec{d} \rightarrow$$

$$|\vec{v}_2| > |\vec{v}_1|$$

اگر نیرو خارجی وارده شده به جسم در خلاف جهت جابجایی جسم باشد، این نیرو باعث کاهش انرژی جنبشی جسم می شود.



بین کار کل انجام شده روی یک جسم ( $W_T$ ) و تغییرات انرژی جنبشی ( $\Delta K$ ) رابطه ای وجود دارد که به آن قضیه کار و انرژی جنبشی می گویند.

$$\begin{cases} W_T = F_T d = \frac{ma}{F_T} d \\ V_2^2 - V_1^2 = 2ad \Rightarrow d = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2a} \Rightarrow W_T = (ma) \left( \frac{V_2^2 - V_1^2}{2a} \right) = m \left( \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} \right) = \frac{1}{2} m (V_2^2 - V_1^2) \end{cases}$$

$$W_T = \frac{1}{2} m (V_2^2 - V_1^2)$$

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

$W_T > 0 \Rightarrow \frac{\Delta K}{(K_2 - K_1)} > 0 \Rightarrow K_2 > K_1$	انرژی جنبشی جسم افزایش می یابد.
$W_T < 0 \Rightarrow \frac{\Delta K}{(K_2 - K_1)} < 0 \Rightarrow K_2 < K_1$	انرژی جنبشی جسم کاهش می یابد.
$W_T = 0 \Rightarrow \frac{\Delta K}{(K_2 - K_1)} = 0 \Rightarrow K_2 = K_1$	انرژی جنبشی جسم تغییر نمی کند.



سوال ۲-۳۴

تندی اتومبیلی به جرم یک تن تحت تأثیر نیروی ثابتی در مدت معینی از  $36 \text{ km/h}$  به  $72 \text{ km/h}$  می‌رسد. کار نیروی خالص در این مدت چند مگاژول است؟

- ۰/۱۵ (۱)      ۰/۱۵ (۲)      ۰/۰۵ (۳)      ۰/۰۲۵ (۴)

سوال ۲-۳۵

اتومبیلی به جرم  $800 \text{ kg}$  که با تندی  $20 \text{ m/s}$  در جاده افقی در حرکت است ترمز می‌کند و پس از طی مسافتی متوقف می‌گردد. کار برآیند نیروهای وارد بر اتومبیل در مدت ترمز کردن چند ژول است؟

- $-8 \times 10^3$  (۱)       $-1/6 \times 10^5$  (۲)       $8 \times 10^3$  (۳)       $1/6 \times 10^5$  (۴)

سوال ۲-۳۶

جسمی با تندی  $10 \text{ m/s}$  در جهت مثبت محور  $x$  ها حرکت می‌کند و انرژی جنبشی آن  $200 \text{ J}$  است. پس از مدتی تندی این جسم تغییر کرده و در جهت منفی محور  $x$  به  $20 \text{ m/s}$  می‌رسد. کار برآیند نیروهای وارد بر جسم در این مدت چند ژول است؟

- $-500$  (۱)       $-600$  (۲)       $+600$  (۳)       $+500$  (۴)

سوال ۲-۳۷

برای آن که تندی خودرویی از حال سکون به  $7$  برسد باید کار کل  $W_{t1}$  روی آن انجام شود، هم‌چنین برای آن که تندی خودرو از  $7$  به  $37$  برسد، باید کار کل  $W_{t2}$  روی آن انجام شود. نسبت  $\frac{W_{t2}}{W_{t1}}$  چقدر است؟

- ۲ (۱)      ۳ (۲)      ۶ (۳)      ۸ (۴)

سوال ۲-۳۸

ورزشکاری سعی می‌کند توپی به جرم  $150$  گرم را با بیشترین تندی ممکن پرتاب کند. به همین منظور، ورزشکار نیرویی به بزرگی  $F = 80 \text{ N}$  تا لحظه پرتاب توپ و در جهت جابه‌جایی افقی ( $d = 1/5 \text{ m}$ ) بر توپ وارد می‌کند. تندی توپ هنگام جدا شدن از دست ورزشکار چند متر بر ثانیه است؟ (از مقاومت هوا صرف نظر شود).

۲۰ (۱)

$\sqrt{20}$  (۲)

۴۰ (۳)

$\sqrt{40}$  (۴)



سوال ۳۹-۲

گلوله‌ای به جرم  $2\text{kg}$  با تندی اولیه  $20\text{m/s}$  تحت زاویه  $\alpha$  رو به بالا پرتاب می‌شود. این گلوله با تندی  $10\text{m/s}$  از نقطه اوج می‌گذرد. کار برای ایند نیروهای وارد بر گلوله از لحظه پرتاب تا زمان رسیدن به نقطه اوج چند ژول می‌شود؟

(سراسری ریاضی ۹۲ خارج از کشور)

-۳۰۰ (۴)

۲۵۰ (۳)

۱۵۰ (۲)

-۱۰۰ (۱)

سوال ۴۰-۲

مطابق شکل مقابل جسمی به جرم  $m$  با تندی ثابت به اندازه  $20$  متر در امتداد سطح شیبدار بدون اصطکاک

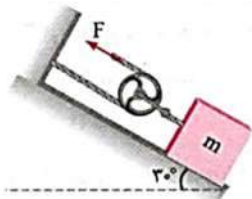
بالا می‌رود، کار نیروی  $F$  چند ژول است؟ ( $\cos 12^\circ = -\frac{1}{2}$ ,  $g = 9.8\text{N/kg}$ ,  $m = 50\text{kg}$ )

۲۴۵۰ (۲)

۹۸۰ (۱)

۹۸۰۰ (۴)

۴۹۰۰ (۳)



سوال ۴۱-۲

جسمی درون یک سطح نیم کره‌ای مطابق شکل از نقطه A رها می‌شود و بعد از چند حرکت رفت و برگشت لغزشی

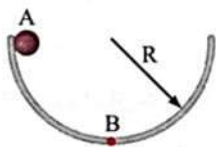
روی سطح، در پایین سطح می‌ایستد. نسبت کار نیروی اصطکاک به کار نیروی جاذبه زمین کدام است؟

-۱ (۲)

-۲ (۱)

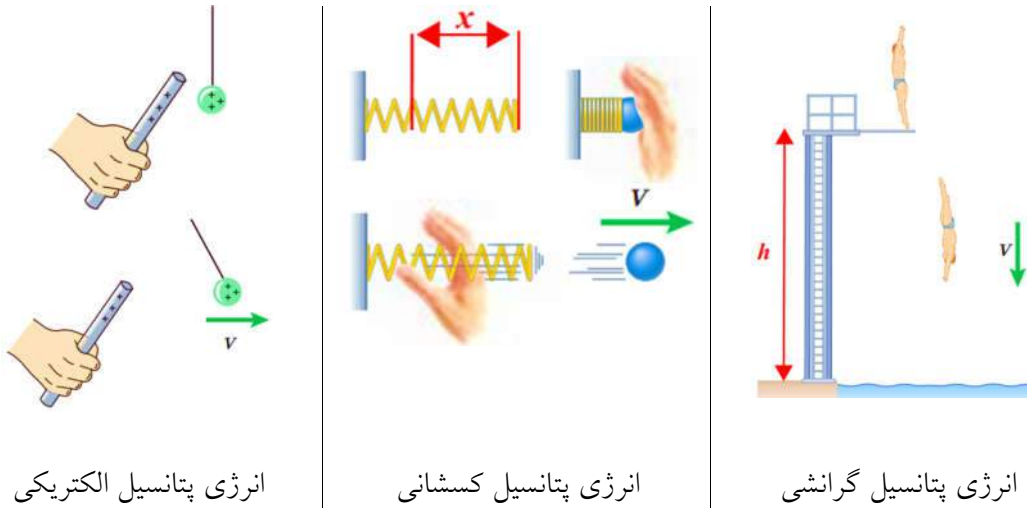
۲ (۴)

۱ (۳)



### ۲-۵- انرژی پتانسیل

انرژی پتانسیل، به انرژی ذخیره شده در یک جسم که قابلیت آزاد شدن داشته باشد، گفته می شود. انرژی پتانسیل همان انرژی پیکربندی (انرژی ای که صرف ساخت یک سیستم فیزیکی می شود) است.



انرژی پتانسیل الکتریکی

انرژی پتانسیل کشسانی

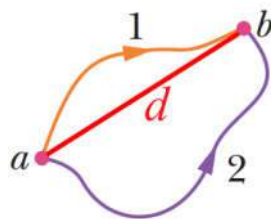
انرژی پتانسیل گرانشی

همواره تغییرات انرژی پتانسیل برابر منفی کاری است که انجام داده می شود تا یک سیستم به وجود آید. انرژی پتانسیل را با  $U$  نشان داده می شود و بر حسب ژول محاسبه می شود.

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

### ۲-۵-۱-۱- نکته:

انرژی پتانسیل یک تابع حالت است، یعنی انرژی پتانسیل به مسیر بستگی ندارد و فقط به نقاط ابتدا و انتها وابسته است.

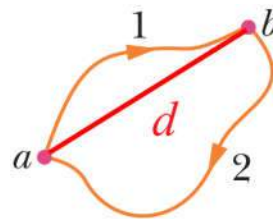


$$(W_{a \rightarrow b})_{path1} = (W_{a \rightarrow b})_{path2}$$

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

$$(\Delta U_{a \rightarrow b})_{path1} = (\Delta U_{a \rightarrow b})_{path2}$$

$\Rightarrow$



$$W_T = 0 :$$

$$(W_{a \rightarrow b})_{path1} + (W_{b \rightarrow a})_{path2} = 0$$

$$\Rightarrow (W_{a \rightarrow b})_{path1} = -(W_{b \rightarrow a})_{path2}$$

$$\Rightarrow (W_{a \rightarrow b})_{path1} = (W_{a \rightarrow b})_{path2}$$

۲-۱-۵-۲ - نکته:

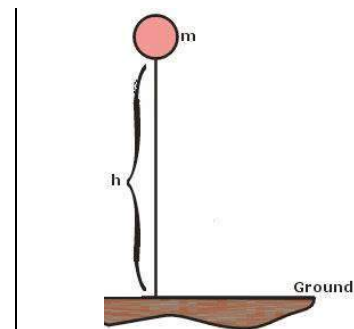
کار کل در یک مسیر بسته برابر صفر می شود چون نقطه‌ی ابتدایی و انتهای مسیر حرکت بر روی یکدیگر منطبق شده‌اند در نتیجه جابجایی برابر صفر است.

۲-۵-۲ - انرژی پتانسیل گرانشی

اگر جسمی به جرم  $m$  از ارتفاع  $h$  سطح زمین رها شود، انرژی پتانسیل گرانشی جسم به صورت زیر بیان می شود.

$$U = mg \times h$$

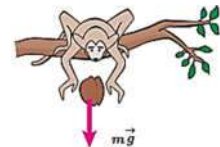
$$U_G = mgh$$



۲-۲-۵-۲ - نکته:

انرژی پتانسیل، انرژی اجسام به واسطه ارتفاعشان از سطح زمین است.

۲-۵-۳ - تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی

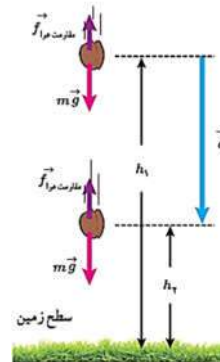


$$\left\{ \begin{array}{l} W_G = F_G d = mgd = mg(h_1 - h_2) = -mg(h_2 - h_1) = -mg\Delta h \\ U_y = mgy \\ \left\{ \begin{array}{l} U_{y=h_1} = mgh_1 \\ U_{y=h_2} = mgh_2 \end{array} \right. \Rightarrow \Delta U = U_2 - U_1 = mg(h_2 - h_1) = mg\Delta h \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \Delta U_G = -W_G$$

$$1: \Delta U_G > 0 \Rightarrow mg\Delta h > 0 \Rightarrow \Delta h > 0 \Rightarrow (h_2 - h_1) > 0 \Rightarrow h_2 > h_1$$

$$2: \Delta U_G < 0 \Rightarrow mg\Delta h < 0 \Rightarrow \Delta < 0 \Rightarrow (h_2 - h_1) < 0 \Rightarrow h_2 < h_1$$



سوال ۲-۴۲

جسم سکنی به جرم  $m$  با نیروی دست  $F$  از ارتفاع  $h_1$  به  $h_2$  انتقال داده می‌شود، اگر از مقاومت هوا چشم‌پوشی شود کار نیروی دست در این جابجایی چقدر است؟

برای افزایش انرژی پتانسیل گرانشی باید نیرویی مانند  $F$  روی سیستم کار انجام دهد تا جسم را از ارتفاع  $h_1$  به  $h_2$  منتقل کند.

$$\downarrow_{mg}, \uparrow^d \Rightarrow W_{mg} = mgd \cos \overset{180^\circ}{\theta} = -mgd = -mg(h_2 - h_1)$$

$$\uparrow^F, \uparrow^d \Rightarrow W_F = mgd \cos \overset{0^\circ}{\theta} = mgd = mg(h_2 - h_1)$$

کار نیرویی که در جهت جابجایی است، مثبت در نظر گرفته می‌شود.

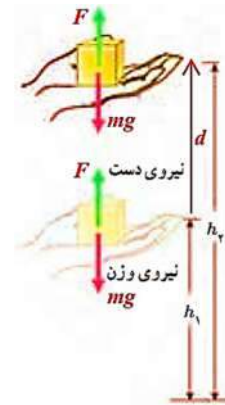
نکته: نیروی دست باعث افزایش انرژی پتانسیل شده است پس

$$U_1 = mgh_1, \quad U_2 = mgh_2$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = mg(h_2 - h_1)$$

$$\begin{cases} \Delta U = W_F \\ \Delta U = -W_{mg} \end{cases}$$

$$\Rightarrow W_T = W_F - W_{mg} = mgd - mgd = 0$$



سوال ۲-۴۳

اتومبیلی به جرم ۱۰۰۰ کیلوگرم توسط جرثقیلی به آرامی و با تندی ثابت از ارتفاع ۲ متری به سطح زمین منتقل می‌شود. تغییر انرژی پتانسیل گرانشی اتومبیل در این عمل چند کیلو ژول است؟ ( $g = ۹/۸N/kg$ )

(۴) -۲۰

(۳) -۱۹/۶

(۲) ۲

(۱) صفر

سوال ۲-۴۴

جسمی به جرم ۴kg از سطح زمین با تندی ۳۰m/s در راستای قائم رو به بالا پرتاب شده است. اگر اندازه تندی جسم در لحظه برگشت به نقطه پرتاب برابر ۲۰m/s باشد، تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم در این مسیر چند ژول است؟ ( $g = ۱۰N/kg$ )

(۴) ۶۰۰

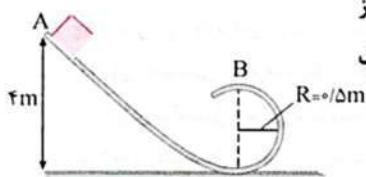
(۳) -۳۰۰

(۲) -۶۰۰

(۱) صفر

سوال ۲-۴۵

سوال ۲-۴۶



در شکل مقابل جسمی به جرم  $0.5\text{kg}$  را از نقطه A رها می‌کنیم تا در یک سطح قائم مسیر دایره‌ای را نیز طی کرده و به نقطه B برسد، تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم در این جابه‌جایی از A تا B چند ژول است؟ ( $g = 10\text{N/kg}$ )

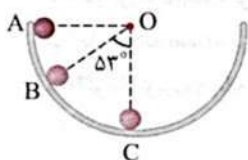
(۲) -۲۵

(۱) -۱۵

(۴) -۴۰

(۳) -۲۵

سوال ۲-۴۷



مطابق شکل جسمی به جرم  $200\text{g}$  درون نیم کره صیقلی به قطر  $6\text{cm}$  از نقطه A به پایین می‌لغزد.

تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم از B تا C چند ژول است؟ ( $g = 10\text{N/kg}$  و  $\sin 37^\circ = 0.6$ )

(۲) -۰/۱۸

(۱) -۰/۲۴

(۴) -۱/۸

(۳) -۱/۲

سوال ۲-۴۸

وزنه‌ای به جرم  $1\text{kg}$  روی سطح شیب‌داری که زاویه شیب آن  $30^\circ$  درجه است به طرف بالای سطح شیب‌دار حرکت می‌کند، نیروی اصطکاک جسم با سطح شیب‌دار  $3\text{N}$  است. تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم وقتی روی سطح شیب‌دار یک متر بالا می‌رود چند ژول است؟ ( $g = 10\text{N/kg}$ )

(۴) -۸

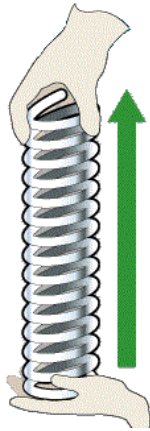
(۳) +۸

(۲) -۵

(۱) +۵

۶-۲- انرژی پتانسیل کشسانی

انرژی ذخیره شده در فنر را انرژی پتانسیل کشسانی می گویند.



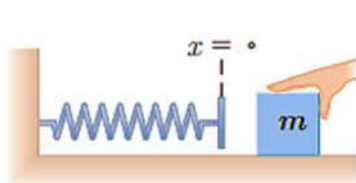
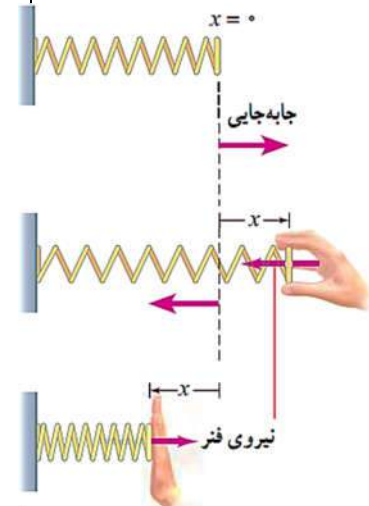
فنر در حال تعادل



$$F = -kx$$

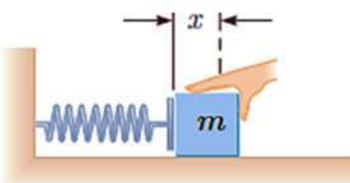
$$U = \frac{1}{2}kx^2$$

$$= W = -\Delta U$$

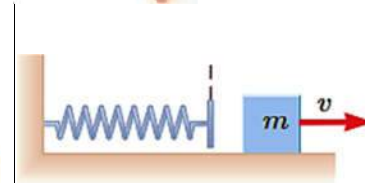


$$U = \frac{1}{2}kx^2$$

$$\xrightarrow{x=0} U = 0$$



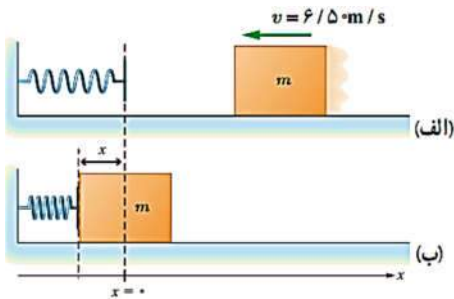
$$U = \frac{1}{2}kx^2$$



$$U = \frac{1}{2}kx^2$$

$$\xrightarrow{x=0} U = 0 \text{ but } K = \frac{1}{2}mv^2$$

سوال ۲-۴۹

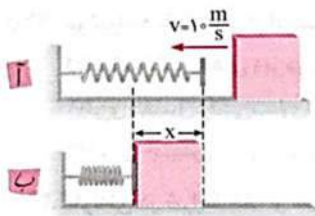


جسمی به جرم  $2/20 \times 10^2 \text{ g}$  مطابق شکل روبه‌رو با تندی  $6/50 \text{ m/s}$  به فتری برخورد کرده و آن را فشرده می‌کند.

(الف) انرژی جنبشی جسم در موقعیت شکل الف چقدر است؟  
(ب) اگر بیشترین انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در سامانه جسم-فتر  $5/60 \text{ J}$  باشد، کار نیروی فتر چقدر است؟

(پ) با استفاده از قضیه کار-انرژی جنبشی، کار نیروی اصطکاک را وقتی جسم از موقعیت شکل (الف) به موقعیت شکل (ب) می‌رود حساب کنید.

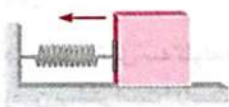
سوال ۲-۵۰



جسمی به جرم  $2 \text{ kg}$  روی سطح افقی دارای اصطکاک با تندی  $10 \text{ m/s}$  مطابق شکل به فتری برخورد کرده و آن را کاملاً فشرده می‌سازد. بیشترین انرژی پتانسیل کشسانی فتر  $80 \text{ J}$  می‌شود. کار نیروی فتر و کار نیروی اصطکاک به ترتیب از راست به چپ چند ژول است؟

- (۱)  $20$  و  $80$   
(۲)  $-80$  و  $-20$   
(۳)  $-80$  و  $20$   
(۴)  $80$  و  $-20$

سوال ۲-۵۱



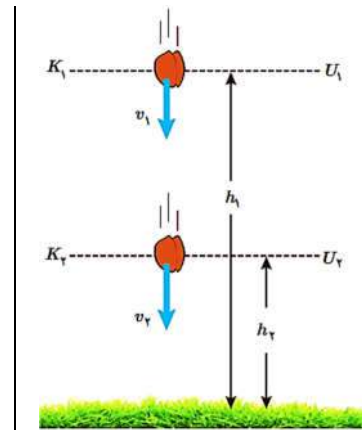
مطابق شکل جسمی به جرم  $4 \text{ kg}$  در مسیری افقی با سرعت  $v_1$  به فتری برخورد کرده و آن را کاملاً فشرده می‌سازد. اگر در این جابه‌جایی مقدار کار نیروی اصطکاک  $100$  ژول باشد و کار نیروی فتر  $-700 \text{ J}$  باشد،  $v_1$  چند متر بر ثانیه است؟

- (۱)  $10\sqrt{3}$   
(۲)  $10$   
(۳)  $20$   
(۴)  $20\sqrt{3}$



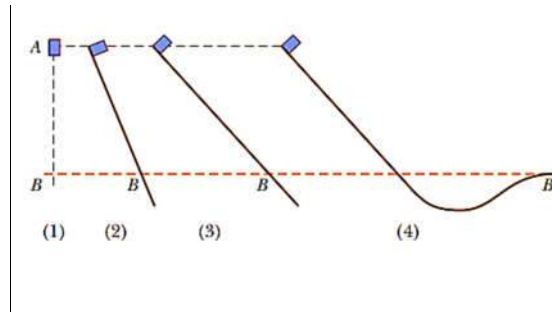
۷-۲- انرژی مکانیکی

$$\begin{aligned} \begin{cases} W = -\Delta U = -(U_2 - U_1) & (1) \\ W_t = \Delta K = (K_2 - K_1) & (2) \end{cases} \\ (1) = (2) \Rightarrow W_t = W \Rightarrow \Delta K = -\Delta U \\ \Rightarrow (K_2 - K_1) = -(U_2 - U_1) \\ \Rightarrow (K_2 + U_2) = (K_1 + U_1) \\ \Rightarrow \underbrace{(K_2 + U_2)}_{E_2} = \underbrace{(K_1 + U_1)}_{E_1} \\ \Rightarrow E_2 = E_1 \end{aligned}$$

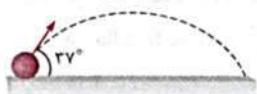


سوال ۵۲-۲

مطابق شکل جسمی از حالت سکون در شرایط مختلف رها می شود، انرژی جنبشی و سرعت جسم در هر یک از موقعیت های زیر بررسی کنید.



سوال ۵۳-۲



وزنه ای به جرم  $500\text{g}$  تحت زاویه  $37^\circ$  نسبت به افق از سطح زمین پرتاب می شود. اگر تندی اولیه پرتاب  $10\text{m/s}$  باشد، انرژی مکانیکی وزنه در بالاترین نقطه از مسیر چند ژول است؟ ( $\cos 37^\circ = 0.8$ ,  $g = 10\text{N/kg}$ )  
(سراسری ریاضی ۸۵ قاجار از کشور) مقاومت هوا ناچیز و مبدأ پتانسیل گرانشی سطح زمین است.

۵۰ (۴)

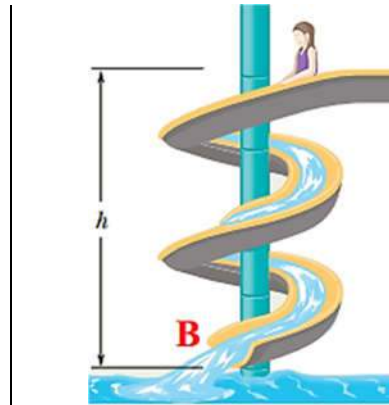
۳۲ (۳)

۲۵ (۲)

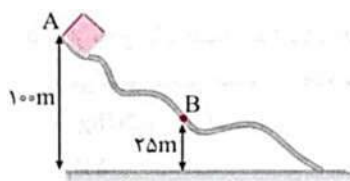
۱۶ (۱)

سوال ۵۴-۲

الف) سرعت سر خوردن شخص را در نقطه B بدست آورید. ب) کار نیروی وزن شخص را محاسبه کنید.



سوال ۵۵-۲



در شکل روبه‌رو جسم m از نقطه A روی سطح بدون اصطکاک رها می‌شود. انرژی مکانیکی جسم در نقطه B چند برابر انرژی مکانیکی آن در نقطه A خواهد بود؟

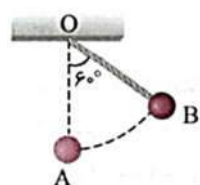
- $\frac{\sqrt{2}}{2}$  (۲)  $\frac{1}{2}$  (۱)  
 $\frac{1}{4}$  (۴)  $1$  (۳)

سوال ۵۶-۲

جسمی از ارتفاع ۲۰ متری سطح زمین با تندی اولیه ۲۰ m/s رو به پایین پرتاب می‌شود. در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل گرانشی جسم، نصف می‌شود، انرژی مکانیکی جسم چند برابر می‌شود؟ (از مقاومت هوا چشم‌پوشی می‌شود).

- $\frac{3}{2}$  (۲)  $\frac{1}{3}$  (۱)  
 $2$  (۴)  $1$  (۳)

سوال ۵۷-۲

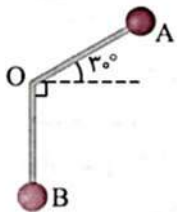


وزنه‌ای به جرم ۵۰۰ گرم از نخ سبکی به طول یک متر آویزان است. وزنه را از نقطه تعادل جابه‌جا می‌کنیم تا جایی که راستای نخ با راستای قائم زاویه ۶۰ درجه بسازد. اگر در این حالت وزنه را رها کنیم، بیشترین انرژی جنبشی آن در طول مسیر چند ژول خواهد بود؟ (مقاومت هوا ناچیز است و  $g = 10 \text{ N/kg}$ )

- $\frac{2}{5}$  (۲)  $1$  (۱)  
 $4$  (۴)  $3$  (۳)

سوال ۵۸-۲

وزنه  $m$  به جرم  $200$  گرم به وسیله میله سبک و بدون اصطکاک می تواند حول نقطه  $O$  بچرخد. طول میله برابر  $50\text{cm}$  می باشد. هرگاه وزنه  $m$  از وضعیت  $A$  رها شود تندی آن هنگام عبور از وضعیت  $B$  چند متر بر ثانیه است؟ ( $g = 10\text{N/kg}$ )



$\sqrt{14}$  (۲)

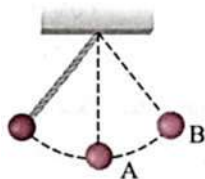
$\sqrt{15}$  (۱)

$\sqrt{18}$  (۴)

$\sqrt{20}$  (۳)

سوال ۵۹-۲

آونگی به طول  $1/6$  متر در حال نوسان است. وقتی گلوله آونگ از پایین ترین نقطه مسیر می گذرد. تندی آن  $4\text{m/s}$  است. زاویه راستای نخ با خط قائم وقتی گلوله به بالاترین نقطه مسیر می رسد چند درجه است؟



(سراسری ریاضی ۸۷ قاجار از کشور)

۳۰ (۲)

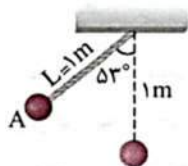
۴۵ (۱)

۹۰ (۴)

۶۰ (۳)

سوال ۶۰-۲

در شکل روبه رو گلوله آونگ از نقطه  $A$  رها می شود و با تندی  $v$  از پایین ترین نقطه مسیر می گذرد. هنگامی که تندی گلوله به  $v = \frac{\sqrt{2}}{2}$  می رسد، زاویه نخ با راستای قائم چند درجه می باشد؟ (از مقاومت هوا صرف نظر شود.



(سراسری ریاضی ۹۳)

( $\cos 53^\circ = 0/6$  و  $g = 10\text{N/kg}$ )

۴۵ (۲)

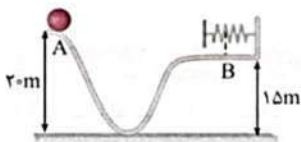
۶۰ (۱)

۳۰ (۴)

۳۷ (۳)

سوال ۶۱-۲

در شکل مقابل گلوله ای به جرم  $2\text{kg}$  از نقطه  $A$  رها شده و در مسیری بدون اصطکاک در نقطه  $B$  فنری را کاملاً فشرده می سازد. حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر چند ژول است؟



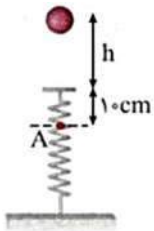
۳۰۰ (۲)

۴۰۰ (۱)

۱۰۰ (۴)

۲۰۰ (۳)

سوال ۲-۶۲



مطابق شکل گلوله‌ای به جرم ۲۰۰ گرم از ارتفاع  $h$  بالای یک فنر که ثابت آن  $440 \text{ N/m}$  است، رها می‌شود و پس از برخورد به فنر و فشرده کردن آن تا نقطه  $A$  پایین می‌آید. اگر گلوله از ارتفاع  $2h$  از بالای فنر رها شود، تسدی‌اش در همان نقطه  $A$  چند متر بر ثانیه خواهد شد؟  
( $g = 10 \text{ m/s}^2$  و از اتلاف انرژی صرف نظر کنید.)  
(سراسری ریاضی ۹۳ قارج از کشور - ویژه علاقمندان)

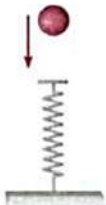
(۲)  $2\sqrt{5}$

(۱)  $2\sqrt{2}$

(۴) ۲۰

(۳) ۲

سوال ۲-۶۳



مطابق شکل مقابل، جسمی به جرم ۲۵۰ گرم از بالای یک فنر که ثابت آن  $2/5 \text{ N/cm}$  است، رها می‌شود و پس از برخورد به فنر، حداکثر آن را  $12 \text{ cm}$  فشرده می‌کند. کار نیروی وزن جسم از لحظه رها شدن تا لحظه‌ای که فنر حداکثر فشرده‌گی را دارد چند ژول است؟ (مقاومت هوا ناچیز و  $g = 10 \text{ m/s}^2$  است.)  
(سراسری ریاضی ۹۵)

(۴)  $3/6$

(۳)  $1/8$

(۲)  $1/2$

(۱)  $0/3$

## ۲-۸- کار انرژی درونی

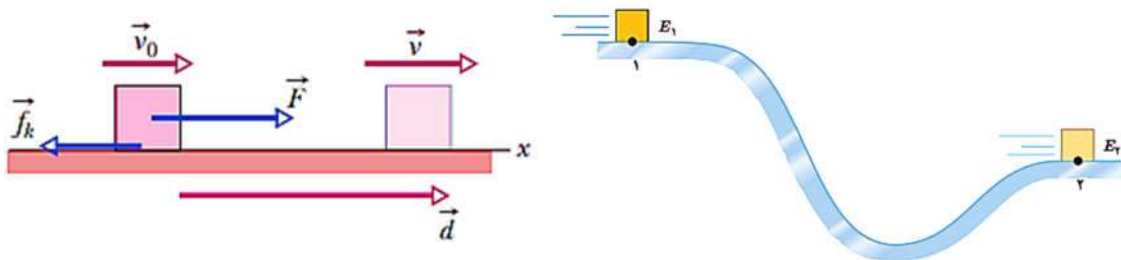
خودرویی را در نظر بگیرید که با تندی  $v$  روی سطح جاده‌ای افقی در حرکت است. ناگهان راننده مانعی را می‌بیند و ترمز می‌کند طوری که چرخهای خودرو قفل می‌شوند و روی آسفالت جاده کشیده و ساییده می‌شوند. در این فرآیند **نیروی اصطکاک که برخلاف جهت جابجایی خودرو به آن وارد می‌شود، روی خودرو کار منفی انجام می‌دهد.**

### ۲-۸-۱- انرژی درونی

**انرژی درونی یک جسم، مجموع انرژی‌های ذره‌های تشکیل‌دهنده آن است.**

انرژی درونی یک جسم، هم به **تعداد ذرات جسم و انرژی هر ذره** بستگی دارد. در اثر **کار نیروی اصطکاک**، انرژی جنبشی خودرو به انرژی درونی لاستیک‌های آن و سطح جاده تبدیل شده است و اصطلاحاً می‌گویند انرژی جسم تلف شده است.

مطابق شکل زیر اگر در طول مسیر نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا، به جسم وارد شوند و روی جسم کار منفی انجام دهند، بخشی از انرژی مکانیکی جسم را به انرژی درونی جسم، سطح مسیر و هوا تبدیل می‌کنند.



با حضور **نیروهای اتلافی**، **انرژی مکانیکی جسم یا سامانه پایسته نمی‌ماند و**

$$E_2 - E_1 = W_f$$

تغییر می‌کند.

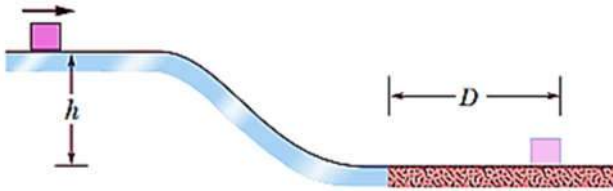
**تغییرات انرژی مکانیکی با کار نیروهای اتلافی برابر است.**

### ۲-۸-۲- قانون پایستگی انرژی

در یک سامانه منزوی، **مجموع کل انرژی‌ها پایسته می‌ماند. انرژی را نمی‌توان خلق یا نابود کرد و تنها می‌توان آن را از یک شکل به شکل دیگر تبدیل کرد.**

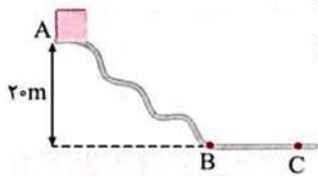
سوال ۶۴-۲

جسمی به جرم  $5\text{ kg}$  مطابق شکل از ارتفاع  $h$  با سرعت اولیه  $20 \frac{m}{s}$  روی یک سطح صیقلی به طرف پایین حرکت می کند. اگر در فاصله  $D$  ضریب اصطکاک سطح برابر  $0.2$  باشد، فاصله  $D$  چقدر است؟



سوال ۶۵-۲

جسمی به جرم  $400\text{ g}$  از نقطه A که ارتفاع آن از سطح زمین  $20$  متر است، بدون تندی اولیه روی سطح شیبدار و ناصاف شکل مقابل شروع به حرکت می کند و روی سطح پایین می آید و با تندی  $5\text{ m/s}$  از نقطه C واقع بر سطح زمین می گذرد. کار نیروی اتلافی، در هنگام لغزش آن از A تا C چند ژول است؟ ( $g = 10\text{ N/kg}$ )



- (۱)  $-50$  (۲)  $-90$  (۳)  $-75$  (۴)  $-120$

سوال ۶۶-۲

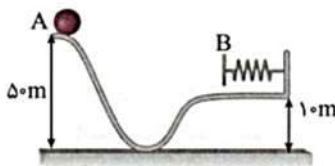
جسمی به جرم  $2\text{ kg}$  را از پایین سطح شیبداری که با افق زاویه  $30^\circ$  می سازد، با تندی اولیه  $5\text{ m/s}$  مماس با سطح به طرف بالا پرتاب می کنیم، جسم روی سطح شیبدار به اندازه  $2\text{ m}$  بالا می رود و سپس به نقطه پرتاب برمی گردد، کار نیروی اصطکاک در مسیر رفت و برگشت چند ژول است؟ ( $g = 10\text{ N/kg}$ )

(سراسری ریاضی ۸۶ قارج از کشور)

- (۱) صفر (۲)  $-5$  (۳)  $-10$  (۴)  $-20$

سوال ۶۷-۲

جسمی به جرم  $4\text{ kg}$  مطابق شکل، از نقطه A بدون تندی اولیه رها می شود و در نقطه B فنری را به طور کامل فشرده می سازد. اگر در مسیر AB،  $20\%$  درصد انرژی اولیه جسم تلف شود حداکثر انرژی ذخیره شده در فنر چند ژول است؟ (مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را زمین در نظر بگیرید و  $g = 10\text{ N/kg}$ )



- (۱)  $210$  (۲)  $12$  (۳)  $1200$  (۴)  $21000$

سوال ۶۸-۲

جسمی از ارتفاع ۲۰ متری سطح زمین رها می شود. اگر ۱۰ درصد انرژی جسم هنگام پایین آمدن به علت مقاومت هوا تلف شود، سرعت جسم هنگام برخورد با زمین چند متر بر ثانیه است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$  و مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را زمین در نظر بگیرید.)

- ۱)  $\sqrt{150}$       ۲) ۲۰      ۳)  $\sqrt{360}$       ۴) ۱۵

سوال ۶۹-۲

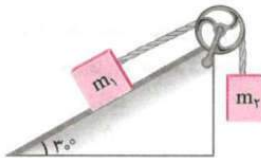
در شکل مقابل جرم نخها و قرقره‌ها ناچیز است، با صرف نظر کردن از کلیه اصطکاک‌ها، اگر دستگاه از حال سکون شروع به حرکت کند، پس از اینکه  $m_1$  به اندازه ۰/۵ متر پایین بیاید، انرژی جنبشی مجموعه چند ژول می شود؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )



- ۱) ۲۵      ۲) ۵۰      ۳) ۷۵      ۴) باید جرم  $m_2$  مشخص باشد.

سوال ۷۰-۲

در شکل مقابل هر یک از وزنه‌ها یک کیلوگرم و سطح شیبدار بدون اصطکاک است. دستگاه از حال سکون شروع به حرکت کرده و  $m_2$  پایین می آید. پس از اینکه هر یک از وزنه‌ها ۱/۶ متر جابه‌جا شدند، انرژی جنبشی مجموعه چند ژول خواهد شد؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ ,  $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ )



- ۱) ۴      ۲) ۸      ۳) ۱۶      ۴) ۳۲

۲-۹- توان

مدت زمانی که طول می کشد تا کار معینی انجام شود را آهنگ انجام کار گویند. آهنگ انجام کار با کمیتی به نام **توان** توصیف می شود.

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t}$$

۲-۹-۱- واحد توان

$$[P] = \frac{[J]}{[s]} = [W]$$

$$[W] = \frac{[J]}{[s]} = \frac{[N] \cdot [m]}{[s]} = [N] \cdot \left[\frac{m}{s}\right]$$

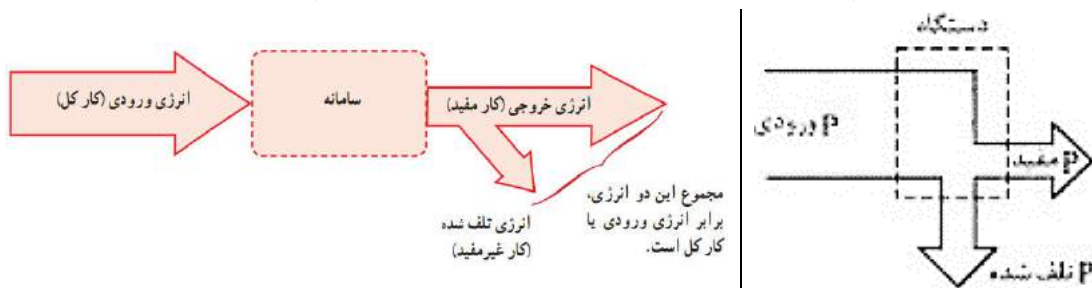
۲-۹-۱-۱- نکته

اگر یک متحرک با سرعت  $v$  در یک مسیر مستقیم حرکت کند، توان نیروی ثابت  $F$  که بر این متحرک وارد می شود برابر است با

$$\begin{cases} W = Fd \cos \theta \\ d = vt \end{cases} \Rightarrow P = \frac{Fd \cos \theta}{t} = Fv \cos \theta$$

۲-۱۰- بازده

بازده نسبت کار مفید انجام شده (توان مفید) به کل کار (توان کل) یک سیستم است.



$$\eta = \frac{W}{W} \times 100 \quad \text{یا} \quad \eta = \frac{P}{P} \times 100$$

$$W = W_{\text{مفید}} + W_{\text{تلف}} \Rightarrow W = W_{\text{مفید}} - W_{\text{تلف}}$$

$$P = P_{\text{مفید}} + P_{\text{تلف}} \Rightarrow P = P_{\text{مفید}} - P_{\text{تلف}}$$

$$\eta = \frac{W_{\text{مفید}} - W_{\text{تلف}}}{W_{\text{کل}}} \times 100 = \left(1 - \frac{W_{\text{تلف}}}{W_{\text{کل}}}\right) \times 100 = \frac{W_{\text{مفید}}}{W_{\text{مفید}} + W_{\text{تلف}}} \times 100$$

$$\eta = \frac{P_{\text{مفید}} - P_{\text{تلف}}}{P_{\text{کل}}} \times 100 = \left(1 - \frac{P_{\text{تلف}}}{P_{\text{کل}}}\right) \times 100 = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{مفید}} + P_{\text{تلف}}} \times 100$$



سوال ۷۱-۲

اتومبیلی به جرم ۱۰۰۰ کیلوگرم در یک جاده افقی روی خط راست از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از ۱۰s تندی آن به ۷۲km/h می‌رسد. توان متوسط اتومبیل چند kW است؟ (اصطکاک ناچیز می‌باشد).

۹(۱) ۲۰ (۲) ۳۰ (۳) ۳۶ (۴)

سوال ۷۲-۲

توان یک موتور الکتریکی ۵۰۰ W و بازده آن ۴۰ درصد است. در مدت ۴۵ ثانیه چند کیلوگرم آب را با تندی ثابت، توسط این موتور می‌توان تا ارتفاع ۱۰m بالا برد؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

۹۰ (۱) ۳۵ (۲) ۱۷۵ (۳) ۲۰ (۴)

سوال ۷۳-۲

در یک ماشین با کارایی ۸۰ درصد نسبت توان تلف شده به توان مفید چقدر است؟

۱ (۱)  $\frac{4}{5}$  (۲)  $\frac{5}{4}$  (۳) ۴ (۴)

سوال ۷۴-۲

مصرف بنزین خودرویی که با تندی ۹۰km/h حرکت می‌کند در هر ۶،۱۰۰km ۶ لیتر و انرژی شیمیایی در هر لیتر بنزین  $J \cdot 10^7 \times \frac{3}{5}$  می‌باشد. ۸۰ درصد انرژی ناشی از سوختن بنزین به علت اصطکاک و دستگاه تهویه مصرف می‌شود. توان مفید این خودرو تقریباً چند اسب بخار است؟

۱۰۵۰۰ (۱) ۷۰ (۲) ۱۰/۵ (۳) ۱۴ (۴)

فصل سوم

ویژگی‌های فیزیک

مواد

### ۳- فصل سوم ویژگی های فزیکلی مواد

#### ۳-۱- بررسی ماده

##### ۳-۱-۱- ماده

به هر چیزی که فضا را اشغال کند (حجم داشته باشد) ماده می گوئیم.

##### ۳-۱-۲- اجزای سازنده ماده

ماده از ذره های ریزی به نام اتم یا مولکول ساخته شده است. ابعاد ذرات سازنده ی ماده معمولا از مرتبه ی آنگستروم است ( $10^{-10} = 1\text{Å}$ ).

##### ۳-۱-۳- بسپارها (پلیمرها)

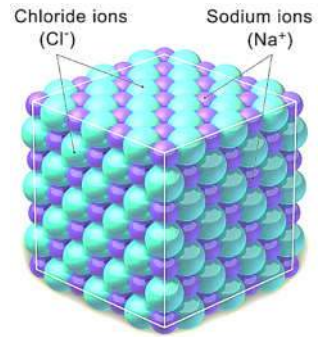
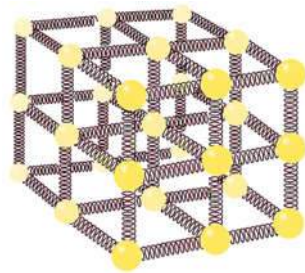
درشت مولکول هایی که ابعاد مولکول های آنها تا  $1000\text{Å}$  است. اجزای سازنده ی مواد همواره در حال حرکت هستند و به هم نیرو وارد می کنند و حالت ماده به چگونگی حرکت این ذره ها و اندازه نیروی بین آنها بستگی دارد.

#### ۳-۲- حالت های ماده

مواد به چهار حالت دسته بندی می شوند: جامد، مایع، گاز، پلاسما

##### ۳-۲-۱- جامدات

جسم جامد، حجم و شکل معینی دارد. اتم های جسم جامد در مکان های معینی نسبت به یکدیگر قرار دارند و در اطراف این مکان ها، نوسان های بسیار کوچکی دارند. نیروهایی که اتم های جسم جامد را در یک مکان نگه می دارد عمدتاً نیروی های الکتریکی هستند. برای مدل سازی جامدات می توان از مدل فنر استفاده کرد و فرض کرد که اتم ها با فنرهایی به هم متصل هستند.

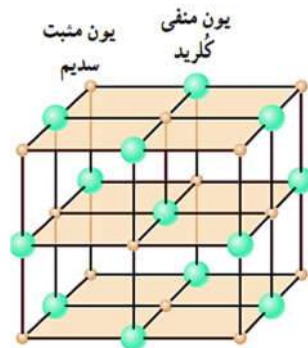


اگر این اتمها نسبت به وضعیت تعادل، به هم نزدیکتر یا از هم دورتر شوند، نیروی کشسانی بین فنرها آنها را به وضع تعادل برمیگرداند و جسم جامد، شکل و اندازه اولیه اش را حفظ می کند. با گرم کردن جسم جامد، اندازه نیروهای بین اتمها کم، دامنه ی نوسانهای اتمها بیشتر و جسم جامد منبسط می شود.

### ۳-۲-۱-۱- انواع مواد جامد

#### الف) جامد بلورین

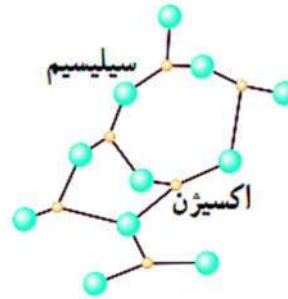
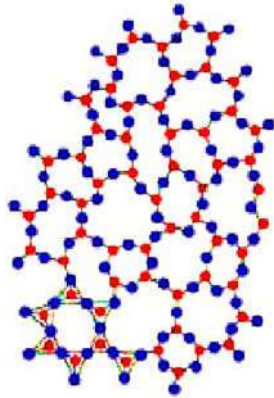
جسم جامدی که دارای یک الگوی سه بعدی منظم و ساخته شده از تکرار این شکل های منظم باشد را جامد بلورین می گویند. مانند: فلزها، نمکها، یخ و بیشتر مواد معدنی.



جامدهای بلورین زمانی به وجود می آیند که مایع را به آهستگی سرد کنیم تا در این فرآیند، ذرات فرصت کافی برای این که خود را در طرح های منظم، مرتب کنند داشته باشند.

### پ) جامدات آمورف

جامدی که دارای یک الگوی منظم و تکرار شونده نباشد مانند شیشه. این جامدات هنگامی تشکیل می شوند که مایع به سرعت سرد شود و مولکولها فرصت کافی جهت منظم شدن را نداشته باشند. بنابراین در طرح نامنظمی که در حالت مایع داشتند باقی می ماند.

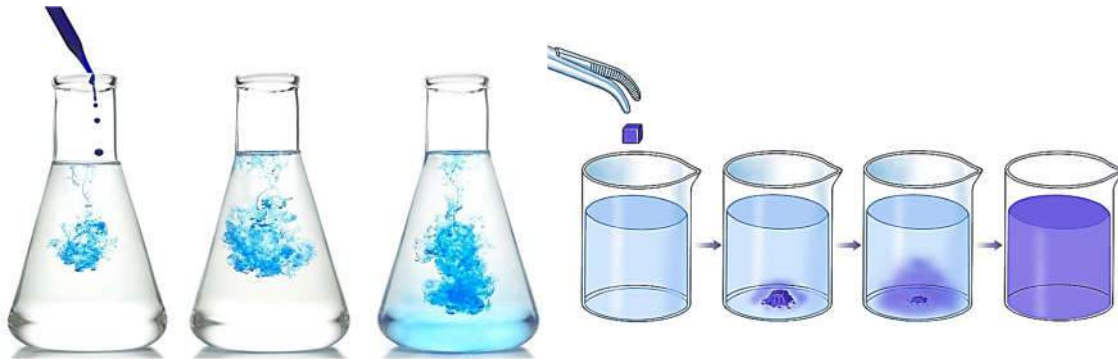


۳-۲-۲- مایع

نیروی بین مولکولی در مایعات کمتر از جامدات است به همین دلیل مولکول‌های مواد مایع، نظم و تقارن جامدهای بلورین را ندارند و به صورت نامنظم و نزدیک به هم قرار گرفته‌اند. مایعات می‌توانند جاری شود و به شکل ظرفی که در آن است، درآیند. فاصله ذرات سازنده‌ی مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود آنگستریم است. به دلیل نیروهای بین مولکولی مایع، نمی‌توان مولکول‌های مایع را به هم نزدیک کرد، بنابراین مایع تراکم پذیر نیست.

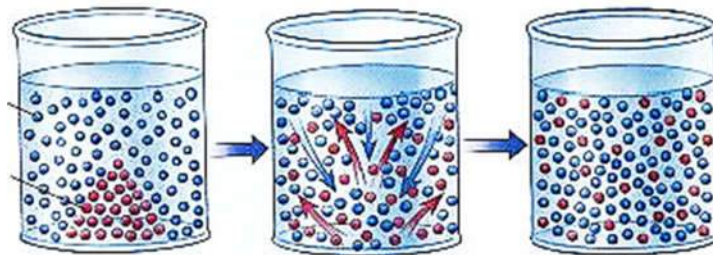
۳-۲-۲-۱- پدیده پخش

اگر مقداری نمک و آب را در ظرفی بریزیم، پس از مدتی آب شور می‌شود. اگر چند قطره جوهر در آب بریزیم، پس از مدتی رنگ آب تغییر می‌کند این دو مثال نشان می‌دهد که مولکول‌های نمک و جوهر در آب پخش می‌شوند.



۳-۲-۲-۲- دلیل پدیده‌ی پخش

پدیده پخش به علت حرکت نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های آب و برخورد آنها با ذرات سازنده‌ی ماده‌ی دیگر به وجود می‌آید.



سوال ۱-۳

مساحت تقریبی دریاچه خزر  $400 \times 10^3 \text{ km}^2$  است. تقریباً چند لیتر نفت خام وارد دریاچه شود تا کل سطح دریاچه پوشانده شود؟ (اندازه مولکول نفت حدود  $10 \text{ \AA}$  است).

$4 \times 10^7$  (۴)

$4 \times 10^5$  (۳)

$4 \times 10^2$  (۲)

۴۰ (۱)

۳-۲-۳- گاز

گاز ماده‌ای است که **شکل مشخصی** ندارد.

مولکول‌های گاز آزادانه و با تندی زیاد به اطراف حرکت می‌کنند و دائماً با یکدیگر و دیواره ظرفی که در آن قرار دارند، برخورد می‌کنند.

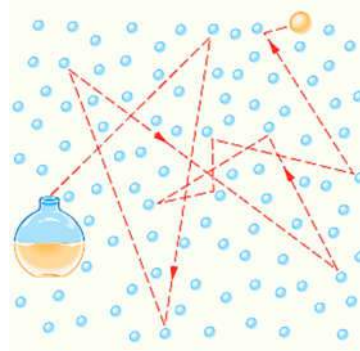
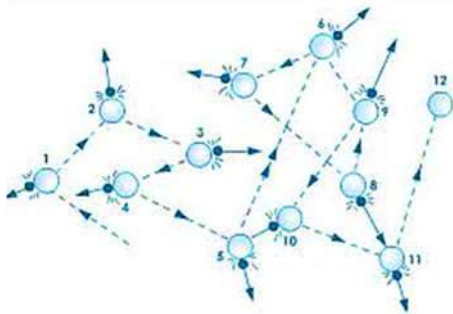
**فاصله‌ی بین مولکول‌های گاز در مقایسه با اندازه‌ی آنها خیلی بیشتر است.**

اندازه‌ی مولکول‌های هوا بین **۱ تا ۳ آنگستروم** است، ولی فاصله‌ی میانگین بین آنها در شرایط معمولی در حدود **۳۵ آنگستروم** است.

به دلیل فاصله بسیار زیاد بین مولکول‌های گازها، گازها به راحتی می‌توان گازها را متراکم کرد.

۳-۲-۳-۱- حرکت براوانی

حرکت نامنظم و کاتوره‌ای (درهم و برهم) **ذرات تشکیل دهنده‌ی گازها** را حرکت براوانی می‌نامند.



۳-۲-۳-۲- دلیل حرکت براوانی

برخورد ذرات گاز با هم دیگر و یا برخورد ذرات گاز با ذرات گازی از نوع دیگر (مثلاً برخورد ذرات دود با ذرات هوا) باعث **تغییر جهت** و **نامنظم شدن حرکت مولکول‌های گازها** می‌شود.

سوال ۲-۳

ظرفی شیشه‌ای محتوی ذرات دود در نظر بگیرید که نوری به آن تابیده و با میکروسکوپ درون ظرف را مشاهده می‌کنید. با توجه به این آزمایش کدام گزینه نادرست است؟

- ۱) این آزمایش برای تحقیق و مشاهده حرکت براونی است.
- ۲) در این آزمایش به حرکت نامنظم و کاتوره‌ای ذرات دود، حرکت براونی گفته می‌شود.
- ۳) با توجه به این آزمایش، حرکت زیگزاگی و نامنظم ذره‌های دود گواهی بر این است که مولکول‌های هوا به صورت کاتوره‌ای و نامنظم حرکت می‌کنند.
- ۴) ذرات دود برخوردی بسیار زیادی با یکدیگر دارند و مولکول‌های هوا مسیر حرکت آن‌ها را تغییر نمی‌دهند.

سوال ۳-۳

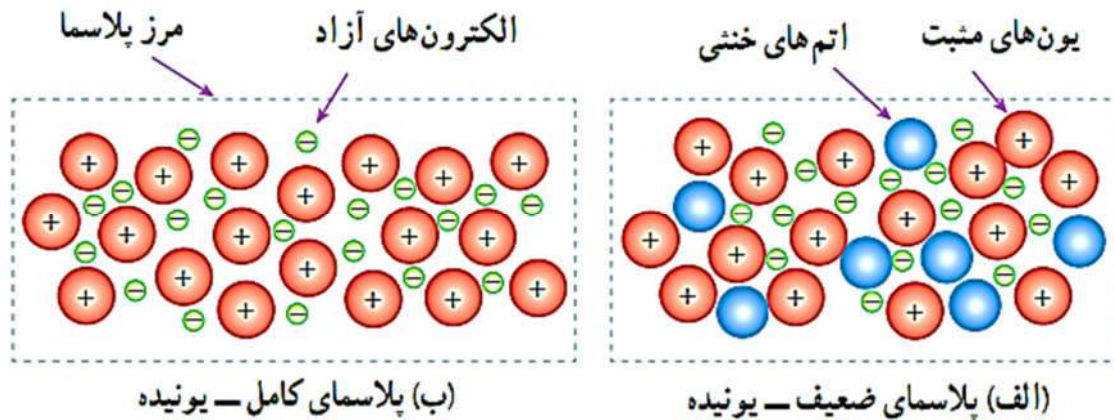
کدام یک از جمله‌های زیر نادرست است؟

- ۱) پدیده پخش هم در مایع‌ها و هم در گازها رخ می‌دهد.
- ۲) فاصله ذرات سازنده مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود یک انگستروم است.
- ۳) دلیل پخش مولکول‌های شکر و جوهر در آب به حرکت مولکول‌های آب مربوط می‌شود.
- ۴) پدیده پخش در جامدها رخ داده و تندی پخش در جامدات بیشتر از مایع‌ها است.



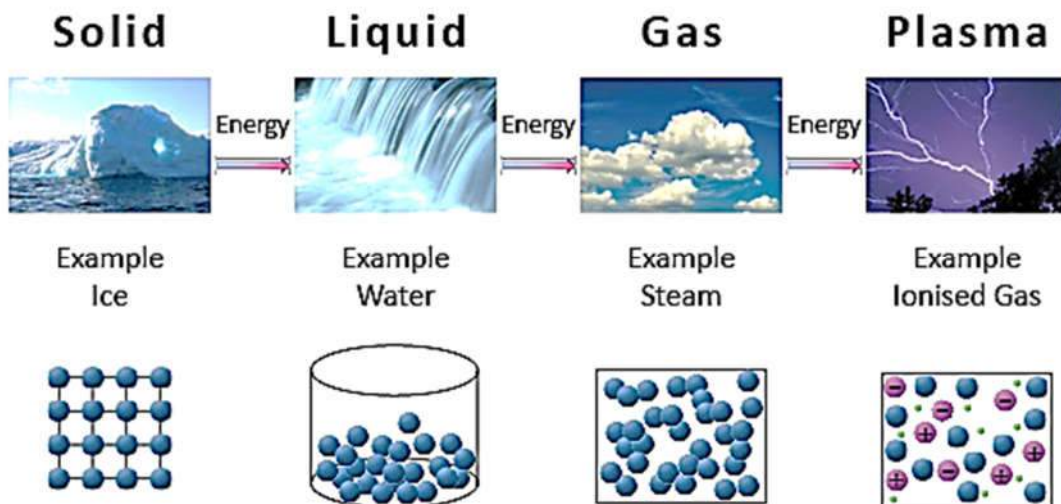
۳-۲-۴- پلاسما

وقتی گازی تا دماهای خیلی زیاد (چندین هزار درجه سلسیوس به بالا) گرم شود، یک یا چند الکترون از هر اتم آزاد می شود. ماده ی حاصل، مجموعه ای از الکترون های آزاد، یون ها و اتم های خنثی خواهد بود. این حالت یونیده و شبه خنثای ماده، که حاوی مقادیر مساوی از بارهای مثبت و منفی است، پلاسما نامیده می شود.



ماده داخل لوله تابان لامپ مهتابی، پلاسماست.

خورشید، ستارگان و بیشتر فضای بین ستاره های، برخی از لایه های بالایی جو زمین، آذرخش، شفق های قطبی و شعله های آتش از جنس پلاسما هستند.



پلاسما، بر خلاف گاز، رسانای بسیار خوب الکتریسیته و گرماست. بین ذرات پلاسما نیروی الکتریکی وجود دارد.

پلاسما در نمایشگرهای صفحه تخت، ابزارهای جوش، برش و سوراخکاری، چشمه های نور و مبدل های انرژی، سوزنهای پلاسمایی کاربرد دارد.

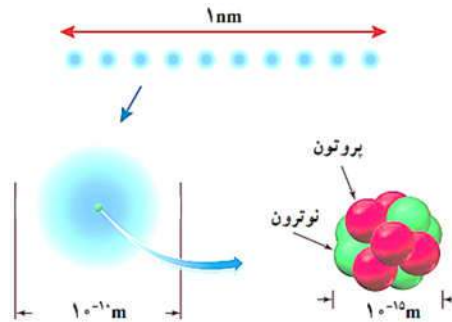
### ۳-۳- علم نانو

شاخه ای از علوم است که تغییر در ویژگی های فیزیکی مواد را در مقیاس نانو بررسی می کند. برای مثال نقطه ی ذوب طلا در همه کتاب های مرجع  $1064^{\circ}C$  نوشته شده است، اما اگر قطعه ای طلا با ابعاد حدود نانومتر داشته باشیم، نقطه ذوب آن  $427^{\circ}C$  خواهد بود.

### ۳-۳-۱- ویژگی های فیزیکی مواد در مقیاس نانو

پیشوند نانو از واژه ای یونانی به معنی کوتوله گرفته شده و به معنای **یک میلیاردم** است. پس یک نانومتر ( $1nm$ ) برابر یک میلیاردم متر یا  $10^{-9}$  متر است.

**ویژگی های فیزیکی از قبیل نقطه ذوب، رسانندگی الکتریکی و گرمایی، شفافیت، استحکام و رنگ در مقیاس نانو تغییر می کند.**



طول  $10$  کربن که کنار هم قرار گرفته اند، حدود یک نانومتر است.

سوال ۳-۴

در مکعبی به ضلع  $1\text{ cm}$ ، حداکثر چند اتم کربن می توان جای داد؟

**پاسخ:** طبق توضیحات بالا هر اتم کربن، قطری برابر  $\frac{1}{10}$  نانومتر دارد. ابتدا تعداد اتمی که می توان در هر ضلع مکعب قرار داد را محاسبه کرده و سپس به توان  $3$

(حجم مکعب) می رسانیم:

$$x = \frac{1\text{cm}}{0.1\text{nm}} = \frac{1 \times 10^{-2}}{0.1 \times 10^{-9}} = 10^8 \Rightarrow x^3 = 10^{24}$$

### ۳-۳-۲- نانو ذره

به ماده ای که همه ی ابعاد آن در مقیاس نانو باشد، نانو ذره می گویند.

### ۳-۳-۳- نانو لایه

**مادهای که صرفاً یک بعد آن در مقیاس نانو محدود شده باشد.** آزمایش ها نشان می دهد که ویژگی های فیزیکی

نانو لایه ها نیز همچون نانو ذره ها، به طور قابل توجهی تغییر می کند.

۳-۳-۱- نکته

آلومینیوم یک رسانای خوب و اکسیدپذیر است و در مجاورت هوا به آلومینیوم اکسید تبدیل می شود که رسانای الکتریکی نیست. وقتی آلومینیوم اکسید به صورت لایه ی نازک (در حد نانو) روی یک قوطی آلومینیومی نوشابه ایجاد می شود، دارای خاصیت رسانش الکتریکی می شود که خود دلیلی بر تغییر ویژگی های فیزیکی در حالت نانو است.

۳-۴- نیروهای بین مولکولی

۳-۴-۱- نیروی هم چسبی

نیروهای **جاذبه ای** که بین **مولکول های یک ماده** (جامد یا مایع) است را نیروی هم چسبی گویند.

۳-۴-۲- دلیل تراکم ناپذیری مایع ها

در شرایط عادی مولکول های مایع به هم نیروی جاذبه وارد می کنند، ولی اگر بخواهیم فاصله ی بین مولکول های مایع را از هم کم کنیم، نیروی دافعه ی بزرگی بین آنها ایجاد می شود که باعث تراکم ناپذیری می شود. همین طور وقتی مولکول های مایع را کمی از هم دور کنیم، **نیروی جاذبه ای بین آنها ظاهر می شود.**

**این جاذبه در قطره ی آب آویزان از شاخه درخت دیده می شود.**

**نیروهای بین مولکولی کوتاه برد** هستند یعنی وقتی فاصله بین مولکول ها چند برابر فاصله بین مولکولی شود، **نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و هملا صفر** خواهند شد.

کوتاه برد بودن نیروهای بین مولکولی سبب می گردد که وقتی یک جسم شکننده مانند شیشه بشکند و مولکول های آن از هم دور شوند، نتوان با نزدیک کردن تکه های شکسته، آنها را به هم چسباند و باید شیشه را گرم کرد تا در محل تماس دو قطعه، مولکول ها جاری شده و به هم نزدیک شوند و نیروهای بین مولکولی باعث شوند تا دو قطعه مجدداً بهم بچسبند.

سوال ۳-۵

چند مورد از موارد زیر درست است؟

- (آ) در شرایط عادی مولکول های مایع به یکدیگر نیروی جاذبه وارد می کنند، این نیروی جاذبه بین مولکولی را نیروی دگر چسبی می نامند.  
(ب) علت تراکم ناپذیری مایعات این است که وقتی فاصله بین مولکول های مایع را کم می کنیم نیروی دافعه بسیار بزرگی بین آنها ظاهر می شود.  
(پ) نیروهای بین مولکولی کوتاه برد هستند.  
(ت) قطره های شبی که روی شاخ و برگ درختان در نور خورشید صبحگاهی می درخشند، نشانه ای از نیروی جاذبه بین مولکول های آب است.

۴ (۴)

۳ (۳)

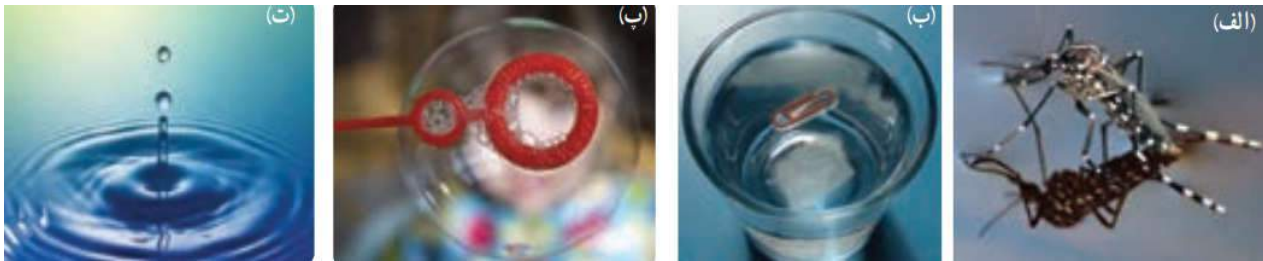
۲ (۲)

۱ (۱)

### ۳-۵- کشش سطحی

**نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های سطحی مایع را کشش سطحی می‌گویند.**

پدیده‌های مانند نشستن یا راه رفتن برخی حشره‌ها روی سطح آب، شناور ماندن گیره‌ی فلزی کاغذی روی سطح آب و تشکیل حباب‌های آب و صابون به علت **کشش سطحی** است.



علت کروی شدن قطره‌های آب در سقوط آزاد، نیروی کشش سطحی و تمایل به کمینه شدن مساحت قطره است.

**مثال**  
 یک تیغ فلزی یا سوزن را روی آب شناور کنید. یک قطره مایع ظرفشویی را به آرامی کنار سوزن بریزید. چه اتفاقی می‌افتد؟ (فعالیت کتاب درسی)  
**پاسخ:** مایع ظرفشویی باعث کاهش کشش سطحی می‌شود و سوزن یا تیغ در آب فرو رفته و به دلیل چگالی زیاد ته‌نشین می‌شوند.

**عوامل مؤثر در کشش سطحی:** چند عامل در میزان کشش سطحی مؤثر می‌باشند که عبارتند از:

- (۱) ناخالصی: موادی مانند صابون و مایع ظرفشویی باعث کاهش کشش سطحی می‌شوند.
- (۲) دمای مایع: افزایش دما، کشش سطحی را کاهش می‌دهد.
- (۳) جنس مایع: در شرایط یکسان مایعی مانند روغن در مقایسه با آب کشش سطحی بیش‌تری دارد.

#### ۳-۵-۱-۱- نکته

(۱) دو انتهای نخی را به یکدیگر گره بزنید و مطابق شکل روی آب قرار دهید. اگر یک قطره مایع ظرفشویی در وسط حلقه نامنظم بریزید، نخ به‌صورت دایره‌ای منظم قرار می‌گیرد. زیرا کشش سطحی مایع بین نخ‌ها کاهش می‌یابد و کشش سطحی آب خارج فضای نخ، باعث کشیده شدن نخ به سمت بیرون می‌شود.

#### ۳-۵-۱-۲- نکته

(۲) تکه مقوایی ترجیحاً روغنی را مطابق شکل مانند قایق برش دهید و روی ظرفی حاوی آب شناور کنید. اگر یک قطره مایع ظرفشویی در قسمت انتهایی و برش خورده بریزید قایق به سمت جلو حرکت می‌کند، زیرا کشش سطحی در پشت قایق کاهش یافته و کشش سطحی بیش‌تر، در جلوی قایق باعث جذب قایق رو به جلو می‌شود.

### ۳-۵-۲- ترشوندگی (دگرچسبی)

هنگامی که دو ماده‌ی مختلف در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند، نیروی جاذبه‌ای بین مولکول‌های دو ماده ظاهر می‌شوند که به این نیرو، نیروی **دگرچسبی** می‌گویند.

### ۳-۵-۳- تفاوت و شباهت دگرچسبی و هم‌چسبی

هم‌چسبی و دگرچسبی هر دو نیروی‌های **بین مولکولی** هستند و تفاوت آن‌ها این است که هم‌چسبی جاذبه‌ی بین مولکول‌های **مشابه** و دگرچسبی جاذبه‌ی بین مولکول‌های **نامشابه** است. **گرما و بالا رفتن دما** می‌تواند نیروهای بین مولکولی را **ضعیف** کند.

**وقتی دمای روغن پایین باشد، به صورت قطره‌های بزرگ و وقتی دمای روغن بالا باشد، به صورت قطره‌های کوچک تر از یک قطره چکان خارج می‌شود.**



شکل ۱-۳

### ۳-۵-۴- تماس مایع با جامد

هرگاه مایعی با جامدی در تماس باشند، دو حالت اتفاق می‌افتد

✓ نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد بیش‌تر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع باشد که در این حالت سطح جامد تر یا خیس می‌شود. مثلاً آب سطح شیشه‌ی تمیز را خیس می‌کند که به علت **خاصیت ترشوندگی** است.

✓ نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع بیشتر از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد باشد، در این صورت مایع سطح شیشه را تر نمی‌کند. مانند قطره‌های جیوه بر سطح شیشه، هر چه قطره بزرگ‌تر باشد نیروی گرانش زمین، آن را تخت‌تر می‌کند.



نیروی دگرچسبی مولکول‌های آب با سطح شیشه چرب‌شده کاهش می‌یابد و کمتر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب خواهد شد. به همین دلیل آب شیشه چرب‌شده را تر نمی‌کند.



۳-۶- اثر موینگی

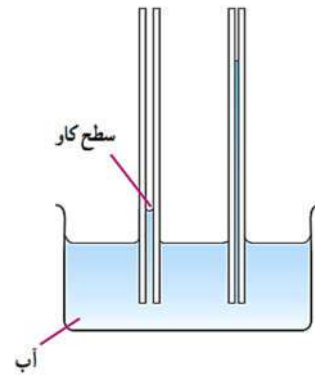
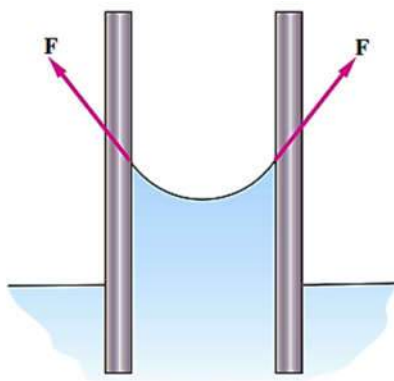
اثر موینگی حاصل وجود نیروی هم چسبی و دگر چسبی بین ماده و سطح است.

۳-۶-۱- لولهی مویین

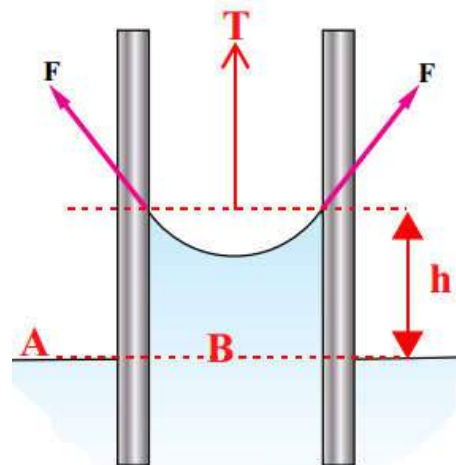
لوله ای که قطر دهانهی آن حدود یک دهم میلی متر  $[0.1\text{mm}]$  باشد. واژهی مویین به معنای (مو مانند) است.

۳-۶-۲- لولهی مویین درون آب

اگر لولهی مویین را درون ظرف آب فرو ببریم، آب در لوله بالا می رود و سطح آب در بالای لوله به صورت فرو رفته است.



آب تا چه ارتفاعی در لوله مویین بالا می رود؟



$$P_A = P_B$$

$$P_0 = P_0 + \rho gh - \frac{T}{S} \Rightarrow \rho gh = \frac{T}{S} \Rightarrow T = \rho ghS$$

$$T = \frac{2F \cos \theta}{\gamma(2\pi r)} = \gamma(2\pi r) \cos \theta$$

$$\gamma(2\pi r) \cos \theta = \rho ghS$$

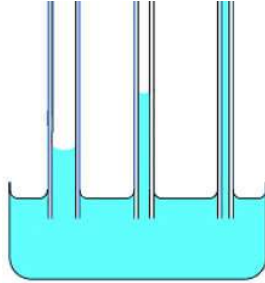
$$\Rightarrow \gamma(2\pi r) \cos \theta = \rho gh(\pi r^2)$$

$$\Rightarrow 2\gamma \cos \theta = \rho ghr$$

$$\Rightarrow h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho gr}$$

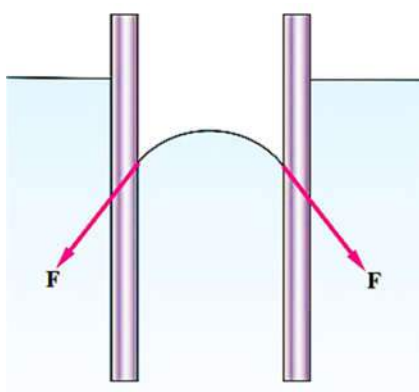
۳-۶-۲-۱ - نکته:

هر چه قطر لوله ی موئین **کمتر (لوله باریک تر)** باشد، آب تا **ارتفاع** بیشتری درون لوله بالا می رود.

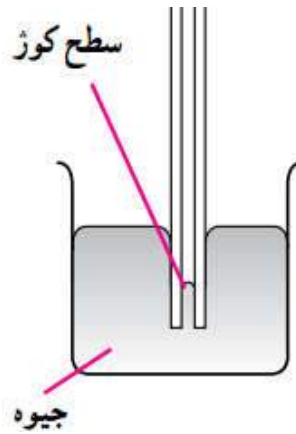


۳-۶-۳ - لوله ی موئین درون جیوه

اگر لوله ی موئین را درون **ظرف جیوه** فرو ببریم:



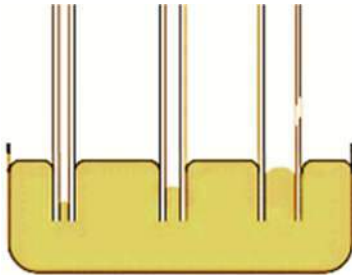
**سطح جیوه در بالای لوله برآمده است.**



جیوه درون لوله از سطح ظرف آن **پایین تر** قرار می گیرد.

۳-۶-۳-۱ - نکته:

هر چه قطر لوله موئین کم تر شود، سطح جیوه پایین تر می رود.



۳-۶-۳-۲ - نکته:

اثر موئینگی در طبیعت سبب **بالا رفتن آب در آوندهای چوبی گیاه و نم کشیدن دیوار ساختمان از کف** می شود.

۳-۶-۴- علت بالا و پایین رفتن مایع در لوله ی مویین

۳-۶-۴-۱- آب

علت بالا و پایین رفتن مایع در لوله مویین **تفاوت بزرگی نیروی هم چسبی و دگر چسبی، مایع و سطح لوله مویین** است. در آب **نیروی دگر چسبی بین سطح لوله و آب بیشتر از هم چسبی مولکول های آب است** در نتیجه آب سطح لوله را **خپس** می کند و بالا می رود، بالای آن **فرورفتگی** ایجاد می شود.

۳-۶-۴-۲- جیوه

وقتی مایع درون ظرف جیوه باشد، **نیروی هم چسبی بین مولکول های جیوه از نیروی دگر چسبی بین مولکول های جیوه و لوله بیشتر** است، پس **مایع پایین می آید** و بالای آن **برآمده** می شود. در کناره های لوله ی مویین نیروی دگر چسبی داریم که این نیرو کمتر از نیروی هم چسبی مرکز مایع است و باعث می شود که ارتفاع مایع در کناره های لوله پایین تر باشد.

۳-۶-۴-۳- نکته:

**ارتفاع آب درون لوله ی مویین به مقدار فرورفتگی لوله در آب بستگی ندارد** اگر ارتفاع لوله ی خارج از آب از مقداری که آب می تواند بالا بیاید، **کمتر** باشد، در این حالت آب تا **دهانه لوله** بالا می آید و هرگز از لوله ی مویین سرریز نمی شود.

۳-۶-۴-۵- عوامل موثر در تفاوت ارتفاع مایع درون و بیرون لوله ی مویین

**نوع مایع، جنس لوله (شیشه، شیشه روغن اندود و ...)، قطر لوله**

۳-۶-۴-۱- نکته

اگر **سطح شیشه روغن اندود** شود، رفتار آب شبیه رفتار جیوه می شود.

**سطح آب در لوله مویین روغن اندود از سطح آب درون ظرف پایین تر است.**

سوال ۳-۶

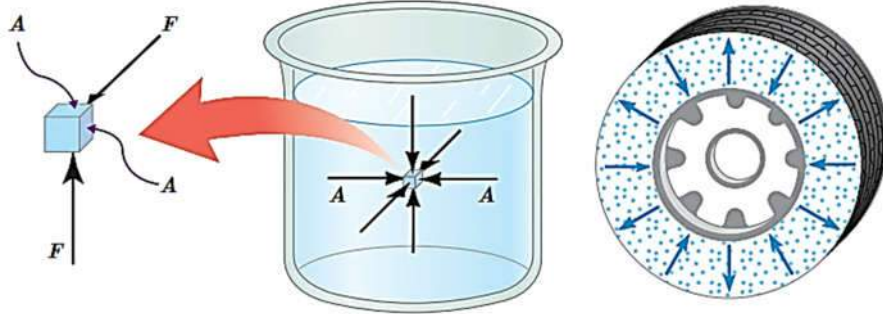
لوله هایی که قطر دهانه آن ها حدود ..... باشد، معمولاً لوله مویین نامیده می شوند.

(۱) یک سانتی متر (۲) بیشتر از یک سانتی متر (۳) یک دهم میلی متر (۴) بیشتر از ۵ میلی متر



۷-۳- فشار و مفاهیم اولیه

در یک شاره (مایع-گاز) مولکول‌های شاره بر سطوحی که با آنها در تماس هستند نیرویی وارد می‌کنند که ناشی از برخورد مولکول‌های شاره با سطح است. این نیرو بر سطح عمود است.



شکل ۲-۳

نیروهایی که مولکول‌های شاره بر سطح تماس وارد می‌کنند باعث اعمال فشاری به سطح می‌شود که به صورت زیر تعریف می‌شود.

نسبت بزرگی نیروی عمودی وارد بر سطح  $F$  به مساحت آن سطح  $A$  را فشار گویند و با  $P$  نمایش می‌دهند.

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

$$1 [Pa] = 1 \left[ \frac{N}{m^2} \right] = \frac{[kg \cdot \frac{m}{s^2}]}{[m^2]} = \left[ \frac{kg}{m \cdot s^2} \right]$$

یکای فشار در SI پاسکال  $Pa$  است.

**فشار یک کمیت عددی (اسکالر) است.**

سوال ۷-۳

اگر روی سطح افقی قرار بگیرید، نیرویی به اندازه وزن خود به صورت عمودی به زمین وارد می‌کنید. سطح تماس پاهای شخص با زمین حدود  $300 \text{ cm}^2$  است. اگر جرم شخص  $8/0 \times 10^1 \text{ kg}$  باشد، فشار وارد بر زمین چند پاسکال است؟ ( $g = 10/0 \text{ N/kg}$ )

سوال ۸-۳

مکعبی به ابعاد  $2 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$  روی سطح افقی به گونه‌ای قرار گرفته که کمترین فشار را به سطح افقی وارد کند. اگر مکعب از ماده‌ای به چگالی  $8/00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  ساخته شده باشد، اندازه این فشار چند پاسکال است؟ ( $g = 10/0 \text{ N/kg}$ )

سوال ۹-۳

درون یک مکعب توخالی شیشه‌ای به ضلع  $40 \text{ cm}$  یک دوربین فیلمبرداری قرار داده و درون دریاچه‌ای پایین می‌بریم. اگر فشار ناشی از آب در محل مکعب حدود  $2/0 \times 10^5 \text{ Pa}$  باشد، بر هر وجه این مکعب چه نیرویی از طرف آب وارد می‌شود؟

سوال ۱۰-۳

فشار هوای داخل لاستیک اتومبیلی  $2/4 \times 10^5 \text{ Pa}$  است. اگر مساحت سطح داخلی لاستیک  $4000 \text{ cm}^2$  باشد، نیروی وارد بر سطح داخلی لاستیک چند نیوتون است؟

۳-۷-۱-۱- نکته

اگر تعداد زیادی میخ را از تخته‌ای عبور دهید تا نوک تیز آن‌ها از سمت دیگر بیرون آید به راحتی می‌توانید روی آن راه بروید و یا دراز بکشید بدون این‌که احساس درد کنید. زیرا با افزایش تعداد میخ‌ها در حقیقت سطح تماس نیز افزایش می‌یابد و باعث می‌شود در هنگام راه رفتن روی آن‌ها حتی با پای برهنه احساس درد نکنید.

۳-۷-۱-۲- یکاهای فرعی فشار

یکای فرعی فشار، سانتی متر جیوه  $[ \text{cmHg} ]$ ، تور  $[ \text{torr} ]$ ، بار  $[ \text{bar} ]$  و اتمسفر  $[ \text{atm} ]$  است.

	<i>Pa</i>	<i>atm</i>	<i>bar</i>	<i>torr</i>	<i>cmHg</i>
<i>Pa</i> =	1				
<i>atm</i> =	$1.01 \times 10^5$	1			76
<i>bar</i> =	$1 \times 10^5$		1		
<i>torr</i> =	133.32			1	0.1
<i>cmHg</i> =	1360				1

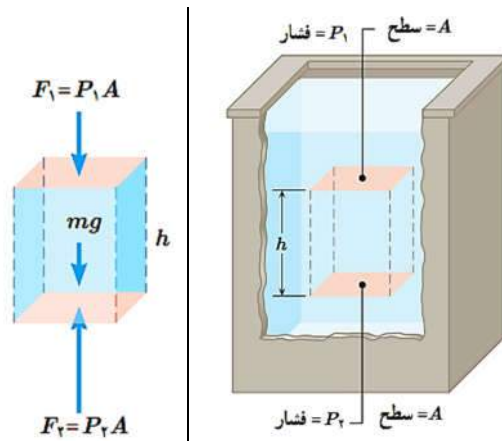
$$1 [ \text{atm} ] = 1.01 \times 10^5 [ \text{Pa} ] = 760 [ \text{torr} ]$$

$$[ \text{mmHg} ] = 133.322 [ \text{Pa} ]$$

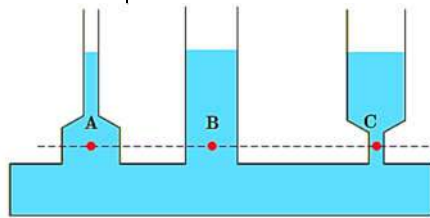
$$1 [ \text{torr} ] \approx 1 [ \text{mmHg} ]$$

۳-۸- محاسبه‌ی فشار در شاره‌ها

$$\begin{aligned}
 F_2 &= F_1 + mg \\
 P_2 A &= P_1 A + mg \\
 \xrightarrow{\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V} & P_2 A = P_1 A + \rho V g \\
 \xrightarrow{V = Ah} & P_2 A = P_1 A + \rho (Ah) g \\
 \Rightarrow P_2 &= P_1 + \rho gh \Rightarrow \underbrace{P_2 - P_1}_{\Delta P} = \rho gh \\
 \Rightarrow \Delta P &= \rho gh
 \end{aligned}$$



در یک شاره‌ی ساکن (مایع ساکن) فشار در نقاط هم تراز (هم عمق) برابر است.



۳-۸-۱- فشار در هر نقطه از شاره به عوامل زیر بستگی دارد

عمق آن نقطه از مایع، چگالی مایع (جنس مایع)، شتاب گرانش در محل (g)

سوال ۳-۱۱

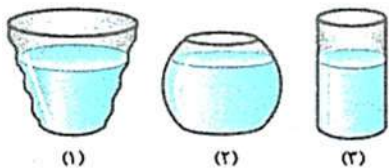
درون یک گلدان شیشه‌ای بلند تا ارتفاع ۴۰ cm آب ریخته شده است. فشار ناشی از آب در کف گلدان چند پاسکال است؟

( $g = 10 \text{ N/kg}$  ,  $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ )

سوال ۳-۱۲

درون سه گلدان مطابق شکل تا ارتفاع یکسان آب ریخته‌ایم. اگر فشار در کف ظرف‌ها را  $P_1$  ،

$P_2$  و  $P_3$  بنامیم، کدام گزینه صحیح است؟



$P_3 < P_2 < P_1$  (۲)

$P_3 > P_2 > P_1$  (۱)

$P_1 = P_2 = P_3$  (۴)

$P_2 > P_3 > P_1$  (۳)

سوال ۱۳-۳

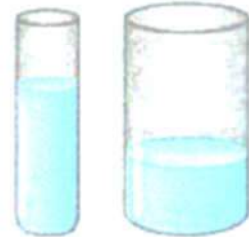
درون دو ظرف استوانه‌ای شکل با مساحت‌های قاعده  $A$  و  $2A$ ، آب با جرم یکسان ریخته شده است. فشار ناشی از مایع در کف ظرف کوچک چند برابر کف ظرف بزرگ است؟

۴ (۴)

$\frac{1}{4}$  (۳)

۲ (۲)

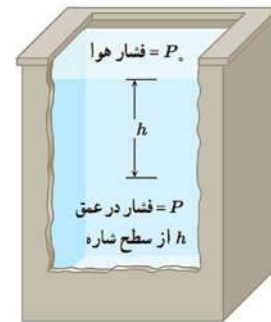
$\frac{1}{2}$  (۱)



۳-۹- فشار کل در عمق  $h$

فشار در عمق یک مایع برابر جمع فشار هوای محیط و فشار ناشی از مایع است.

$$P_h = P_0 + \rho gh$$



سوال ۱۴-۳

چگالی هوا در دمای  $20^\circ\text{C}$  حدود  $1/1 \text{ kg/m}^3$  است. اگر دو فشارسنج را در پایین و بالای یک ساختمان به ارتفاع  $60/0 \text{ m}$  (۲۰ طبقه) قرار دهیم، اختلاف عددی که این فشارسنج‌ها نشان می‌دهند، چند پاسکال است؟ ( $g = 10/0 \text{ N/kg}$ )

سوال ۱۵-۳

دو فشارسنج در بالا و پایین برجی نصب شده‌اند. فشار در پایین و بالای برج به ترتیب  $95/0 \text{ kPa}$  و  $95/5 \text{ kPa}$  می‌باشد. اگر چگالی هوا  $1 \text{ kg/m}^3$  باشد، ارتفاع برج چند متر است؟ ( $g = 10/0 \text{ N/kg}$ )

۱۵۰ (۴)

۵۰ (۳)

۴۵ (۲)

۲۵ (۱)

سوال ۱۶-۳

در عمق چند متری آب، فشار کل سه اتمسفر می‌باشد؟ (فشار هوا یک اتمسفر است.)

( $g = 10/0 \text{ N/kg}$  ,  $\rho_{\text{آب}} = 1/0 \text{ g/cm}^3$ )

۳۰ (۴)

۲۰ (۳)

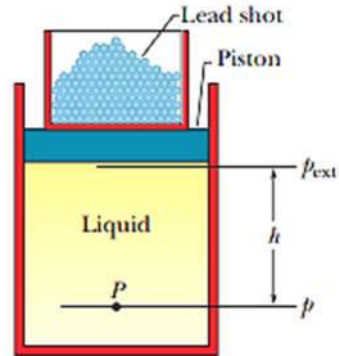
۶ (۲)

۳ (۱)

۳-۹-۱- نکته: فشار مایعات در زیر پیستون شامل وزنه‌ی

مطابق شکل اگر درون سیلندری مایعی با چگالی  $\rho$  زیر یک پیستون به مساحت  $A$  باشد و وزنه‌ای به جرم  $m$  روی پیستون قرار داده شود، فشار در نقطه‌ی  $M$  برابر است با

$$P_M = P_0 + \frac{mg}{A} + \rho gh$$



سوال ۳-۱۷

درون سیلندری با سطح مقطع  $400 \text{ cm}^2$  تا ارتفاع  $20 \text{ cm}$  روغن با چگالی  $0.9 \text{ g/cm}^3$  ریخته شده است. روی روغن پیستونی به جرم  $1 \text{ kg}$  و روی پیستون وزنه‌ای به جرم  $9 \text{ kg}$  قرار داده شده است. اگر فشار هوا  $100 \text{ kPa}$  باشد، فشار در کف ظرف چند کیلو پاسکال است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

۱۰۴/۳ (۴)

۱۰/۴ (۳)

۴۳۰/۰ (۲)

۴/۳ (۱)

۳-۹-۲- نکته: فشار در مایعات متحرک

اگر مایع درون ظرفی با شتاب  $a$  در راستای قائم جابجا شود، در این صورت فشار مایع در عمق  $h$  از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$g' = g \pm (\pm a)$$

$$P = \rho g' h$$

سوال ۳-۱۸

درون ظرفی، آب با چگالی  $1000 \text{ kg/m}^3$  قرار دارد و ظرف را با شتاب ثابت  $2 \text{ m/s}^2$  و حرکت کندشونده به سمت پایین حرکت می‌دهیم. فشار ناشی از آب در عمق  $20 \text{ cm}$  چند پاسکال است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

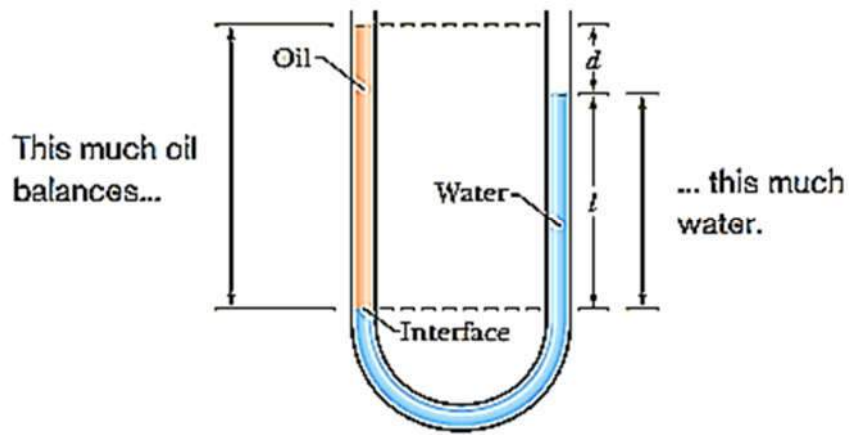
$2/4 \times 10^3$  (۴)

$1/6 \times 10^3$  (۳)

$1/2 \times 10^3$  (۲)

$8 \times 10^3$  (۱)

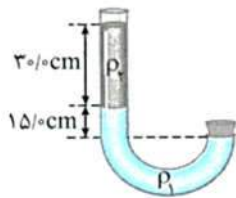
۱۰-۳- تعادل مایعات مخلوطنشده در لوله های U شکل



$$\begin{aligned}
 P_x &= P_w \\
 \Rightarrow \rho_x h_x g &= \rho_w h_w g \\
 \Rightarrow \rho_x h_x &= \rho_w h_w \\
 \begin{cases} h_x = l + d \\ h_w = l \end{cases} &\Rightarrow \rho_x (l + d) = \rho_w l \\
 \Rightarrow \rho_x &= \rho_w \frac{l}{l + d}
 \end{aligned}$$

سوال ۱۹-۳

انتهای لوله ای را بسته و مطابق شکل دو مایع مخلوطنشده را درون لوله می ریزیم. فشار ناشی از مایع ها، زیر درپوش چند پاسکال است؟



$$(g = 10 \text{ N/kg}, \rho_2 = 200 \text{ g/cm}^3, \rho_1 = 400 \text{ g/cm}^3)$$

۶۰۰ (۲)

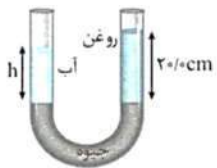
$600 \times 10^3$  (۱)

۱۲۰۰ (۴)

$1200 \times 10^3$  (۳)

سوال ۲۰-۳

درون لوله U شکلی مقداری جیوه وجود دارد. در یکی از شاخه ها تا ارتفاع ۲۰ cm روغن با چگالی  $0.9 \text{ g/cm}^3$  می ریزیم.



در شاخه دیگر تا چه ارتفاعی آب با چگالی  $10^3 \text{ kg/m}^3$  اضافه کنیم تا سطح جیوه در دو لوله یکسان شود؟

۱۸ cm (۲)

۹ cm (۱)

۲۲ cm (۴)

۲۰ cm (۳)

سوال ۲۱-۳

درون لوله U شکل یکنواختی مقداری جیوه با چگالی  $13/6 \text{ g/cm}^3$  ریخته شده است. اگر در یکی از شاخه‌ها به ارتفاع  $54/4 \text{ cm}$  آب ریخته شود، سطح جیوه در شاخه دیگر نسبت به حالت قبل چند سانتی متر بالا می‌رود؟ ( $\rho_{\text{آب}} = 1/0 \text{ g/cm}^3$ )

۲۷/۲ (۴)

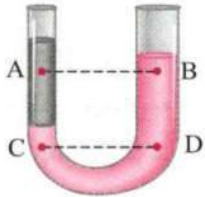
۸/۰ (۳)

۴/۰ (۲)

۲/۰ (۱)

سوال ۲۲-۳

در شکل روبه‌رو، در درون لوله دو مایع مخلوط‌نشده قرار دارند. اگر فشار در نقاط داده شده در درون مایع‌ها را با هم مقایسه کنیم، کدام رابطه درست است؟



(سراسری تهرپی ۹۵)

$P_C < P_D, P_A < P_B$  (۲)

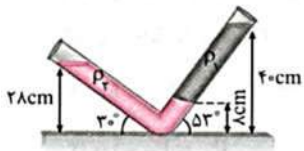
$P_C < P_D, P_A = P_B$  (۱)

$P_C = P_D, P_A > P_B$  (۴)

$P_C = P_D, P_A = P_B$  (۳)

سوال ۲۳-۳

در شکل مقابل، دو مایع مخلوط‌نشده در حال تعادل‌اند. اگر  $\rho_1 = 4 \text{ g/cm}^3$  باشد، چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟



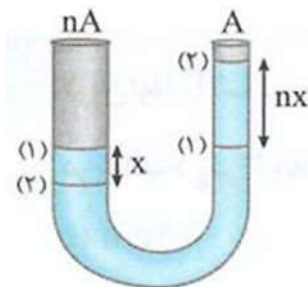
۲ (۲)

۶/۴ (۱)

$2\sqrt{3}$  (۴)

۸ (۳)

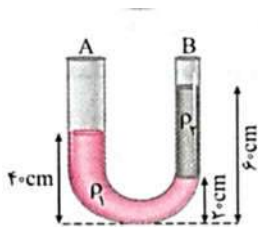
۳-۱۰-۱- نکته



اگر سطح مقطع دو طرف لوله U شکل یکسان نباشند و مساحت یکی از شاخه‌ها  $n$  برابر دیگری باشد و ارتفاع مایع در لوله بزرگتر به اندازه  $x$  جابجا شود، ارتفاع در لوله بزرگتر به اندازه  $nx$  جابجا می‌شود.

سوال ۲۴-۳

سوال ۲۵-۳



در شکل روبه‌رو، قطر مقطع در سمت A دو برابر قطر مقطع در سمت B است. نسبت  $\frac{\rho_2}{\rho_1}$  کدام است؟

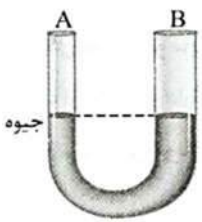
(۲)  $\frac{3}{5}$

(۱)  $\frac{5}{3}$

(۴)  $\frac{1}{2}$

(۳) ۲

سوال ۲۶-۳



مطابق شکل، جیوه در یک لوله U شکل ریخته شده است. اگر سطح مقطع شاخه B، ۴ برابر سطح مقطع شاخه A باشد، در صورتی که تا ارتفاع ۶۸cm آب در شاخه سمت چپ بریزیم، در شاخه B جیوه نسبت به محل قبلی خودش چند سانتی‌متر بالا می‌رود؟ (  $\rho_{\text{آب}} = 13/6 \rho_{\text{جیوه}}$  )

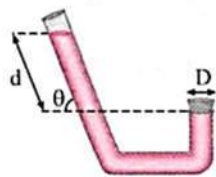
(۲) ۲/۵

(۱) ۱

(۴) ۵

(۳) ۴

سوال ۲۷-۳



مطابق شکل مقابل، در یک ظرف مایعی به چگالی ρ ریخته شده است. اگر انتهای بسته طرف دایره‌ای به قطر D باشد، نیروی وارد بر انتهای بسته طرف از طرف مایع کدام است؟

(۲)  $4\rho g \pi D L^2 \sin \theta$

(۱)  $\frac{1}{4} \rho g \pi D^2 d \sin \theta$

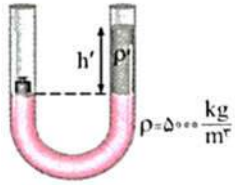
(۴)  $2\rho g \pi D^2 d$

(۳)  $\rho g \pi D d \sin \theta$



سوال ۲۸-۳

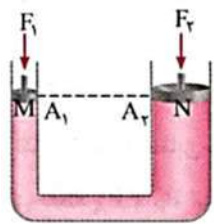
در شکل روبه‌رو دو مایع مخلوط‌نشده‌ی، در یک لوله U شکل توسط یک وزنه ۱۵۰ گرمی که بر روی یک پیستون بدون اصطکاک و با جرم ناچیز قرار دارد، به حالت تعادل رسیده‌اند. اگر وزنه را برداریم، پیستون نسبت به حالت اولیه خود، چند سانتی‌متر جابه‌جا می‌شود تا دوباره حالت تعادل برقرار شود؟ (سطح مقطع پیستون ۵ cm<sup>2</sup> است.)



- (۱) ۳    (۲) ۶    (۳) ۴/۵    (۴) ۷/۵

سوال ۲۹-۳

در شکل مقابل، به دو پیستون که روی یک مایع قرار دارند، نیروهای  $F_1$  و  $F_2$  وارد می‌شود و فشار  $P_1$  و  $P_2$  را روی سطح هم‌تراز  $A_1$  و  $A_2$  ایجاد می‌کنند. اگر پیستون‌ها تحت تأثیر این نیروها حرکت نکنند، نتیجه می‌گیریم که:



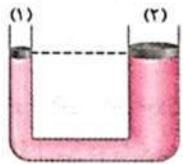
(سراسری ریاضی ۸۷ قارج از کشور)

$$F_1 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right) F_2 \quad (۲) \quad F_1 = F_2 \quad (۱)$$

$$F_1 = \left(\frac{A_2}{A_1}\right) F_2 \quad (۴) \quad P_1 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right) P_2 \quad (۳)$$

سوال ۳۰-۳

در شکل زیر، ارتفاع مایع در هر دو ظرف یکسان است و پیستون‌های (۱) و (۲) بدون اصطکاک‌اند. اگر روی هر پیستون وزنه‌ای به جرم  $m$  قرار دهیم، بعد از برقراری تعادل:



(سراسری ریاضی ۹۳ قارج از کشور)

- (۱) ارتفاع مایع در هر دو لوله یکسان می‌ماند.  
 (۲) ارتفاع مایع در لوله (۲) بیشتر خواهد شد.  
 (۳) ارتفاع مایع در لوله (۱) بیشتر خواهد شد.  
 (۴) بسته به چگالی مایع گزینه‌های (۲) و (۳) ممکن است، درست باشند.

### ۳-۱۱- فشار هوا

هوا هم مانند هر شاره‌ی دیگر دارای فشار است.

فشار هوا را در سطح صفر (سطح دریاهای آزاد) با  $P_0$  نمایش می‌دهند.

$$1 [atm] = 76 [cmHg]$$

فشار هوا در سطح دریاهای آزاد و در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس معادل ۷۶ سانتی‌متری جیوه است.

پاسکال فشار هوا را به کمک انجام آزمایش توریچلی اندازه گرفت.

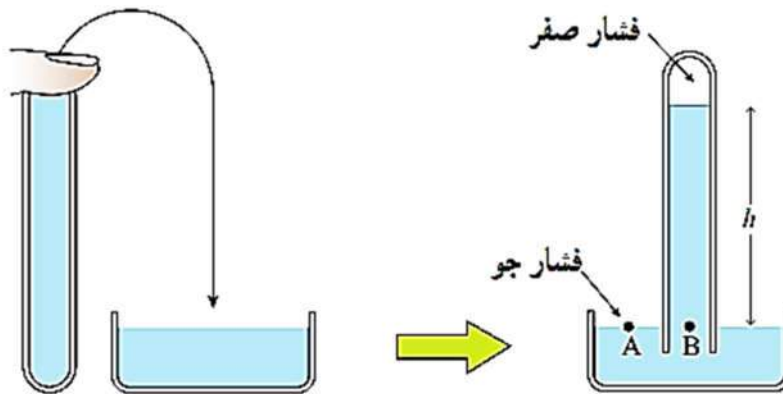
به افتخار توریچلی به هر  $1mmHg$ ، یک تور  $torr$  گفته می‌شود. از تور برای بیان فشارهای نسبتاً کوچک استفاده می‌شود.

### ۳-۱۱-۱- فشارسنج جیوه‌ای یا جوسنج (بارومتر)

وسیله‌ی ساده که برای اندازه‌گیری فشار جو به کار می‌رود و به آن جوسنج نیز می‌گویند فشارسنج جیوه‌ای می‌گویند.

فشارسنج جیوه‌ای توسط توریچلی، فیزیکدان ایتالیایی اختراع شد.

لوله‌ی شیشه‌ای بلندی (به طول  $80\text{ cm}$ ) و پر از جیوه درون ظرف محتوی جیوه به طور وارون قرار داده می‌شود.

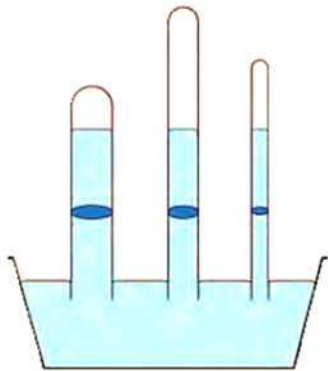


نقاط  $A$  و  $B$  در یک ارتفاع و برای یک مایع هستند پس

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 = 0 + \rho gh \Rightarrow P_0 = \rho gh_{Hg}$$

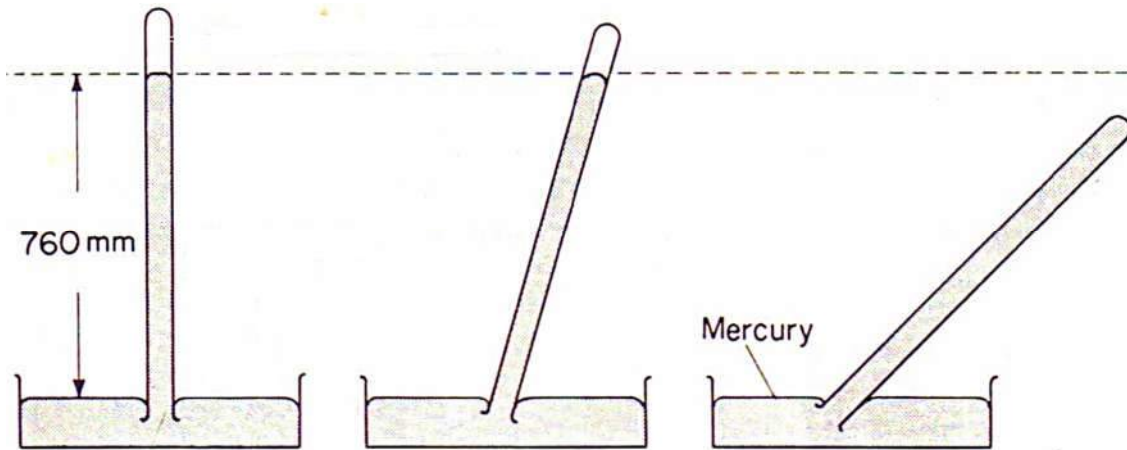
فشار هوای محیط برابر فشار ناشی از جیوه به ارتفاع  $h$  است، در سطح ت دریا برابر  $76\text{ cmHg}$  است.

۳-۱۱-۲- نکته



اگر قطر لوله آزمایش تغییر کند ارتفاع جیوه تغییر نخواهد کرد.

۳-۱۱-۳- نکته



$$\sin \alpha = \frac{h}{L} \Rightarrow h = L \sin \alpha$$

$$P_0 = \rho g h = \rho g L \sin \alpha$$

اگر لوله آزمایش را خم کنیم  
برای به دست آوردن فشار هوا  
باید ارتفاع عمودی محاسبه شود.

$$P_A = P_B$$

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

$$h = L \sin \alpha$$

اگر طول لوله آزمایش در  
جو سنج جیوه ای کوتاه  
باشد به انتهای لوله فشار و  
نیرو وارد می شود.

۳-۱۱-۴- تبدیل واحد  $cmHg$  به  $Pa$  (پاسکال)

$$h_{Hg} = 1 cmHg = 0.01 mHg$$

$$P = \rho_{Hg} g h_{Hg} = (13.6 \times 10^3)(10)(0.01) = 1360 Pa$$

سوال ۳-۳۱

در محیطی که فشار هوا  $75 \text{ cmHg}$  است طول لوله آزمایش  $55 \text{ cm}$  و سطح مقطع آن  $5 \text{ cm}^2$  است. فشار و نیروی وارد بر ته لوله را محاسبه کنید.

$$P' = 75 - 55 = 20 \text{ cmHg}$$

$$\Rightarrow P' = \rho_{\text{Hg}} g h_{\text{Hg}} = (1.36 \times 10^4) \times (10) \times (0.2) = 27200 \text{ Pa}$$

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow F = PA = 27200 \times 5 \times 10^{-4} = 13.6 \text{ N}$$

سوال ۳-۳۲



در شکل مقابل، لوله نازکی را درون ظرف محتوی جیوه قرار داده‌ایم، در این صورت فشار در انتهای لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟ ( $\sin 53^\circ = 0.8$ ,  $P_0 = 76 \text{ cmHg}$ )

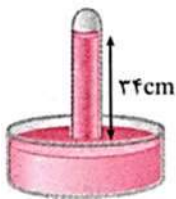
۶۰ (۲)

۵۶ (۱)

۷۶ (۴)

۷۴ (۳)

سوال ۳-۳۳



در شکل مقابل، فشار گاز جمع شده در انتهای لوله،  $72$  سانتی‌متر جیوه است. چگالی آب  $1 \text{ g/cm}^3$  و چگالی جیوه  $13.6 \text{ g/cm}^3$  می‌باشد. اگر اختلاف سطح آب در لوله و ظرف  $34 \text{ cm}$  باشد، فشار هوا چند سانتی‌متر جیوه است؟ (سراسری تهرانی ۹۳)

۷۴/۵ (۲)

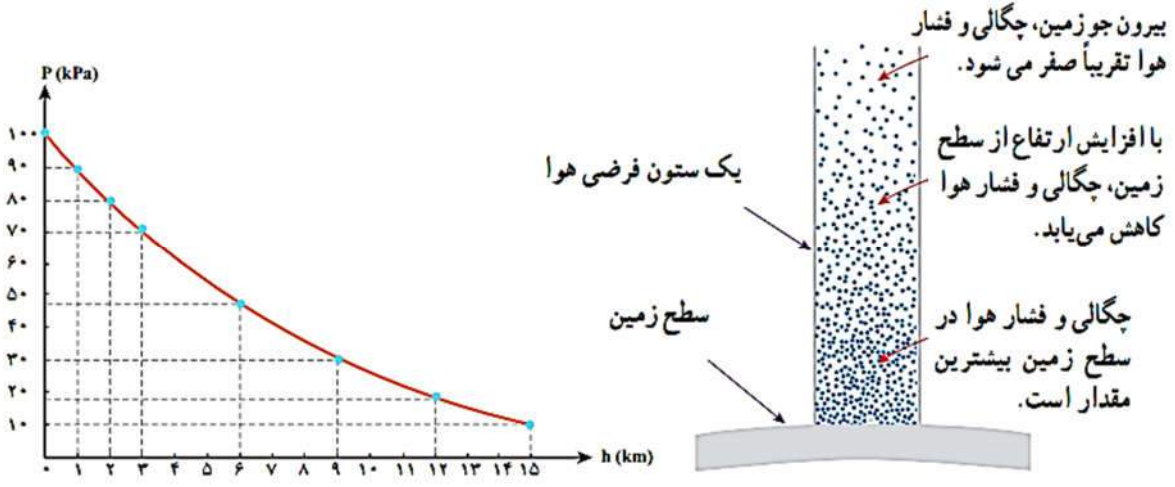
۷۶ (۱)

۶۸ (۴)

۶۹/۵ (۳)

۳-۱۱-۵- تغییرات فشار هوا نسبت به ارتفاع

در مورد گازها نیز می توان از رابطه ی فشار شاره استفاده کرد. فشار شاره ها به شکل ظرف بستگی ندارد و به همهی جهت ها وارد می شود. هر چه از سطح زمین بالاتر می رویم، چگالی هوا کاهش می یابد. در واقع به دلیل وجود گرانش، لایه های پایینی هوا از لایه های بالایی آن متراکم تر هستند. کاهش چگالی هوا سبب می گردد که ارتفاع جو اطراف زمین زیاد شود و فشار مطابق نمودار زیر تغییر می کند.



سوال ۳-۳۴

با توجه به نمودار قبل، چگالی متوسط هوا را در ارتفاع صفر تا ۳ km و ۹ km تا ۱۲ km را محاسبه کنید. ( $g = 10.0 \text{ N/kg}$ )

سوال ۳-۳۵

فشار هوا در پایین و بالای کوهی به ترتیب  $710.0 \text{ mmHg}$  و  $600.0 \text{ mmHg}$  می باشد. ارتفاع کوه چند متر است؟

۱۱۰۰/۰ (۴)

۱۱۰/۰ (۳)

۶۰۰۰/۰ (۲)

۷۱۰۰/۰ (۱)

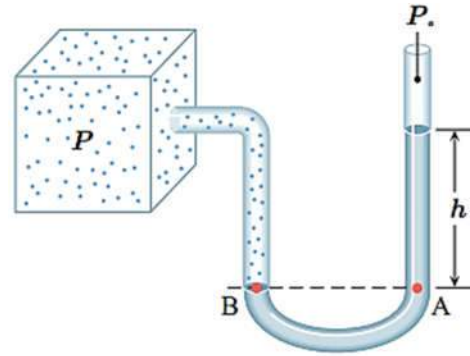
۳-۱۱-۶- فشارسنج (مانومتر)

مانومتر وسیله‌ای برای اندازه‌گیری فشار یک شاره‌ی محصور است.

$$P_B = P_A$$

$$P = \rho gh + P_0$$

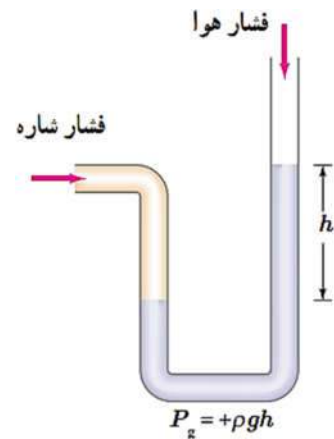
$$P - P_0 = \rho gh \Rightarrow P_g = \rho gh$$



الف- فشار بیشتر از فشار هوا

$$P_A = P_B \Rightarrow P = \rho gh + P_0$$

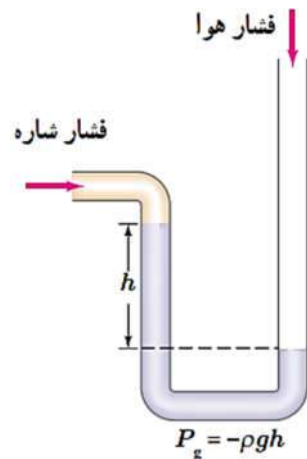
اگر فشار شاره از فشار خلاء بزرگ‌تر باشد، فشار پیمانه‌ای مثبت است.



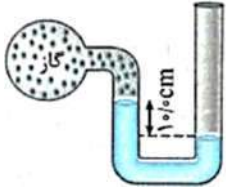
ب- فشار کمتر از فشار هوا

$$P_A = P_B \Rightarrow \begin{aligned} P + \rho gh &= P_0 \\ P &= P_0 - \rho gh \end{aligned}$$

اگر فشار شاره از فشار خلاء کوچک‌تر باشد، فشار پیمانه‌ای منفی است.

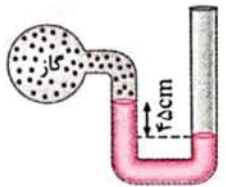


سوال ۳-۳۶



مطابق شکل، مخزنی حاوی گاز را به مانومتر متصل می‌کنیم. اگر چگالی مایع داخل مانومتر  $14/0 \text{ g/cm}^3$  باشد، اختلاف فشار گاز داخل مخزن و فشار هوا چند پاسکال است؟ ( $g = 10/0 \text{ N/kg}$ )

سوال ۳-۳۷



در شکل روبه‌رو، اگر فشار هوا  $10^5$  پاسکال و چگالی جیوه  $13600 \text{ kg/m}^3$  باشد، فشار گاز درون ظرف چند پاسکال است؟  
(سراسری ریاضی ۹۵ قاجار از کشور)

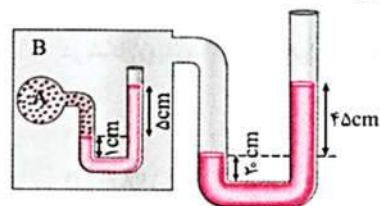
۶۱۲۰۰ (۲)

۳۸۸۰۰ (۱)

۱۶۱۲۰۰ (۴)

۱۳۸۸۰۰ (۳)

سوال ۳-۳۸



در شکل مقابل، اگر آب موجود در تمامی لوله‌ها در حال تعادل باشد، فشار گاز محبوس در مخزن A چند کیلوپاسکال است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ ,  $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ,  $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$ )

۱۰۴/۵ (۱)

۱۰۵ (۲)

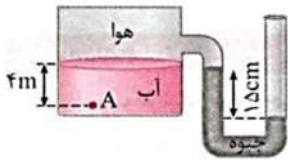
۱۰۰/۵ (۳)

۱۰۰ (۴)

سوال ۳-۳۹

در شکل مقابل، فشار در نقطه A چند کیلو پاسکال است؟ (سراسری تجربی ۹۴)

( $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$  و  $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$  ,  $g = 10 \text{ N/kg}$  ,  $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$  : فشار هوای بیرون)



۱۱۹/۶ (۲)

۷۹/۶ (۱)

۱۲۰/۴ (۴)

۶۸/۴ (۳)

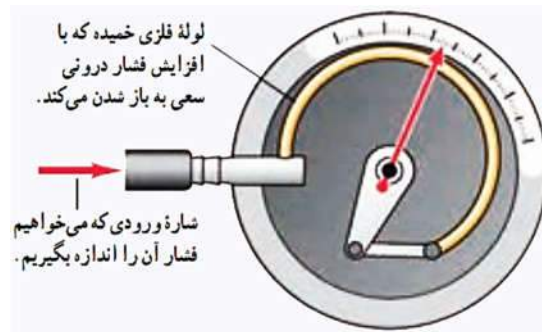
### ۳-۱۱-۷- فشارسنج بوردون

یک لوله خمیده‌ی قابل انعطاف دارد که یک سر این لوله بسته و سر دیگر آن به شاره‌ای که می‌خواهیم فشار آن را به دست آوریم، وصل می‌شود.

به انتهای سر بسته آن یک عقربه وصل می‌شود که فشار را روی صفحه‌ی مدرج نشان می‌دهد.

تغییر فشار درون یا بیرون لوله یا هر دو سبب تغییر در ابعاد و تکان دادن عقربه و عوض شدن عدد نشان داده شده روی صفحه‌ی مدرج می‌شود.

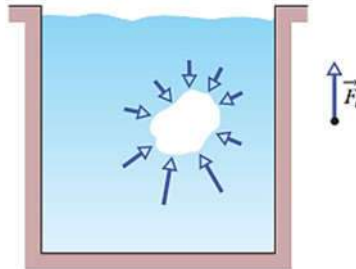
معمولا برای اندازه‌گیری فشار در مخزن‌های گاز و همچنین اندازه‌گیری فشار باد لاستیک وسیله‌ی نقلیه به کار می‌رود.



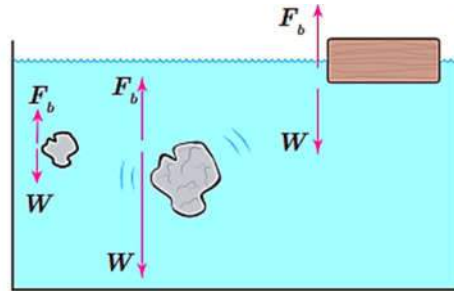


### ۳-۱۲- اصل ارشمیدس

ارشمیدس دانشمند یونانی دوران باستان نخستین کسی بود که پی برد به جسم های درون یک شاره یا غوطه ور در آن همواره نیرویی جهت بالای خالصی به نام نیروی شناوری  $F_b$  از طرف شاره وارد می شود.



۳-۱۲-۱- نکته



#### الف- شناوری:

حالتی که جسم در سطح شاره قرار دارد و جسم در حال تعادل است. ( $F_b = W$ )

#### ب- غوطه‌وری:

حالتی که جسم درون شاره قرار دارد و جسم در حال تعادل است. ( $F_b = W$ )

#### ج- فرو رفتن (نه نشین شدن):

حالتی که جسم درون شاره قرار دارد و ( $W > F_b$ ) باشد یعنی جسم درون شاره فرو می‌رود.

#### د- بالا رفتن:

حالتی که جسم درون شاره قرار دارد و ( $W < F_b$ ) باشد یعنی جسم درون شاره حال بالا آمدن است.

سوال ۳-۴۰

مطابق شکل، جسمی توسط یک نیروسنج داخل آب قرار گرفته و در تعادل است. اگر نیروسنج ۴ نیوتون را نشان دهد، کدام گزینه ممکن است وزن این جسم باشد؟

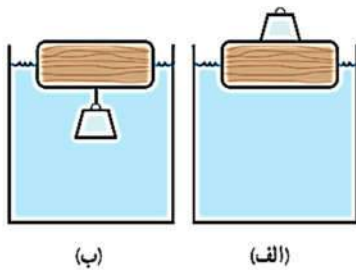


- ۳ (۲)  
۶ (۴)

- ۲ (۱)  
۴ (۳)

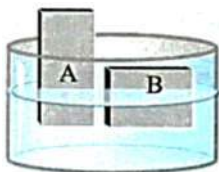
سوال ۳-۴۱

یک قطعه چوبی را روی آب درون ظرفی قرار دهید. یک وزنه آهنی را یک بار روی چوب قرار دهید (شکل الف) و بار دیگر از زیر چوب آویزان کنید (شکل ب). پیش بینی کنید در کدام تجربه، چوب بیشتر در آب فرو می رود؟



سوال ۳-۴۲

مطابق شکل دو جسم A و B روی سطح مایعی شناورند. چگالی آن ها را با هم مقایسه کنید.

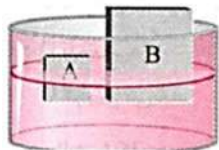


اگر چگالی جسم  $\rho'$  و چگالی مایع  $\rho$  باشد و جسم روی مایع شناور باشد: حجم قسمتی از مایع که درون مایع قرار می گیرد ( $V'$ ) رابطه‌ی زیر مجاسبه می شود

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

سوال ۳-۴۳

مطابق شکل دو جسم A و B روی سطح مایعی با چگالی  $\rho_W$  شناور هستند. کدام گزینه در مورد چگالی این دو جسم و چگالی مایع درست است؟

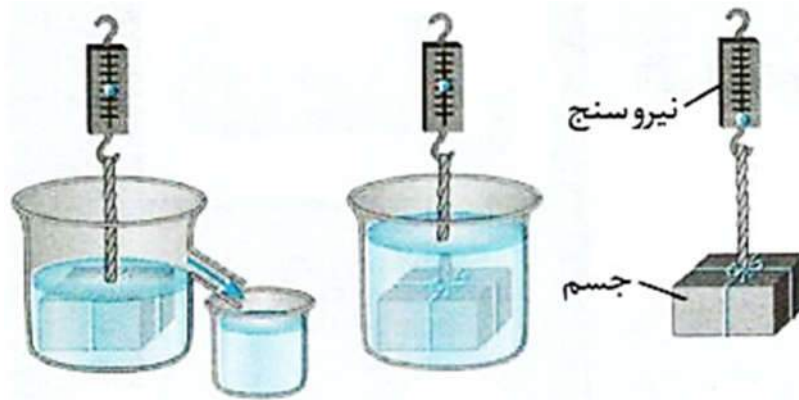


- $\rho_A < \rho_B < \rho_W$  (۲)  
 $\rho_B = \rho_A < \rho_W$  (۴)

- $\rho_A > \rho_B > \rho_W$  (۱)  
 $\rho_B < \rho_A < \rho_W$  (۳)

۳-۱۳- اصل ارشمیدس

وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره ای فرو رود، شاره نیرویی در جهت بالا بر آن وارد می کند که با وزن جابه جا شده توسط جسم برابر است.

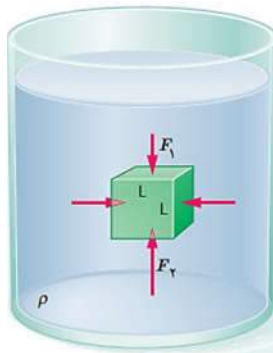


سوال ۳-۴۴

وزن گلوله ای در هوا برابر  $10/0\text{ N}$  و در آب برابر  $8/40\text{ N}$  است. نیروی شناوری وارد بر گلوله چند نیوتون و در کدام جهت است؟

۳-۱۳-۱- توجه:

جسمی مکعبی شکل به ضلع  $L$  را در نظر بگیرید که درون شاره ای ساکنی با چگالی  $\rho$  غوطه ور است.



$F_1$  و  $F_2$  نیروهای وارد شده از طرف شاره به جسم در راستای قائم هستند.

(نیروی افقی  $F$  یکدیگر را خنثی می کنند)

$$F_1 = P_1 A$$

$$F_2 = P_2 A, P_2 = P_1 + \rho g L$$

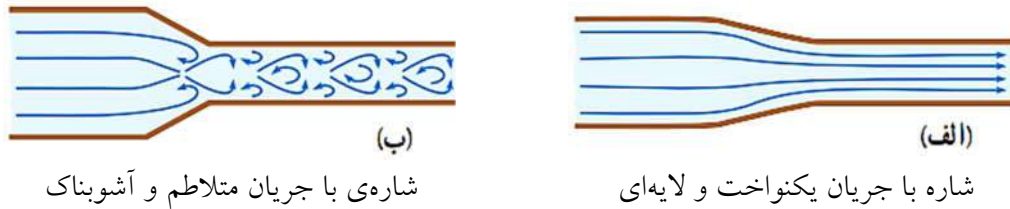
$$F_2 = P_2 A = (P_1 + \rho g L) A = P_1 A + \rho g L A = F_1 + \rho g V$$

$$\Rightarrow F_2 = F_1 + \rho g V$$

$$\Rightarrow F_2 - F_1 = \rho g V \Rightarrow F_b = \rho g V$$

### ۳-۱۴-۱- شارهای در حال حرکت و اصل برنولی

۳-۱۴-۱-۱- شارهای در حال حرکت به دو دسته تقسیم می شود.



برای سادگی تحلیل حرکت یک شار فرض می شود که:

جریان بدون تلاطم (لایه‌ای یکنواخت) باشد

شاره تراکم ناپذیر باشد (چگالی آن ثابت باشد)

اتلاف انرژی روی ندهد (اصطکاک داخلی که به آن چسبندگی می گویند نداریم)

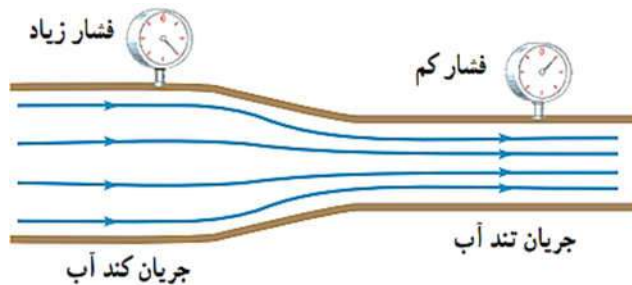
قانون پایستگی جرم برقرار باشد.

اگر سیستمی با شرایط بالا در نظر گرفته شود، مدلی آرمانی برای بررسی حرکت شار خواهد بود.

### ۳-۱۴-۲- اصل برنولی

در شکل زیر آب با جریان لایه‌ای، در لوله‌ای با دو سطح مقطع متفاوت حرکت می کند. با کاهش سطح مقطع

لوله، جریان آب تندتر می شود و فشار آن کاهش می یابد.



در هر مقطع دلخواه لوله، مقدار آبی که در یک مدت زمان معین از یک مقطع لوله وارد می شود با مقدار

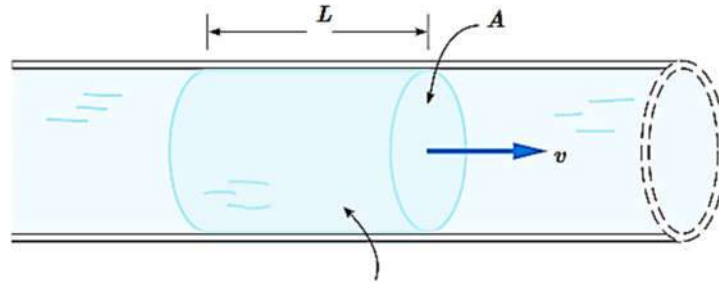
آبی که در همان زمان از آن مقطع می گذرد برابر است. در جاهایی از لوله که جریان آب تندتر است،

فشار کمتر است.

**اصل برنولی در مسیر حرکت شاره با افزایش تندی شاره، فشار داخل شاره کاهش می یابد.**

۳-۱۴-۳- آهنگ جریان شاره

حجم مایعی که در یکای زمان از سطح مقطع لوله می گذرد و یا نسبت حجم شاره ی جابه جا شده به زمان را آهنگ جریان شاره گویند.



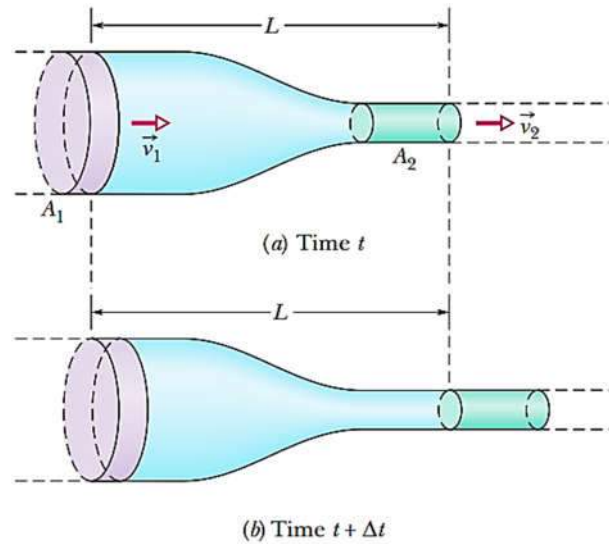
حجم این بخش شاره برابر  $AL$  است.

$$= \frac{AL}{t} = Av$$

توجه کنید که نسبت مسافت به زمان  $\left(\frac{L}{t}\right)$  در حرکت یکنواخت شاره برابر تندی شاره  $v$  است.

۳-۱۴-۴- معادله پیوستگی

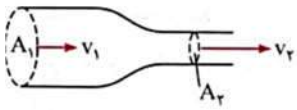
در حالت پایا و در مدت زمان یکسان، جرم یکسانی از شاره از هر سطح مقطع دلخواه لوله می گذرد از این رو خواهیم داشت



$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

سوال ۳-۴۵

با توجه به شکل مقابل، اگر سطح مقطع  $A_1 = 40 \text{ cm}^2$  و تندی خروج آب از این سطح مقطع  $20 \text{ cm/s}$  و سطح مقطع  $A_2 = 5 \text{ cm}^2$  باشد، تندی خروج آب از سطح مقطع  $A_2$  چند متر بر ثانیه است؟



- ۱۶ (۱)      ۱/۶ (۲)      ۰/۱۶ (۴)      ۱۶۰ (۳)

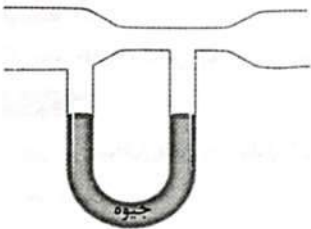
سوال ۳-۴۶

دو لوله با قطرهای  $D_1 = 12/0 \text{ cm}$  و  $D_2 = 4/0 \text{ cm}$  به یکدیگر متصل شده اند و جریان لایه ای آب در آنها برقرار است. اگر تندی آب در لوله بزرگ  $2/0 \text{ m/s}$  باشد، تندی آب در لوله کوچک چند  $\text{m/s}$  است؟

- ۱۸ (۴)       $\frac{2}{9}$  (۳)      ۶/۰ (۲)       $\frac{2}{3}$  (۱)

سوال ۳-۴۷

مطابق شکل، یک لوله U شکل به دو نقطه یک لوله با سطح مقطع متفاوت متصل است. اگر هوا در داخل لوله اصلی از چپ به راست جریان پیدا کند، جیوه درون لوله U شکل چگونه می ایستد؟



- (۱) در شاخه سمت راست بالاتر از شاخه سمت چپ می ایستد.
- (۲) در شاخه سمت راست پایین تر از شاخه سمت چپ می ایستد.
- (۳) جیوه در دو شاخه هم سطح می ایستد.
- (۴) جیوه در هر دو شاخه پایین تر از حالت اولیه می رود ولی هم سطح می ایستد.

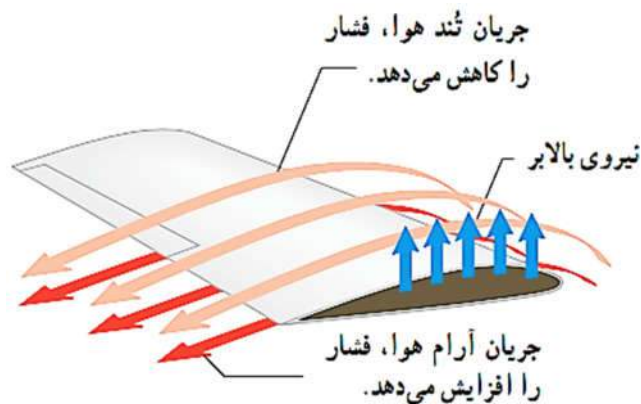
### ۳-۱۴-۵- کاربرد اصل برنولی در بررسی پدیده‌ها و ساخت وسیله‌ها

حرکت ورق کاغذ وقتی در مقابل دهان خود بر سطح بالایی کاغذ به سرعت بدمیم. پف کردن پوشش برزنتی روی اتاقک عقب کامیون هنگام حرکت.

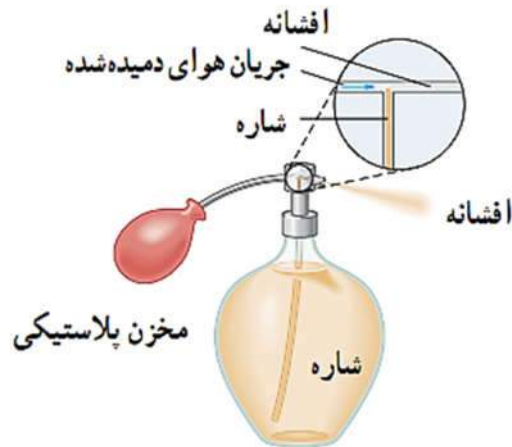
افشانه‌ی عطر

طراحی بال هواپیما

طراحی بال هواپیما به گونه‌ای است که وقتی هوا از بالای بال می‌گذرد، چون مسیر طولانی‌تری را طی می‌کند، سرعت جریان هوا در بالای بال بیشتر است و بنا به اصل برنولی باید فشار در بالای بال کم‌تر باشد. در این صورت فشار پایین بال از فشار بالای بال بیشتر است و سبب ایجاد نیروی بالابر لازم برای بالا بردن هواپیما می‌شود.



در افشانه‌ی عطر با فشردن مخزن پلاستیکی، یک جریان هوای سریع از مقابل دهانه‌ی بالایی لوله‌ی درون عطر می‌گذرد که سبب کاهش فشار در هوای بالای لوله شده و فشار درون شیشه‌ی عطر آن را به بالا می‌راند و عطر در هوا پاشیده می‌شود.



# فصل چہارم

## دما و گرما



۴- دما

۴-۱- تعریف دما

دما کمیتی است که میزان سردی و گرمی اجسام را مشخص می کند. (ما با استفاده از کمیت دما، میزان احساس خود را از گرمی و سردی اجسام یا محیط اطرافمان درک می کنیم).

۴-۲- کمیت دماسنجی

هر کمیتی که با توجه به گرما و سرما تغییر کند، کمیت دماسنجی گفته می شود. مثلاً در یک دماسنج معمولی هر قدر هوای محیط گرم تر شود، طول ستون دمای مایع بیشتر می شود. در اینجا به طول ستون مایع کمیت دماسنجی گفته می شود.

۴-۳- مقیاس های دما

یکا یا واحد متداول و رایج دما، درجه ی سلسیوس است. این یکا را به صورت  $^{\circ}C$  و دما را معمولاً با  $\theta$  نمایش می دهند.

این مقیاس مبتنی بر دو نقطه ثابت است: یکی دمایی که در آن آب خالص در فشار  $1\text{ atm}$  شروع به یخ زدن می کند و دیگری دمایی که آب خالص در فشار  $1\text{ atm}$  در حال جوشیدن است به نقطه اول، عدد صفر و به نقطه دوم عدد 100 را اختصاص می دهند و فاصله بین این دو را به 100 قسمت مساوی تقسیم می کنند و هر قسمت را یک درجه می نامند.

سوال ۴-۱

چند جمله از جمله های زیر درست است؟

(آ) دما کمیتی است که میزان سردی و گرمی اجسام را مشخص می کند.

(ب) برای اندازه گیری دما لازم است یک مقیاس دمایی داشته باشیم.

(پ) به هر مشخصه قابل اندازه گیری که با گرمی و سردی جسم تغییر کند، کمیت دماسنجی نامیده می شود.

(ت) تغییر کمیت دماسنجی اساس کار دماسنج ها است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

سوال ۴-۲

می دانیم که در دماسنج جیوه ای و الکلی داخل لوله باید خالی از هوا باشد. فرض کنید در هنگام ساخت یک دماسنج الکلی نتوانسته ایم فضای بالای الکل را کاملاً از هوا خالی کنیم، چنانچه این دماسنج دمای جسمی را  $3^{\circ}C$  نشان دهد، دمای حقیقی این جسم چقدر است؟

(۲) کم تر از  $3^{\circ}C$

(۱) برابر  $3^{\circ}C$

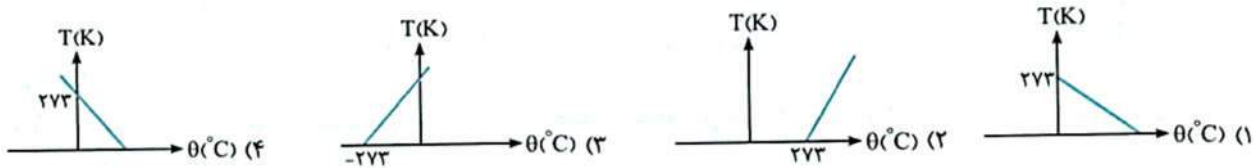
(۴) بسته به شرایط گزینه های (۲) و (۳) ممکن است درست باشد.

(۳) بیش تر از  $3^{\circ}C$



سوال ۶-۴

کدام نمودار رابطه  $T$  بر حسب  $\theta$  را به درستی نشان می دهد؟



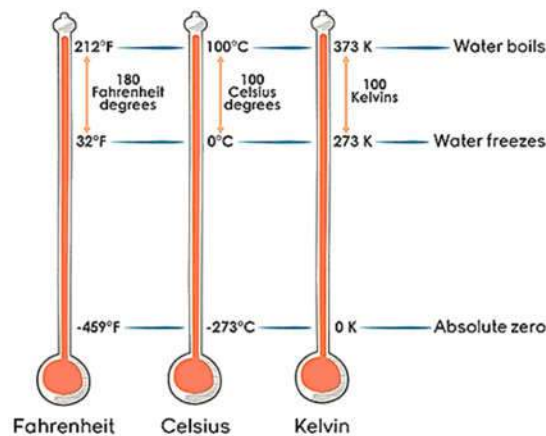
۴-۳-۱-۱- مقیاس فارنهایت

این مقیاس هنوز هم در صنعت و هواشناسی مورد استفاده قرار می گیرد. براساس مقیاس فارنهایت دمای انجماد آب،  $32^\circ F$  و دمای به جوش آمدن آب  $212^\circ F$  است.

اختلاف بین دمای انجماد و جوشیدن آب در

$$212^\circ F - 32^\circ F = 180^\circ F$$

مقیاس فارنهایت  $180$  درجه است.



با یک تناسب بین درجه بندی فارنهایت و سلسیوس رابطه ی زیر به دست می آید

$$\frac{\theta - 0}{100 - 0} = \frac{F - 32}{212 - 32} \Rightarrow F = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow 1^\circ C = 1.8^\circ F$$

سوال ۷-۴

دمای بدن یک انسان سالم تقریباً  $37^\circ C$  است. این دما را بر حسب کلونین و فارنهایت بنویسید.

سوال ۸-۴

رابطه بین تغییر دما در مقیاس سلسیوس ( $\Delta\theta$ ) و مقیاس فارنهایت ( $\Delta F$ ) کدام است؟

$$\Delta F = \frac{9}{5}\Delta\theta - 32 \quad (۴)$$

$$\Delta F = \frac{9}{5}\Delta\theta \quad (۳)$$

$$\Delta F = \frac{9}{5}\Delta\theta + 32 \quad (۲)$$

$$\Delta F = \Delta\theta \quad (۱)$$

۴-۳-۱-۲- رابطه‌ی دماسنج‌ها با دماسنج نامشخص

اگر دماسنجی، دماهای  $\theta_1$  و  $\theta_2$  را به ترتیب  $x_1$  و  $x_2$  نشان دهد همچنین دمای  $\theta$  را  $x$  نشان دهد، آنگاه رابطه‌ی خطی زیر برقرار است

$$\frac{\theta - \theta_1}{x - x_1} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{x_2 - x_1}$$

سوال ۹-۴

دماسنجی دماهای صفر درجه سلسیوس و  $40^\circ\text{C}$  را به ترتیب ۵ و ۸۵ نشان می‌دهد. این دماسنج دمای آب در حال جوش ( $100^\circ\text{C}$ ) را چه عددی نشان می‌دهد؟

سوال ۱۰-۴

فرض کنید در یک دماسنج، نقاط ذوب یخ و جوش آب را در شرایط متعارفی  $40^\circ$  و  $220^\circ$  انتخاب کرده باشند. اگر دمای این دماسنج را با  $\theta_F$  و دمای دماسنج سانتی‌گراد را با  $\theta_C$  نشان دهیم، کدام رابطه‌ی زیر درست است؟

(سراسری ریاضی)

$$\theta_F = 2/2\theta_C + 40 \quad (4) \quad \theta_F = \frac{9}{5}\theta_C + 32 \quad (3) \quad \frac{\theta_F - 32}{180} = \frac{\theta_C}{100} \quad (2) \quad \theta_F = \frac{9}{5}\theta_C + 40 \quad (1)$$

۴-۳-۱-۳- نکته

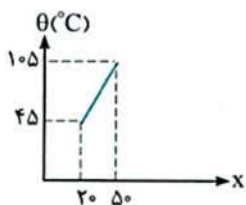
رابطه‌ی دماسنجی بین دو دماسنج، رابطه‌ای خطی است یعنی می‌توان آن را به صورت یک معادله‌ی خط بیان کرد.

$$\theta = ax + b$$

سوال ۱۱-۴

نمودار تغییرات دما برحسب درجه سلسیوس و دماسنج نامشخصی به صورت خط مقابل است. اگر این

دماسنج را داخل آب  $30^\circ\text{C}$  قرار دهیم، چه عددی را نشان می‌دهد؟



$$24/5 \quad (2)$$

$$12/5 \quad (1)$$

$$65 \quad (4)$$

$$55 \quad (3)$$

#### ۴-۴-۴- دماسنج‌های معیار

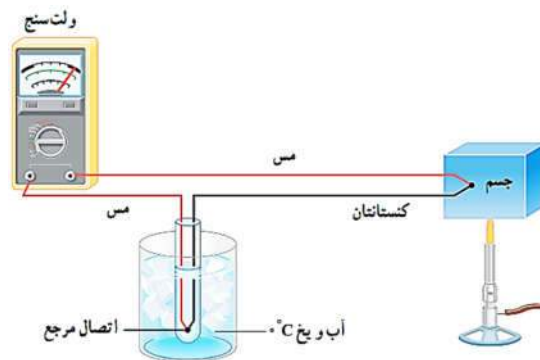
نام دماسنج	نحوه کار کردن دماسنج	آیا دماسنج معیار است؟
دماسنج گازی	براساس قانون گازهای کامل	بله
دماسنج تف‌سنج (پیرومتر)	براساس تابش گرمایی	بله
دماسنج مقاومت پلاتینی	براساس تغییر مقاومت الکتریکی	بله
دماسنج ترموکوپل	براساس تغییرات ولتاژ	خیر

#### ۴-۴-۱- دماسنج ترموکوپل

دقت این دماسنج از دماسنج‌های الکی و جیوه‌ای بیشتر است اما نسبت به سایر دماسنج‌های معیار نام برده شده از دقت کمتری برخوردار است. ولی این دماسنج همچنان کاربرد فراوانی در صنعت و آزمایشگاه‌ها دارد. در دماسنج ترموکوپل کمیت دماسنجی ولتاژ است.

#### ۴-۴-۱-۱- ساختمان دماسنج ترموکوپل

دماسنج ترموکوپل از دو سیم فلزی غیر هم‌جنس تشکیل شده که از طرفی در دمای ( $0^{\circ}\text{C}$ ) نگه داشته شده و از طرف دیگر در جایی قرار دارد که می‌خواهیم دمای آن را اندازه‌گیری کنیم. به علت اختلاف دما یک اختلاف پتانسیل بین دو فلز برقرار می‌شود که با اندازه‌گیری این ولتاژ، می‌توان دمای مورد نظر را اندازه‌گیری کرد. کافی است آزمایش در دماهای مختلف انجام شود و دما در هر ولتاژی مشخص شود.



#### گستره دماسنجی یک ترموکوپل به جنس سیم‌های آن بستگی دارد.

مزیت ترموکوپل این است که به دلیل جرم کوچک محل اتصال، خیلی سریع با دستگاہی که دمای آن اندازه‌گیری می‌شود به حالت تعادل گرمایی می‌رسد و به علاوه می‌تواند در مدارهای الکترونیکی به کار رود.

سوال ۱۲-۴

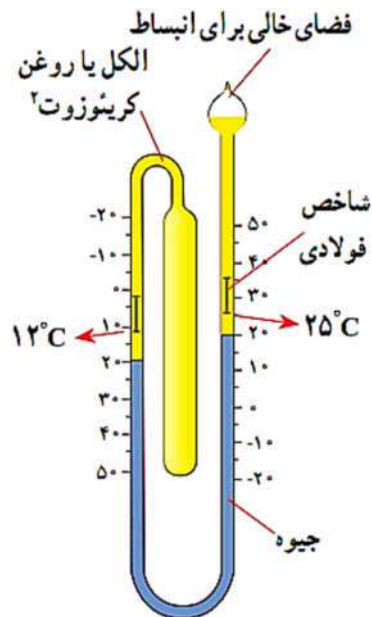
«ترموکوپل» چیست؟

(سراسری تجربی ۸۹ قارج از کشور)

- ۱) وسیله‌ای برای سنجش رسانایی حرارتی اجسام است.
- ۲) دماسنجی است که در آن اختلاف دما باعث ایجاد شدت جریان الکتریکی می‌شود.
- ۳) دماسنجی است که در آن تغییر دما باعث تغییر حجم گاز یا مایع می‌شود.
- ۴) وسیله‌ای برای ثابت نگه داشتن دمای داخلی ساختمان است.

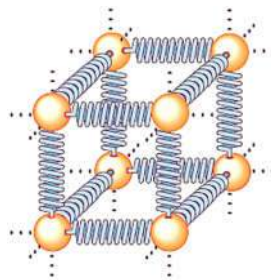
#### ۴-۴-۲- دماسنج بیشینه و کمینه

این دماسنج در مراکز پرورش گل و گیاه، باغداری و هواشناسی و ... کاربرد دارد. به کمک این دماسنج کمینه دما و بیشینه دمای محیط در مدت معین مثلاً یک شبانه روز را اندازه‌گیری می‌کنند.



#### ۴-۵- انبساط گرمایی

بیشتر اجسام در اثر افزایش دما، منبسط می‌شوند و با کاهش دما نیز از حجم شان کم می‌شود. توجیه انبساط گرمایی، مبتنی بر دیدگاه میکروسکوپی است. تحلیل‌های پیشرفته‌تر نشان می‌دهد که نیروی بین اتمی در جامدها شبیه نیروی فنر است. هر اتم در اطراف محل تعادل خود ارتعاش می‌کند و با افزایش دما و گرفتن انرژی، بر دامنه نوسان اتم‌ها اضافه شده و فاصله‌ی متوسط آنها از یکدیگر افزایش می‌یابد و به طور ظاهری می‌بینیم که جسم (از نظر طول و سطح و حجم افزایش پیدا می‌کند) منبسط می‌شود.



با انبساط جسم جامد، شکل آن عوض نمی‌شود و همه ابعاد آن به تناسب افزایش می‌یابد

#### ۴-۵-۱- انبساط طولی

اگر میله‌ای با طول اولیه  $L_1$  گرم شود و دمای آن به اندازه‌ی  $\Delta T$  تغییر کند، طول میله به اندازه  $\Delta L$  تغییر خواهد کرد.

$$L_2 = L_1 (1 + \alpha \Delta T) \Rightarrow L_2 = L_1 + L_1 \alpha \Delta T \Rightarrow \underbrace{L_2 - L_1}_{\Delta L} = L_1 \alpha \Delta T \Rightarrow \Delta L = L_1 \alpha \Delta T$$

$L_1$ : طول جسم در دمای  $\theta_1$      $L_2$ : طول جسم در دمای  $\theta_2$      $\alpha$ : ضریب انبساط طولی

سوال ۴-۱۳

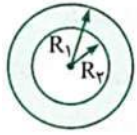
دمای میله‌ای از جنس آلومینیم را از  $100^\circ\text{C}$  به  $50^\circ\text{C}$  می‌رسانیم. اگر طول اولیه میله برابر  $610\text{m}$  باشد، تغییر طول میله چه مقدار و چگونه است؟  
 $(\alpha = 25 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}})$

سوال ۴-۱۴

برای اندازه‌گیری ضریب انبساط طولی مس، میله‌ای به طول  $4000\text{cm}$  از جنس مس را از دمای  $20^\circ\text{C}$  به  $100^\circ\text{C}$  می‌رسانیم و طول میله به  $4005\text{cm}$  می‌رسد. ضریب انبساط طولی مس چقدر است؟

سوال ۴-۱۵

درون صفحه دایره‌ای به شعاع  $R_1 = 20/0 \text{ cm}$  از جنس فولاد، حفره‌ای به شعاع  $R_2 = 15/0 \text{ cm}$  ایجاد کرده‌ایم. اگر دمای صفحه را  $100/0^\circ \text{ C}$



افزایش دهیم:  $(\alpha = 1/0 \times 10^{-5} \frac{1}{\text{K}})$

ا) شعاع حفره و شعاع صفحه چند سانتی‌متر می‌شود؟  
ب) پهنای اولیه  $5/0 \text{ cm}$  پس از افزایش دما چقدر می‌شود؟

سوال ۴-۱۶

ریل‌های  $10^\circ \text{ C}$  متری راه آهنی را در یک روز زمستانی به دمای  $-10^\circ \text{ C}$  به دنبال هم کار می‌گذارند. اگر دما در تابستان تا  $40^\circ \text{ C}$  بالا رود، از ابتدا (در دمای

$-10^\circ \text{ C}$ ) حداقل چند میلی‌متر باید فاصله بین ریل‌ها خالی بماند تا در اثر انبساط حرارتی به هم فشار نیآورند؟  $(\alpha_{\text{آهن}} = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1})$

(سراسری تهرینی ۸۶)

۶ (۴)

۵ (۳)

۴/۸ (۲)

۳/۶۵ (۱)

۴-۱-۱-۵- نکته

مقایسه انبساط طولی برای دو میله که دارای ضرایب انبساط طولی  $\alpha$  و  $\alpha'$  هستند بصورت زیر است

$$\frac{\Delta L}{\Delta L'} = \left(\frac{L}{L'}\right) \left(\frac{\alpha}{\alpha'}\right) \left(\frac{\Delta T}{\Delta T'}\right)$$

سوال ۴-۱۷

دمای دو میله با طول‌های اولیه  $L_A$  و  $L_B$  و ضریب انبساط طولی  $\alpha_A = 3\alpha_B$  را به ترتیب 400 و 600

درجه سلسیوس افزایش می‌دهیم، اگر افزایش طول دو میله برابر شود، نسبت  $\frac{L_A}{L_B}$  را به دست آورید.

$$\frac{\Delta L_A}{\Delta L_B} = \left(\frac{L_A}{L_B}\right) \left(\frac{\alpha_A}{\alpha_B}\right) \left(\frac{\Delta T_A}{\Delta T_B}\right) \rightarrow 1 = \frac{L_A}{L_B} \times 3 \times \frac{400}{600} \rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \frac{1}{2}$$

سوال ۴-۱۸

طول دو میله فلزی A و B در دمای  $20^\circ \text{ C}$  هر یک برابر ۲ متر است. دمای دو میله را چند درجه سلسیوس افزایش دهیم تا اختلاف طول آن‌ها

(سراسری تهرینی ۹۳ خارج از کشور)

برابر  $0/8 \text{ mm}$  شود؟  $(\alpha_A = 12 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ \text{C}}, \alpha_B = 20 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ \text{C}})$

۱۰۰ (۴)

۷۰ (۳)

۵۰ (۲)

۳۰ (۱)



سوال ۱۹-۴

دو میله فلزی A و B در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  به ترتیب دارای طول های  $50\text{cm}$  و  $70\text{cm}$  می باشند، دمای دو میله را  $3^{\circ}\text{C}$  افزایش می دهیم، باز هم اختلاف طول آن ها  $20\text{cm}$  می شود. نسبت ضریب انبساط طولی میله A به ضریب انبساط طولی میله B کدام است؟

(سراسری ریاضی ۹۳ قاج از کشور)

- (۱)  $\frac{3}{7}$     (۲)  $\frac{7}{3}$     (۳)  $\frac{5}{7}$     (۴)  $\frac{7}{5}$

سوال ۲۰-۴

طول یک میله آهنی در دمای صفر درجه سلسیوس، یک میلی متر بیش تر از طول یک میله مسی در همین دما است. اگر دمای میله ها را به  $100$  درجه سلسیوس برسانیم، طول میله مسی  $0.5$  میلی متر بیش تر از طول میله آهنی خواهد شد. طول اولیه میله آهنی چند متر است؟ (ضریب انبساط طولی آهن و مس در SI به ترتیب  $1.2 \times 10^{-5}$  و  $1.8 \times 10^{-5}$  است.)

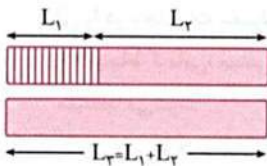
(سراسری تجربی ۹۵)

- (۱)  $1/102$     (۲)  $2/498$     (۳)  $2/503$     (۴)  $4/448$

سوال ۲۱-۴

در دمای صفر درجه سلسیوس، مجموع طول میله های به هم چسبیده  $L_1$  و  $L_2$  با طول میله  $L_3$  برابر است و ضریب انبساط طولی میله ها نیز به ترتیب  $\alpha_1$ ،  $\alpha_2$  و  $\alpha_3$  است. اگر در هر دمای بالاتر از صفر نیز این تساوی طول برقرار باشد، کدام رابطه درست است؟

(سراسری ریاضی ۸۸ قاج از کشور)

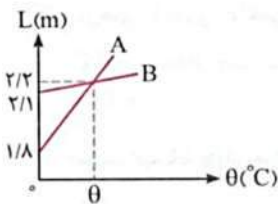


- (۱)  $\alpha_3 = \alpha_1 + \alpha_2$     (۲)  $\alpha_3 = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$
- (۳)  $\alpha_3 = \frac{L_1\alpha_1 + L_2\alpha_2}{L_3}$     (۴)  $\alpha_3 = \frac{|L_1\alpha_1 - L_2\alpha_2|}{L_3}$

سوال ۲۲-۴

نمودار مقابل، تغییرات طول دو میله A و B را بر حسب دما نشان می دهد. نسبت ضریب انبساط طولی A به ضریب انبساط طولی B کدام است؟

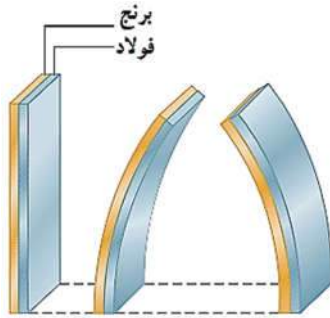
(مشابه سراسری ریاضی ۸۳ قاج از کشور)



- (۱)  $\frac{3}{14}$     (۲)  $\frac{14}{3}$     (۳)  $\frac{1}{4}$     (۴)  $4$

۶-۴- دماسنج نواری دو فلزه، ترموستات یا دماپا

دو میله هم طول یکی از جنس برنج ( $\alpha = 19 \times 10^{-6}$ ) و دیگری از جنس فولاد ( $\alpha = 13 \times 10^{-6}$ ) که به هم جوش داده شده‌اند

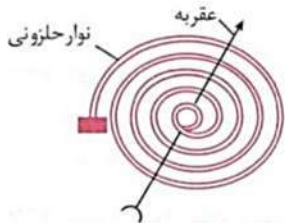


مطابق رابطه  $\Delta L = L_1 \alpha \Delta T$  به ازای افزایش دما  $\Delta T > 0$  و  $\alpha$  برنج از  $\alpha$  فولاد بزرگتر است، مقدار افزایش طول برنج بیشتر از افزایش طول فولاد می‌شود.

همچنین اگر دما کاهش یابد،  $\Delta T < 0$  نیز طبق رابطه  $\Delta L = L_1 \alpha \Delta T$  مقدار کاهش طول میله برنجی بیشتر از میله فولادی است. یعنی طول برنج کوتاه‌تر از طول فولاد می‌شود.

سوال ۲۳-۴

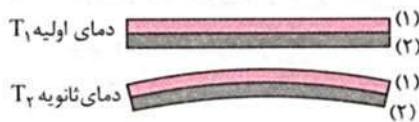
شکل مقابل، ساختمان داخلی یک دماسنج را نشان می‌دهد. اساس کار این دماسنج چیست؟



- (۱) تفاوت ضریب انبساط عقریه و نوار حلزونی باعث باز و بسته شدن نوار حلزونی می‌شود.
- (۲) تفاوت ضریب‌های انبساط فلزهای سازنده نوار حلزونی باعث باز و بسته شدن نوار حلزونی می‌شود.
- (۳) نوار فلزی از یک فلز با ضریب انبساط بزرگ ساخته شده است.
- (۴) نوار فلزی از یک فلز با ضریب انبساط کوچک ساخته شده است.

سوال ۲۴-۴

مطابق شکل، دو فلز به هم چسبیده‌اند و در دمای  $T_1$  قرار دارند و اگر دما را به  $T_2$  برسانیم مطابق شکل روبه‌رو خواهند شد. اگر ضریب انبساط فلز (۱) و (۲) به ترتیب  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$  باشد کدام گزینه درست است؟



$T_2 < T_1$  و  $\alpha_2 > \alpha_1$  (۲)

$T_2 > T_1$  و  $\alpha_2 > \alpha_1$  (۱)

$T_2 < T_1$  و  $\alpha_2 = \alpha_1$  (۴)

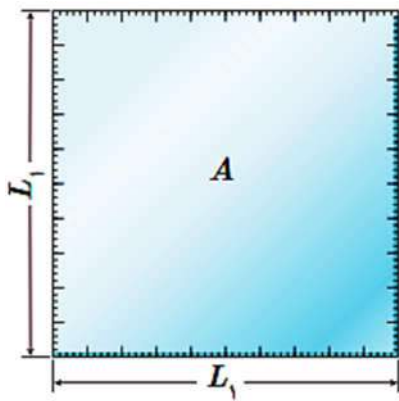
$T_2 > T_1$  و  $\alpha_2 = \alpha_1$  (۳)

سوال ۲۵-۴

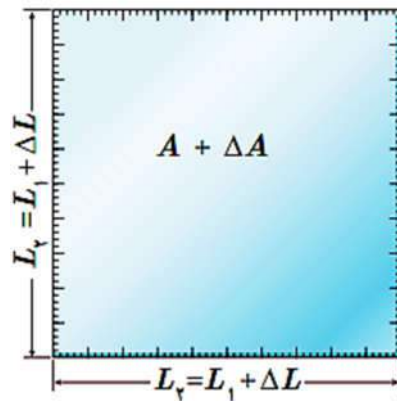
مطابق شکل سه میله با جنس‌های متفاوت را به هم جوش می‌دهیم. اگر  $\alpha_1 < \alpha_3 < \alpha_2$  باشد، در اثر افزایش دما شکل نهایی به‌چه صورت می‌شود؟



۷-۴- انبساط سطحی



$$A_1 = L_1 \times L_1 = L_1^2$$



$$L_2 = L_1(1 + \alpha \Delta T) = (L_1 + L_1 \alpha \Delta T)$$

$$A_2 = L_2 \times L_2 = (L_1 + L_1 \alpha \Delta T)(L_1 + L_1 \alpha \Delta T)$$

$$A_2 = L_2 \times L_2 = (L_1 + L_1 \alpha \Delta T)(L_1 + L_1 \alpha \Delta T)$$

$$A_2 = [L_1(1 + \alpha \Delta T)][L_1(1 + \alpha \Delta T)] = L_1^2 [1 + \alpha \Delta T + \alpha \Delta T + (\alpha \Delta T)^2]$$

$$A_2 = L_1^2 \left[ 1 + 2\alpha \Delta T + \underbrace{\left( \frac{\alpha^2}{\text{خیلی کوچک}} \Delta T^2 \right)}_{\text{خیلی کوچک}} \right] = L_1^2 (1 + 2\alpha \Delta T) = L_1^2 + L_1^2 2\alpha \Delta T$$

$$A_2 = A_1 + A_1 2\alpha \Delta T$$

$$\Rightarrow A_2 - A_1 = A_1 2\alpha \Delta T \Rightarrow \Delta A = A_1 2\alpha \Delta T$$

$2\alpha$  ضریب انبساط سطحی جسم جامد است.

ضریب انبساط سطحی تقریباً ۲ برابر ضریب انبساط طولی است.

سوال ۲۶-۴

مساحت جانبی یک مکعب فلزی ۰/۲۵ متر مربع و ضریب انبساط طولی آن  $2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  است. اگر دمای این مکعب ۱۰۰ درجه سلسیوس افزایش یابد، سطح جانبی آن تقریباً چند سانتی متر مربع افزایش می یابد؟

(سراسری تیرپی ۸۸ قاج از کشور)

۱۰۰ (۴)

۸۰ (۳)

۱۰ (۲)

۸ (۱)

سوال ۲۷-۴

دمای یک قرص فلزی را ۲۵۰ درجه سلسیوس افزایش می دهیم، در نتیجه مساحت آن یک درصد افزایش می یابد، ضریب انبساط طولی فلز در

(سراسری ریاضی ۹۳)

SI کدام است؟

$4 \times 10^{-6}$  (۴)

$2 \times 10^{-6}$  (۳)

$4 \times 10^{-5}$  (۲)

$2 \times 10^{-5}$  (۱)

سوال ۲۸-۴

اگر با افزایش دما، طول یک ورقه فلزی مستطیل شکل  $0/4$  درصد افزایش یابد، مساحت آن تقریباً چند درصد افزایش می یابد؟

- ۱)  $1/6$  (۲)  $0/8$  (۳)  $0/4$  (۴)  $0/2$

سوال ۲۹-۴

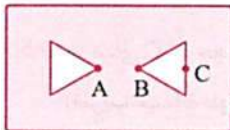
دمای یک میله مسی را  $100^{\circ}C$  افزایش می دهیم، طول آن  $0/17$  درصد افزایش می یابد. اگر دمای یک ورقه مسی را  $100^{\circ}C$  افزایش دهیم، مساحت آن چند برابر می شود؟

(سراسری ریاضی ۹۱ قارج از کشور)

- ۱)  $1/0017$  (۲)  $0/0034$  (۳)  $0/3400$  (۴)  $1/0034$

سوال ۳۰-۴

مطابق شکل، در یک صفحه فلزی دو حفره مثلثی شکل وجود دارد. اگر بر اثر تغییرات دما، اضلاع این صفحه افزایش پیدا کنند، فاصله  $AB$  و  $BC$  به ترتیب از راست به چپ چه تغییری می کنند؟



- ۱) افزایش - افزایش  
۲) افزایش - کاهش  
۳) کاهش - افزایش  
۴) کاهش - کاهش

سوال ۳۱-۴

در درون یک مکعب فلزی به ضلع  $20\text{cm}$  حفره خالی کروی به شعاع  $5\text{cm}$  وجود دارد. اگر در اثر افزایش دما ضلع مکعب به اندازه  $0/004$  میلی متر افزایش یابد، شعاع حفره ..... می یابد.

(سراسری تجربی ۸۵)

- ۱)  $0/001$  میلی متر کاهش  
۲)  $0/001$  میلی متر افزایش  
۳)  $0/003$  میلی متر کاهش  
۴)  $0/003$  میلی متر افزایش

سوال ۳۲-۴

ضریب انبساط طولی یک حلقه فلزی برابر  $K^{-1} \times 10^{-5}$  است. اگر دمای این حلقه را به آرامی  $50$  درجه سلسیوس افزایش دهیم، قطر حلقه چند درصد افزایش می یابد؟

(سراسری تجربی ۹۳)

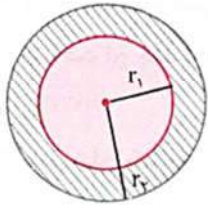
- ۱)  $1$  (۲)  $2$  (۳)  $0/1$  (۴)  $0/2$

سوال ۴-۳۳

سوال ۴-۳۴

دو ورقه دایره‌ای مطابق شکل روی هم قرار گرفته‌اند. اگر  $r_1 = 5 \text{ cm}$  و  $r_2 = 6 \text{ cm}$  باشد نسبت  $\frac{\alpha_2}{\alpha_1}$  (ضریب انبساط طولی ورقه (۲) نسبت به ضریب انبساط طولی ورقه (۱)) چقدر باشد تا در هر تغییر

دمایی، مساحت قسمت هاشور خورده ثابت بماند؟



$$\frac{36}{25} \quad (2)$$

$$\frac{30}{25} \quad (4)$$

$$\frac{25}{36} \quad (1)$$

$$\frac{25}{30} \quad (3)$$

۴-۸- انبساط حجمی

مشابه استدلالی که در مورد انبساط طولی، برای مقدار انبساط حجم اجسام جامد نیز می توان نوشت:

$$V_1 = L_1 A_1$$

$$V_2 = L_2 \times A_2 = (L_1 + L_1 \alpha \Delta T)(A_1 + A_1 2\alpha \Delta T)$$

$$V_2 = [L_1(1 + \alpha \Delta T)][A_1(1 + 2\alpha \Delta T)] = V_1 [1 + 2\alpha \Delta T + \alpha \Delta T + 2(\alpha \Delta T)^2]$$

$$V_2 = V_1 \left[ 1 + 3\alpha \Delta T + 2 \underbrace{\left( \underbrace{\alpha^2 \Delta T^2}_{\text{خیلی کوچک}} \right)}_{\text{خیلی کوچک}} \right] = V_1 (1 + 3\alpha \Delta T) = V_1 + V_1 \frac{3\alpha \Delta T}{\beta}$$

$$V_2 = V_1 + V_1 \beta \Delta T$$

$$\Rightarrow V_2 - V_1 = V_1 \beta \Delta T \Rightarrow \Delta V = V_1 \beta \Delta T$$

ضریب انبساط حجمی ۳ برابر انبساط طولی است  $\beta = 3\alpha$ .

نکته: ضریب انبساط حجمی  $\frac{3}{2}$  برابر سطحی است.

۴-۸-۱-۱- نکته

واحد ضریب انبساط خطی و سطحی و حجمی  $\left(\frac{1}{^\circ C}\right)$  یا  $\left(\frac{1}{^\circ K}\right)$  است

سوال ۴-۳۵

به یک میله آن قدر گرما می دهیم تا طول آن یک درصد افزایش یابد. حجم آن تقریباً چند درصد افزایش می یابد؟ (سراسری ریاضی ۹۱)

۱) ۵/۰

۲) ۳

۳) ۴

۴) ۳

#### ۹-۴- انبساط مایع‌ها

در مایع با افزایش دما حرکت کاتوره‌ای اتم‌ها و مولکول‌ها بیشتر می‌شود. این افزایش حرکت‌ها باعث دور شدن اتم‌ها و مولکول‌ها از هم می‌شود و حجم مایع افزایش می‌یابد. مایعات شکل معینی ندارند پس برای آن‌ها فقط انبساط حجمی در نظر گرفته می‌شود. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که رابطه‌ی انبساط حجمی مایع‌ها و جامدها شبیه یکدیگر است

$$V_2 = V_1 + V_1 \beta \Delta T$$

$$\Delta V = V_1 \beta \Delta T$$

$\beta$  ضریب انبساط حجمی مایع است.

مقایسه ضریب انبساط حجمی جامدها با ضریب انبساط حجمی مایعات نشان می‌دهد انبساط حجمی جامدها عموماً از مایعات بسیار کمتر است و به همین دلیل در بسیاری از محاسبات می‌توان از مقدار افزایش حجم جامد در مقابل افزایش حجم ظرف صرف نظر کرد. اما اگر انبساط ظرف در نظر گرفته شود خواهیم داشت.

$$V_2 = V_1 + V_1 \beta' \Delta T$$

$$\Delta V = V_1 \beta' \Delta T$$

$$\beta' = \underbrace{\beta}_{\text{ضریب انبساط مایع}} + \underbrace{\frac{3\alpha}{3}}_{\text{ضریب انبساط ظرف}}$$

سوال ۳۶-۴

ارلنی شیشه‌ای را که در دمای  $20^\circ\text{C}$  گنجایشی برابر  $200\text{cm}^3$  دارد، مطابق شکل با گلیسرین در همان دما پر کرده‌ایم. اگر دمای ظرف و گلیسرین  $60^\circ\text{C}$  به برسد الف- آیا گلیسرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟  
ب- اگر پاسخ قسمت (الف) مثبت است، حجم گلیسرین سر ریز شده چقدر است؟

الف- افزایش حجم گلیسرین و افزایش حجم ظرف شیشه‌ای را به طور جداگانه به دست می‌آوریم  
 افزایش حجم گلیسرین:  $\Delta V' = \beta V_1 \Delta T = (49 \times 10^{-5})(200)(60 - 20) = 3.9\text{cm}^3$   
 افزایش حجم ظرف:  $\Delta V'' = \beta V_1 \Delta T = (3\alpha) V_1 \Delta T = (3 \times 9 \times 10^{-6})(200)(60 - 20) = 0.2\text{cm}^3$   
 ب- افزایش حجم گلیسرین بیشتر از افزایش حجم ظرف است بنابراین گلیسرین از ظرف بیرون می‌ریزد بنابراین مقدار حجم گلیسرین که از ظرف بیرون می‌ریزد برابر است با  
 $\Delta V - \Delta V'' = (3.9 - 0.2) = 3.7\text{cm}^3$

سوال ۴-۳۷

در دمای صفر درجه سلسیوس حجم ظرف شیشه‌ای توسط یک لیتر جیوه کاملاً پر شده است. وقتی دمای مجموعه را به ۸۰ درجه سلسیوس می‌رسانیم  $12 \text{ cm}^3$  جیوه از ظرف خارج می‌شود. اگر ضریب انبساط حجمی جیوه  $1/8 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  باشد، ضریب انبساط طولی شیشه در SI چقدر است؟

(۱)  $1/2 \times 10^{-4}$

(۲)  $10^{-4}$

(۳)  $10^{-5}$

(۴)  $2 \times 10^{-5}$

(سراسری ریاضی ۸۶)

سوال ۴-۳۸

در دمای صفر درجه، ظرف شیشه‌ای  $360 \text{ cm}^3$  حجم دارد. چند سانتی‌متر مکعب جیوه داخل ظرف بریزیم تا با تغییر دما، حجم قسمت خالی ظرف تغییر نکند؟ (ضریب انبساط طولی شیشه  $\frac{1}{8} \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  و ضریب انبساط حجمی جیوه  $\frac{1}{8} \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  است.)

(۱) ۲۴

(۲) ۳۶

(۳) ۴۸

(۴) این کار امکان‌پذیر نیست.



۴-۱۰- چگالی و دما

به طور معمول افزایش دما باعث افزایش حجم می شود اما جرم ماده تغییر نمی کند.

رابطه‌ی  $\rho = \frac{m}{V}$  نشان می دهد که با افزایش حجم مقدار  $\rho$  تغییر می کند.

رابطه‌ی چگالی ماده در دو دمای اولیه و ثانویه به صورت مقابل است

$$\rho_1 = \frac{m}{V_1}$$

$$\rho_2 = \frac{m}{V_2} \rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{V_1}{V_2} \xrightarrow{V_2 = V_1(1 + \beta \Delta T)} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{V_1}{V_1(1 + \beta \Delta T)}$$

$$\Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1}{1 + \beta \Delta T}$$

۴-۱۰-۱- نکته

می توان نشان داد که با تقریب مناسبی، چگالی جسم بر حسب تغییرات دما از رابطه‌ی روبه رو به دست می آید

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1}{1 + \beta \Delta T} \times \frac{1 - \beta \Delta T}{1 - \beta \Delta T} = \frac{1 - \beta \Delta T}{1 - (\beta \Delta T)^2} = \frac{1 - \beta \Delta T}{1 - \underbrace{\beta^2 (\Delta T)^2}_{\ll 1}}$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1 - \beta \Delta T}{1} \Rightarrow \rho_2 \approx \rho_1 (1 - \beta \Delta T)$$

سوال ۴-۳۹

دمای یک میله فلزی به  $\theta$  می رسد. اگر طول آن ۱٪ درصد افزایش یابد، چگالی آن تقریباً ..... (سراسری ریاضی ۹۰ قاج از کشور)

(۱) ۱٪ درصد کاهش می یابد.

(۲) ۳٪ درصد کاهش می یابد.

(۳) ۱٪ درصد افزایش می یابد.

(۴) ۳٪ درصد افزایش می یابد.

۴-۱۰-۲- انبساط غیر عادی آب

حجم بیشتر مایع‌ها با کم شدن دما کاهش می‌یابد در نتیجه چگالی آن‌ها افزایش می‌یابد.

اما رفتار آب در محدوده دمایی  $0^{\circ}\text{C}$  تا  $4^{\circ}\text{C}$  متفاوت است

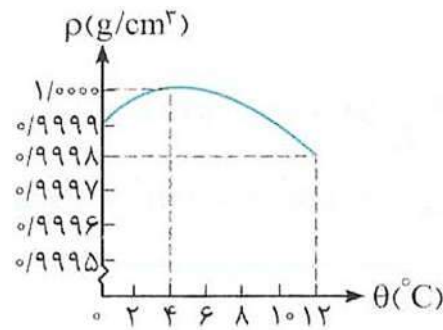
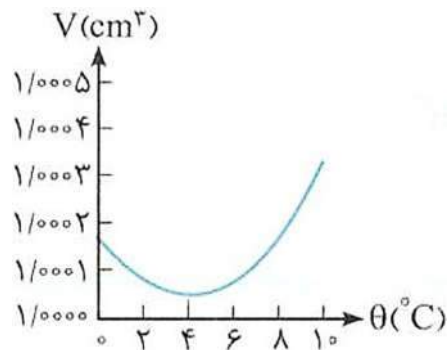
یعنی در این محدوده با افزایش دما حجم آب کاهش و چگالی افزایش می‌یابد.

علت این است که در این محدوده دمایی، هنوز بقایای ساختار مولکولی یخ در آب وجود دارد و فاصله‌ی

بین این مولکول‌ها هنوز در حال کم شدن است.

لذا با کاهش حجم چگالی افزایش و با افزایش حجم چگالی کاهش پیدا می‌کند.

بنابراین آب در  $4^{\circ}\text{C}$  کمترین حجم و بیشترین چگالی را دارا است.



سوال ۴-۱۰

چند جمله از جملات زیر درباره انبساط غیرعادی آب درست است؟

(آ) از دمای صفر درجه سلسیوس تا ۴ درجه سلسیوس حجم آب کاهش می‌یابد.

(ب) آب در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  کمترین حجم و بیشترین چگالی را دارد.

(پ) از دمای  $4^{\circ}\text{C}$  به بالا، حجم آب با افزایش دما کاهش می‌یابد.

(ت) علت انبساط غیرعادی آب را باید با ساختار مولکول‌های آن در یخ توضیح داد.

(ث) در محدوده دماهای صفر درجه سلسیوس تا ۴ درجه سلسیوس بقایای ساختار مولکولی یخ هنوز در آب وجود دارد و موجب رفتار غیرعادی آب می‌شود.

۵ (۴)

۴ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

سوال ۴-۱۱

برای اندازه‌گیری دمای بین صفر تا ده درجه سلسیوس، کدام یک از دماسنج‌های زیر غیرقابل اعتماد خواهد بود؟

(۴) ستون مایع آب

(۳) ستون مایع الکل

(۲) دماسنجی با درجه‌بندی کلوین

(۱) دماسنج ترموکوپل

#### ۴-۱۱-۱۱- گرما

گرما یک نوع انرژی است که به علت اختلاف دمای بین دو جسم انتقال می‌یابد. بنابراین برای یکای گرما از همان یکای انرژی، یعنی ژول  $[J]$  می‌توان استفاده کرد.  
یکای دیگر گرما کالری  $[cal]$  است که در موارد خاصی از آن استفاده می‌شود.

$$1cal = 4.1860J \approx 4.2J$$

#### ۴-۱۱-۱- تعادل گرمایی

هرگاه دو جسم با دماهای متفاوت را به یکدیگر تماس دهیم گرما از جسم با دمای بیشتر به جسم با دمای کمتر منتقل شده و این عمل آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا دو جسم به دمای یکسان (تعادل) برسند.  
از دیدگاه میکروسکوپی، آنچه که اتفاق می‌افتد کاهش انرژی جنبشی و پتانسیل مربوط به حرکت کاتوره‌ای اتم‌ها، مولکول‌ها و سایر اجزای میکروسکوپی داخل جسم گرم و افزایش همین مقدار انرژی در داخل جسم سرد است تا آنکه دو جسم به تعادل گرمایی برسند.

#### ۴-۱۱-۲- ظرفیت گرمایی

مقدار گرمایی که به جسم داده می‌شود تا دمای آن یک کلونین  $1^\circ C$  بالا رود. آن را با حرف  $C$  نمایش می‌دهند که به جنس جسم و جرم آن بستگی دارد و یکای ظرفیت گرمایی  $\frac{[J]}{[K]}$  است.

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow Q = C \Delta T$$

#### ۴-۱۱-۳- ظرفیت گرمایی ویژه

این کمیت به اندازه‌گیری گرما کمک می‌کند.  
مقدار گرمایی است که به واحد جرم جسم داده می‌شود تا بدون تغییر حالت دمای آن یک درجه سلسیوس (یا یک کلونین) افزایش یابد.

$$c = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m \Delta T}$$

اگر گرمای ویژه  $c$  و جرم  $m$  و تغییرات دما را با  $\Delta T$  نشان داده شود، مقدار گرمای مبادله شده  $Q$  بصورت زیر محاسبه می‌شود

$$Q = m c \Delta T$$

یکای گرمای ویژه  $\frac{[J]}{[kg][^\circ C]}$  است.

معمولاً در حل مسایل به جای  $\Delta T$  معادل آن یعنی  $\Delta \theta$  بر حسب  $1^\circ C$  را قرار می‌دهیم.  
گرمای ویژه یک جسم به جنس ماده تشکیل دهنده آن بستگی دارد.

سوال ۴-۲۲

یک نیروگاه هسته‌ای روزانه  $10^5 \text{ m}^3$  آب از رودخانه می‌گیرد و  $2100$  گیگاژول از گرمای اتلافی خود را به این آب می‌دهد. اگر دمای آب ورودی  $25^\circ \text{C}$  باشد، دمای آب خروجی چند درجه سلسیوس است؟ ( $c_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg.K}$  ,  $\rho_{\text{آب}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ ) (سراسری ریاضی ۹۰ قارج از کشور)

۵۰ (۱) ۲۵/۵ (۲) ۳۰ (۳) ۷۵ (۴)

سوال ۴-۲۳

جسمی به جرم  $2 \text{ kg}$ ، بدون تغییر حالت  $40 \text{ kJ}$  گرما از دست می‌دهد. اگر دمای اولیه جسم  $5^\circ \text{C}$  باشد، دمای ثانویه اش چند درجه سلسیوس می‌باشد؟ ( $c = 400 \text{ J/kg.K}$ ) (سراسری تجربی ۸۷)

صفر (۱) ۲۵ (۲)  $-50$  (۳) ۱۰۰ (۴)

سوال ۴-۲۴

گرمای  $Q$ ، دمای  $3$  گرم از ماده  $A$  را  $5^\circ \text{C}$  و دمای  $2$  گرم از ماده  $B$  را  $3^\circ \text{C}$  بالا می‌برد. گرمای ویژه ماده  $A$  چند برابر گرمای ویژه ماده  $B$  است؟ (سراسری تجربی ۹۳)

۰/۴ (۱) ۰/۵ (۲) ۱/۵ (۳) ۲/۵ (۴)

سوال ۴-۲۵

به دو جسم به یک اندازه گرما داده‌ایم و بدون تغییر حالت دمای آن‌ها به یک اندازه افزایش یافته است. در این صورت الزاماً:  
 (۱) دو جسم مشابه بوده‌اند.  
 (۲) جرم و گرمای ویژه آن‌ها یکسان است.  
 (۳) گرمای ویژه آن‌ها یکسان است.  
 (۴) نسبت گرمای ویژه آن‌ها به نسبت عکس جرم آن‌ها است.

سوال ۴-۲۶

به دو گلوله مسی به ترتیب  $1200 \text{ J}$  و  $300 \text{ J}$  گرما می‌دهیم. دمای هر کدام از آن‌ها  $3^\circ \text{C}$  افزایش می‌یابد. اگر گرمای ویژه مس  $400 \text{ J/kg.K}$  باشد، اختلاف جرم آن‌ها چند گرم است؟ (سراسری ریاضی ۸۵ قارج از کشور)

۲۵ (۱) ۵۰ (۲) ۷۵ (۳) ۱۲۵ (۴)

سوال ۴-۴۷

دو کره ی مسی همدم و هم قطر داریم که یکی توپر و دیگری توخالی است.  
الف- اگر هر دو را در داخل یک ظرف بزرگ آب جوش انداخته شوند، افزایش حجم کدام یک بزرگتر است؟

ب- اگر به هر دو کره مقدار یکسانی گرما داده شود، حجم ثانویه ی کدام کره بزرگتر خواهد بود؟  
پاسخ:

الف- چون هر دو کره داخل یک ظرف بزرگ آب جوش انداخته شده اند، هر دو به دمای نهایی یکسانی می رسند، بنابراین مطابق رابطه  $\Delta V = V_1 \beta \Delta T$  تغییرات حجم دو کره یکسان خواهد بود.

ب- چون کره ی توپر جرم بیشتری دارد، به ازای یک مقدار گرمای معین، تغییرات دمای کمتری خواهد داشت  
 $Q = mc\Delta\theta$

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow m_1 c_1 \Delta\theta_1 = m_2 c_2 \Delta\theta_2 \rightarrow \Delta\theta_1 < \Delta\theta_2 \quad (m_1 > m_2)$$

یعنی به دمای کره ی توپر مقدار کمتری اضافه می شود. پس طبق رابطه  $\Delta V = V_1 \beta \Delta T$  افزایش حجم کره ی توپر کمتر خواهد بود.

سوال ۴-۴۸

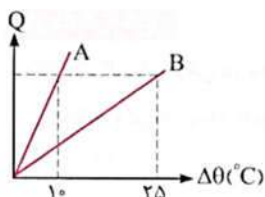
دو کره فلزی هم جنس A و B، اولی توپر و شعاع آن ۲۰cm است. دومی توخالی و شعاع خارجی آن ۲۰cm و شعاع حفره داخلی آن ۱۰cm است.

اگر به دو کره به یک اندازه گرما بدهیم و تغییر دمای آن ها به ترتیب  $\Delta\theta_B$  و  $\Delta\theta_A$  باشد، نسبت  $\frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A}$  کدام است؟ (سراسری تهری ۹۵ فارغ از کشور)

- ۱)  $\frac{1}{4}$       ۲)  $\frac{1}{2}$       ۳)  $\frac{5}{4}$       ۴) ۲

سوال ۴-۴۹

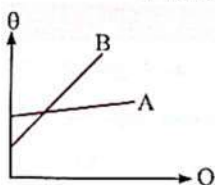
نمودار گرمای داده شده به دو جسم A و B با جرم های یکسان، بر حسب تغییر دما به صورت مقابل می باشد. نسبت گرمای ویژه جسم A به گرمای ویژه جسم B کدام است؟



- ۱)  $\frac{2}{5}$       ۲)  $\frac{5}{2}$       ۳)  $\frac{3}{5}$       ۴)  $\frac{5}{3}$

سوال ۴-۵۰

نمودار تغییرات دما بر حسب گرمای داده شده به دو جسم A و B مطابق شکل است. کدام یک از گزینه ها الزاماً درست است؟



- ۱) گرمای ویژه A از B بزرگتر است.  
۲) گرمای ویژه B از A بزرگتر است.  
۳) ظرفیت گرمایی A از B بزرگتر است.  
۴) ظرفیت گرمایی B از A بزرگتر است.

۴-۱۱-۴- مول و عدد آوگادرو

در موارد زیادی برای تعیین مقدار ماده از یکای مول  $mol$  استفاده می شود. یک مول از هر ماده یعنی تعدادی به اندازهی  $N_a = 6.02 \times 10^{23}$  از اجزای سازندهی آن ماده (اتم) است که به این مقدار، **عدد آوگادرو** گفته می شود.

**به جرم یک مول از ماده جرم مولی** گفته می شود و با  $M$  نشان داده می شود.

اگر  $m$  جرم یک نمونه از ماده باشد، تعداد مولها برابر با  $n = \frac{m}{M}$  می شود.

۴-۱۱-۵- گرمای ویژه مولی

به مقدار گرمایی که به یک مول از آن ماده داده می شود تا در شرایط فیزیکی تعیین شده (مثلا مقدار فشار محیط) دمای آن به اندازهی یک درجه کلون افزایش یابد، ظرفیت گرمایی مولی گفته می شود.

$$c_n = \frac{C}{n} = \frac{Q}{n\Delta T} \Rightarrow Q = n c_n \Delta T$$

$$c_n = \frac{C}{n} = \frac{C}{\left(\frac{m}{M}\right)} = \underbrace{\left(\frac{C}{m}\right)}_{\text{ظرفیت گرمایی ویژه}} \times M = c M$$

در این رابطه  $n$  مقدار ماده بر حسب مول و  $c_n$  **گرمای ویژه مولی** است که یکای آن در  $SI$ ،  $\frac{J}{mol \cdot K}$  می باشد.

۴-۱۱-۵-۱- قانون دولن و پتی

گرمای لازم برای بالا بردن دمای یک مول از فلزات، مقدار یکسانی  $25 \frac{J}{mol \cdot K}$  است و به جنس آنها بستگی ندارد.

سوال ۴-۵۱

گرمای ویژه مولی مس و آلومینیم را با توجه به اطلاعات زیر به دست آورید:

$M_{\text{مس}} = 63.5 \text{ g/mol}$        $c_{\text{مس}} = 386 \text{ J/kg.K}$

$M_{\text{آلومینیم}} = 27 \text{ g/mol}$        $c_{\text{آلومینیم}} = 900 \text{ J/kg.K}$

سوال ۴-۵۲

چند کیلو ژول گرما به  $2/8 \text{ kg}$  آهن داده شود تا دمای آن  $20/0^\circ \text{C}$  افزایش یابد؟ ( $M_{\text{آهن}} = 56 \text{ g/mol}$ )

۱۲۵ (۴)

۵۰ (۳)

۲۵ (۲)

۱۲ (۱)

۴-۱۲- گرماسنج

منظور از گرماسنج یا کالریمتر یک ظرف فلزی و درپوش دار است که تا حد امکان عایق بندی گرمایی شده و آزمایش های گرماسنجی در آن انجام می شود.

**در مسائل تعادل گرمایی معمولاً خود ظرف گرماسنج به عنوان یک جسم که در تبادل گرمایی شرکت می کند در نظر گرفته می شود.**

سوال ۴-۵۳

درون گرماسنجی 100 گرم آب  $15^{\circ}\text{C}$  موجود است، یک قطعه فلز به جرم 100 گرم و دمای  $120^{\circ}\text{C}$  را داخل گرماسنج می اندازیم. پس از مدتی دماسنج کوچک دمای آب را  $20^{\circ}\text{C}$  نشان می دهد.

اگر گرمای ویژه فلز  $400 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$  باشد. **ظرفیت گرمایی این گرماسنج** در SI چقدر است.

در این جا سه جسم در مبادله ی گرمایی شرکت می کنند که عبارتند از **گرماسنج، آب و فلز**

$$m_1 c_1 (\theta_e - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_e - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta_e - \theta_3) = 0$$

$$0.1 \times 4200 \times (20 - 15) + m_2 c_2 (20 - 15) + 0.1 \times 400 \times (20 - 120) = 0$$

$$m_2 c_2 = C_2 \text{ ظرفیت گرمایی}$$

$$2100 + C_2 \times 5 - 4000 = 0 \Rightarrow C_2 = \frac{1900}{5} = 380 \left[ \frac{\text{J}}{^{\circ}\text{C}} \right]$$

سوال ۴-۵۴

(سراسری تهرنی ۸۷ قارج از کشور)

اگر به ۱۰۰ گرم آب صفر درجه سلسیوس  $1680$  ژول گرما بدهیم، حجم آب:  $(c_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C})$

(۲) افزایش می یابد.

(۱) کاهش می یابد.

(۴) ابتدا افزایش، سپس کاهش می یابد.

(۳) ابتدا کاهش، سپس افزایش می یابد.

۴-۱۳- توان گرمایی

به مقدار گرمایی داده شده به جسم نسبت به زمان توان گرمایی گفته می شود. واحد توان  $\left[\frac{W}{s}\right]$  است.

$$P = \frac{Q}{\Delta t}$$

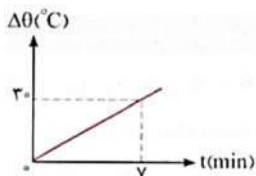
سوال ۴-۵۵

درون ظرف عایقی ۲kg آب  $10^{\circ}C$  وجود دارد. اگر یک گرمکن برقی در مدت ۱۰۰s درون آب قرار گیرد دمای آب را به  $30^{\circ}C$  می رساند. توان متوسط گرمکن برقی چند وات است؟ ( $c = 4200 \text{ J/kg.K}$  آب)

- (۱) ۱۶۸    (۲) ۱۶۸۰    (۳) ۴۸۰    (۴) ۸۴۰

سوال ۴-۵۶

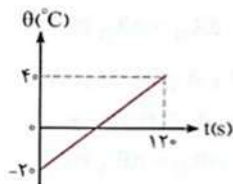
یک گرمکن درون ظرفی که محتوی ۲kg آب است، قرار دارد. نمودار  $\theta$  (دمای آب) برحسب  $t$  (زمان) مطابق شکل است. توان گرمکن چند وات است؟ (فرض کنید انرژی مصرفی فقط صرف گرم کردن ظرف شود و  $c = 4200 \text{ J/kg}^{\circ}C$ )  
(سراسری ریاضی)



- (۱) ۳۰۰    (۲) ۶۰۰    (۳) ۱۲۰۰    (۴) ۳۶۰۰۰

سوال ۴-۵۷

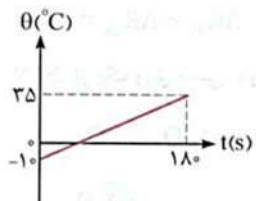
نمودار تغییرات دمای جسم جامدی به جرم ۱۰۰ گرم، برحسب زمان مطابق شکل است. اگر گرمای ویژه جسم  $400 \text{ J/kg}^{\circ}C$  باشد، جسم در هر ثانیه چند ژول گرما گرفته است؟  
(سراسری ریاضی ۹۱)



- (۱) ۱۰    (۲) ۱۲    (۳) ۲۰    (۴) ۲۴

سوال ۴-۵۸

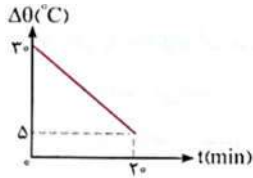
نمودار تغییرات دما برحسب زمان برای جسمی مطابق شکل است و در هر دقیقه ۳kJ گرما به جسم داده می شود. جرم این جسم چند گرم است؟ ( $c = 500 \text{ J/kg}^{\circ}C$ )  
(سراسری تهری ۸۷ قارج از کشور)



- (۱) ۴۰    (۲) ۷۲    (۳) ۴۰۰    (۴) ۷۲۰



سوال ۴-۵۹



از جسمی به جرم ۳۰۰ گرم که در یک وسیله سرمازا قرار گرفته است، با آهنگ ثابت ۳ وات گرما گرفته ایم. اگر نمودار تغییرات دما برحسب زمان به صورت شکل مقابل باشد، گرمای ویژه این جسم چند  $J/kg.K$  است؟

(۸ (۲) (سراسری تهرینی ۹۰ قارج از کشور)

(۱) ۰/۴۸

(۴) ۴۸۰

(۳) ۴۰۰

سوال ۴-۶۰ (بازده گرمکن)

یک گرمکن برقی در مدت ۲۴ ثانیه، دمای ۶۰ گرم مایعی را از ۳۰ درجه سلسیوس به ۵۰ درجه سلسیوس می‌رساند. اگر توان این گرمکن ۳۰۰ وات باشد و گرمای ویژه مایع  $1500 J/kg.K$  باشد، چند درصد گرمای تولیدی به مایع فوق رسیده است؟

(سراسری ریاضی ۹۳ قارج از کشور)

(۴) ۸۴

(۳) ۷۵

(۲) ۲۵

(۱) ۱۶

سوال ۴-۶۱

یک گلوله سربی به جرم ۲۰ گرم با سرعت  $400 m/s$  به یک قطعه چوب برخورد می‌کند و درون آن متوقف می‌شود. اگر ۵۰ درصد انرژی جنبشی گلوله صرف گرم کردن خودش شود و گرمای ویژه سرب  $125 J/kg.K$  باشد، دمای گلوله چند کلون افزایش می‌یابد؟

(سراسری تهرینی ۹۱)

(۴) ۵۹۳

(۳) ۶۴۰

(۲) ۹۱۳

(۱) ۳۲۰

سوال ۴-۶۲

از یک ورق مسی، دو صفحه دایره‌ای شکل به مساحت‌های  $S_1$  و  $S_2 = 2S_1$  بریده و جدا کرده‌ایم. حال اگر به اولی گرمای  $Q_1$  و به دومی گرمای

$Q_2 = 2Q_1$  را بدهیم و بر اثر این گرما افزایش شعاع آن‌ها به ترتیب  $\Delta R_1$  و  $\Delta R_2$  باشد،  $\frac{\Delta R_2}{\Delta R_1}$  چقدر است؟

(سراسری تهرینی ۹۲)

(۴)  $\frac{1}{2}$

(۳) ۲

(۲)  $\frac{\sqrt{2}}{2}$

(۱)  $\sqrt{2}$

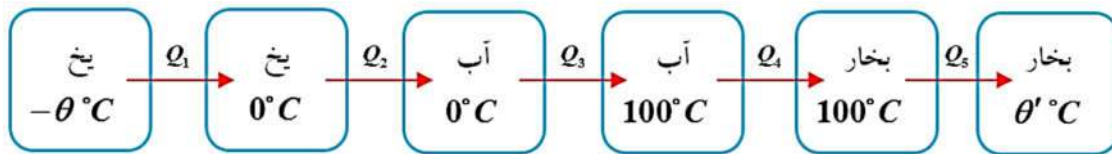
۴-۱۴- حالت های ماده

مواد موجود در اطراف ما در سه حالت جامد، مایع و گاز (یا بخار) وجود دارند.

به حالت ماده، فاز گفته می شود و به تغییرات حالت ماده گذار فاز می گویند.

ذوب: تبدیل جامد به مایع	انجماد: تبدیل مایع به جامد
تبخیر: تبدیل مایع به بخار	میعان: تبدیل بخار به مایع
تصعید: تبدیل مستقیم جامد به بخار (مانند تصعید نفتالین)	چگالش: تبدیل مستقیم بخار به جامد (مانند برفک روی گیاهان در روزهای سرد)

۴-۱۴-۱- تبدیل یخ  $-\theta^{\circ}C$  به بخار آب  $\theta^{\circ}C$



$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_1 = m c_{(ice)} (0 - (-\theta)) = m c_{(ice)} \theta$$

دمای ذوب

اگر دمای جسم جامد به مقدار مشخصی برسد پس از این دما گرما دادن به جسم موجب افزایش دما نخواهد شد بلکه جسم در این دما که به آن دمای ذوب یا دمای گذار جامد به مایع می گویند، شروع به ذوب شدن می کند. مقدار گرمای لازم برای ذوب با رابطه زیر بدست می آید

تفسیر دما صورت نمی گیرد

$$\overbrace{Q_2} = +m \underbrace{L_f}_{\text{گرمای نهان ذوب}}$$

منظور از  $L_f$  گرمای نهان ذوب است.

گرمای نهان ذوب یعنی مقدار گرمایی که جسمی به جرم یک کیلوگرم می گیرد تا در نقطه‌ی ذوب کاملاً از حالت جامد به حالت مایع تبدیل شود. عمل ذوب شدن، فرایندی گرماگیر است یعنی  $Q > 0$ .

دمای ذوب شدن به جنس جسم و فشار وارد بر آن بستگی دارد.

معمولاً افزایش فشار وارد بر جسم سبب بالا رفتن نقطه ذوب جسم می شود. اما در برخی مواد مانند یخ، افزایش فشار به کاهش نقطه ذوب می انجامد که این در مورد یخ بسیار ناچیز است.

البته یخ در این مورد استثنا است یعنی افزایش فشار وارد بر یخ نقطه‌ی ذوب آن را کاهش می دهد.

حجم جامدهای بلورین هنگام ذوب افزایش می‌یابد زیرا حجمی که بلور با آرایش منظم مولکول‌ها در حالت جامد اشغال می‌کند در مقایسه با حجم همین مقدار ماده در حالت مایع که آرایش مولکولی نامنظم است، کمتر است.

برخلاف جامدهای خالص و بلورین، جامدهای بی‌شکل مثل شیشه و قیر نقطه‌ی ذوب کاملاً مشخصی ندارند. یعنی در اثر دریافت گرما ابتدا به شکل خمیر در می‌آیند و در گستره‌ای از دما و به تدریج ذوب می‌شوند.

$$Q_3 = m c_{(water)} (100 - (0)) = 100 (m c_{(water)})$$

### دمای تبخیر و نقطه جوش

دمایی که در آن مایع با گرفتن گرما به بخار تبدیل می‌شود و در تمام مدت عمل تبخیر دما ثابت می‌ماند را «نقطه جوش» می‌گویند

گرمای نهان ویژه‌ی تبخیر: مقدار گرمایی که به یک کیلوگرم مایع داده می‌شود تا در دمای ثابت (نقطه جوش) به بخار تبدیل شود.

تغییر دما صورت نمی‌گیرد

$$\overbrace{Q_4} = + m \underbrace{L_v}_{\text{گرمای نهان تبخیر}}$$

### تبخیر سطحی

بخارشیدن مولکول‌های سطح مایع در دمای محیط را «تبخیر سطحی» گویند

برای تبخیر سطحی، مولکول‌های سطحی از مولکول‌های زیرین گرما می‌گیرند و همین امر سبب کاهش دما می‌شود. این پدیده عاملی است که سبب ایجاد احساس خنکی هنگام ریختن الکل روی پوست می‌شود.

آهنگ تبخیر سطحی به عامل‌های مختلفی از جمله **دما، مساحت سطح مایع، وزش باد و فشار هوا** بستگی دارد.

افزایش فشار وارد بر مایع سبب بالا رفتن نقطه جوش آن می‌شود.

ناخالصی‌های (مانند نمک در آب) سبب بالا رفتن نقطه‌ی جوش می‌شوند. به همین دلیل کوهنوردان برای پختن تخم مرغ در مناطق مرتفع به آب، نمک اضافه می‌کنند.

نقطه جوش هر مایع به جنس و فشار وارد بر آن بستگی دارد. گرمای نهان تبخیر هر مایع به جنس و دمای آن بستگی دارد.

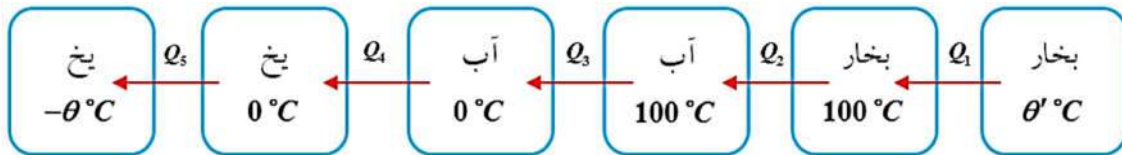
$$Q_5 = m c_{(steam)} (\theta' - 100)$$

نتیجه:

مقدار گرمایی که جسم از محیط اطراف خود گرفته است تا از یخ  $- \theta^\circ C$  به بخار آب  $\theta^\circ C$  تبدیل شود.

$$Q_T = m c_{(ice)} \theta + m L_f + 100 (m c_{(water)}) + m L_v + m c_{(steam)} (\theta' - 100)$$

۴-۱۴-۲- تبدیل بخار آب  $\theta^\circ\text{C}$  به یخ  $-\theta^\circ\text{C}$



$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_1 = m c_{(steam)} (100 - (\theta'))$$

میعان

فرآیند میعان، وارون فرآیند تبخیر است، یعنی مقدار گرما را از دست می‌دهد تا بخار به مایع تبدیل شود. به همین خاطر این مقدار گرما با علامت منفی نوشته می‌شود

تغییر دما صورت نمی‌گیرد

$$\overbrace{Q_2} = -m \underbrace{L_v}_{\text{گرمای نهان میعان}}$$

علامت منفی یعنی اینکه در فرآیند میعان، جسم گرما از دست می‌دهد.

شب‌نیم صبحگاهی بر روی گیاهان به علت میعان مولکول‌های بخار آب در هوا است که روی گیاهان را خیس می‌کند.

$$Q_3 = m c_{(water)} (0 - 100) = -100(m c_{(water)})$$

انجماد

فرآیند انجماد وارون فرآیند ذوب است. یعنی اگر مایع به دمای معینی (دمای انجماد) برسد، با از دست دادن گرما دمایش کاهش نمی‌یابد بلکه شروع به منجمد شدن (به جامد تبدیل شدن) می‌کند. گرمای انجماد هم اندازه‌ی گرمای ذوب است.

تغییر دما صورت نمی‌گیرد

$$\overbrace{Q_4} = -m \underbrace{L_f}_{\text{گرمای نهان انجماد}}$$

علامت منفی یعنی اینکه در فرآیند انجماد، جسم گرما از دست می‌دهد.

$$Q_5 = m c_{(ice)} ((-\theta) - 0) = -(m c_{(ice)} \theta)$$

نتیجه:

مقدار گرمایی که جسم از محیط اطراف خود گرفته است تا از بخار آب  $\theta^\circ\text{C}$  به یخ  $-\theta^\circ\text{C}$  تبدیل شود.

$$Q_T = m c_{(steam)} (100 - (\theta')) - m L_v - 100(m c_{(water)}) - m L_f - (m c_{(ice)} \theta)$$

#### ۴-۱۵- دمای تعادل

اگر دو یا چند جسم با دماهای مختلف در تماس با یکدیگر قرار گیرند، پس از مدتی همدمای می شوند، یعنی دمای آنها به مقدار یکسانی می رسد که اصطلاحاً دمای تعادل نامیده می شود.

**مطابق قانون پایستگی انرژی، اگر اجسام گرم، انرژی از دست بدهند آنگاه اجسام سرد به همان اندازه انرژی می گیرند.**

بنابر قرارداد، جمع جبری انرژی گرمایی مبادله شده بین اجسامی که در تعادل گرمایی با یکدیگر هستند، صفر است.

برای اجسامی که گرما می گیرند  $Q > 0$  و برای اجسامی که گرما از دست می دهند  $Q < 0$  در نظر گرفته می شود.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$$

$$m_1 c_1 (\theta_e - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_e - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta_e - \theta_3) + \dots = 0$$

دمای تعادل  $\theta_e$  همواره بین دمای جسم سرد و گرم می باشد.

$$m_1 c_1 (\theta_e - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_e - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta_e - \theta_3) + \dots = 0$$

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

$$(m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3 + \dots) \theta_e = m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2 + m_3 c_3 \theta_3 + \dots$$

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

#### ۴-۱۵-۱-۱- نکته

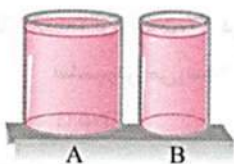
اگر اجسام هم جنس باشند یعنی  $c_1 = c_2 = c_3 = \dots = c$

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

سوال ۴-۶۳

(سراسری تجربی ۸۹)

در شکل زیر، دو ظرف A و B پر از آب  $20^\circ\text{C}$  هستند. کدام کمیت در مورد آب درون هر دو ظرف یکسان است؟



(۱) انرژی درونی

(۲) ظرفیت گرمایی

(۳) نیروی وارده به کف ظرفها

(۴) انرژی جنبشی متوسط مولکولها

سوال ۶۴-۴

(سراسری تجربی ۸۸)

دو جسم در تماس با هم به تعادل گرمایی رسیده‌اند، کدام کمیت مربوط به آن‌ها با هم برابر است؟

- (۱) دما (۲) انرژی درونی (۳) گرمای ویژه (۴) انرژی درونی و دما

سوال ۶۵-۴

$m_1$  کیلوگرم آب با دمای  $10^\circ\text{C}$  را با  $m_2$  کیلوگرم آب با دمای  $50^\circ\text{C}$  مخلوط می‌کنیم و دمای تعادل بدون اتلاف گرما  $30^\circ\text{C}$  می‌شود.  $m_2$  چند

(سراسری ریاضی ۸۸ قاج از کشور)

برابر  $m_1$  است؟

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳)  $\frac{5}{3}$  (۴)  $\frac{3}{5}$

سوال ۶۶-۴

چند لیتر آب  $50^\circ\text{C}$  درجه را با چند لیتر آب  $20^\circ\text{C}$  درجه مخلوط کنیم تا  $60^\circ\text{C}$  لیتر آب با دمای  $40^\circ\text{C}$  درجه سلسیوس داشته باشیم؟ (به ترتیب از راست به

چپ)

(سراسری تجربی ۸۶ قاج از کشور)

- (۱)  $400:200$  (۲)  $250:350$  (۳)  $200:400$  (۴)  $350:250$

سوال ۶۷-۴

یک شمش آلومینیم به حجم  $200\text{cm}^3$  و چگالی  $2700\text{g/cm}^3$  را که دمای  $100^\circ\text{C}$  است، درون  $540\text{cm}^3$  آب  $20^\circ\text{C}$  می‌اندازیم. پس از برقراری تعادل حرارتی، دمای آب تقریباً به چند درجه سلسیوس می‌رسد؟ (از مبادله گرمای بین آب و ظرف صرف نظر می‌شود. چگالی آب

(سراسری تجربی ۸۹ قاج از کشور)

$1\text{g/cm}^3$  و گرمای ویژه آب و آلومینیم به ترتیب  $42\text{J/g}\cdot\text{K}$  و  $9\text{J/g}\cdot\text{K}$  است.)

- (۱) ۲۸ (۲) ۳۴ (۳) ۴۶ (۴) ۵۳

سوال ۶۸-۴

اگر گرمای ویژه آب و یخ به ترتیب  $4200\text{J/kg}\cdot\text{K}$  و  $2100\text{J/kg}\cdot\text{K}$  و هم چنین  $L_f = 335000\text{J/kg}$  باشد، چند کیلوژول گرما لازم است تا

(سراسری تجربی ۹۵)

$200\text{g}$  یخ  $(-5)$  درجه سلسیوس به آب  $50^\circ\text{C}$  درجه سلسیوس تبدیل شود؟

- (۱)  $1132$  (۲)  $1111$  (۳)  $1132$  (۴)  $111100$

سوال ۶۹-۴

از ۵۰۰ گرم آب صفر درجه سلسیوس، در فشار یک اتمسفر،  $100/8 \text{ kJ}$  گرما می‌گیریم. اگر گرمای نهان ذوب یخ  $336 \text{ kJ/kg}$  باشد، چند درصد آب، منجمد می‌شود؟

- (۱) ۲۰      (۲) ۴۰      (۳) ۶۰      (۴) ۸۰

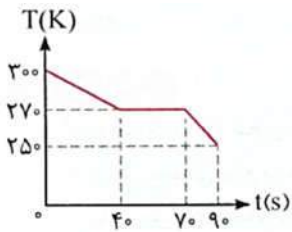
سوال ۷۰-۴

پس از این‌که  $40/2 \text{ kJ}$  گرما از  $180 \text{ g}$  آب صفر درجه سلسیوس گرفته شود، چند گرم آب یخ نرده باقی می‌ماند؟ ( $L_F = 335 \text{ kJ/kg}$ )

- (۱) ۱۲۰      (۲) ۶۰      (۳) ۴۰      (۴) ۳۵

سوال ۷۱-۴

از مایعی به جرم  $m$  با آهنگ ثابت گرما گرفته‌ایم. نمودار تغییرات دما بر حسب زمان به صورت شکل مقابل است. اگر گرمای ویژه حالت مایع  $c$  و گرمای ویژه حالت جامد  $c'$  باشد، نسبت  $\frac{c}{c'}$  کدام است؟



- (۱)  $\frac{1}{2}$       (۲)  $\frac{3}{4}$       (۳)  $\frac{4}{3}$       (۴) ۲

#### ۴-۱۵-۲- دمای تعادل مخلوط آب و یخ

اگر تکه‌ای یخ را درون مقداری آب بریزیم سه حالت ممکن است، اتفاق بیفتد. هرگاه  $m_w$  کیلوگرم آب در دمای  $\theta_1$  °C را با  $m_i$  کیلوگرم یخ در دمای  $\theta_2$  °C - مخلوط کنیم، برای بررسی وضعیت تعادل به دو روش زیر عمل می‌کنیم:

#### گام اول

مقدار گرمایی را که آب از دست می‌دهد تا به آب صفر درجه تبدیل شود محاسبه می‌کنیم

$$Q_{(water)} = m_w c_w (0 - \theta_1) = -m_w c_w \theta_1$$

$$\Rightarrow |Q_{(water)}| = |m_w c_w \theta_1|$$

#### گام دوم

مقدار گرمایی را که یخ نیاز دارد تا بطور کامل ذوب شود و به آب صفر درجه تبدیل شود را محاسبه می‌کنیم

$$Q_{(ice)} = m_i c_i (0 - (-\theta_2)) + m_i L_f = m_i c_i \theta_2 + m_i L_f$$

$$\Rightarrow |Q_{(ice)}| = |m_i c_i \theta_2 + m_i L_f|$$

حالت اول	$ Q_{(water)}  >  Q_{(ice)} $	تمام یخ ذوب شده و دمای تعادل $\theta_e > 0$ است
حالت دوم	$ Q_{(water)}  =  Q_{(ice)} $	تمام یخ ذوب شده و دمای تعادل $\theta_e = 0$ است.
حالت سوم	$ Q_{(water)}  <  Q_{(ice)} $	تمام یخ ذوب نمی‌شود و دمای تعادل $\theta_e = 0$ است.

حالت اول- اگر  $|Q_{(water)}| > |Q_{(ice)}|$  باشد در اینصورت دمای تعادل  $\theta_e > 0$  و برابر مقدار زیر است.

اگر تمام یخ ذوب شود،  $m_i$  کیلوگرم به وزن آب اضافه می‌شود

$$|Q_{(ice)}| = |m_i c_i \theta_2 + m_i L_f| \quad , \quad |Q_{(water)}| = |m_w c_w \theta_1|$$

$$|Q_{(water)} - Q_{(ice)}| = (m_w + m_i) c_w \theta_e \Rightarrow \theta_e = \frac{Q_{(water)} - Q_{(ice)}}{(m_w + m_i) c_w}$$

نکته بسیار مهم:

در حل اینگونه مسائل بهتر است از مقادیر ستون آبی رنگ در جدول زیر استفاده کنید تا محاسبات بسیار ساده‌تر شود

$c_w$	$4.2 \frac{J}{gr \cdot ^\circ C}$	$4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$	$1 \frac{cal}{gr \cdot ^\circ C}$
$c_i$	$2.1 \frac{J}{gr \cdot ^\circ C}$	$2100 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$	$0.5 \frac{cal}{gr \cdot ^\circ C}$
$L_f$	$336 \frac{J}{gr}$	$336 \times 10^3 \frac{J}{kg}$	$80 \frac{cal}{gr}$



سوال ۷۲-۴

قطعه یخی به جرم  $m$  و دمای صفر درجه سلسیوس را درون همان جرم آب  $90^\circ C$  می اندازیم. اگر اتلاف انرژی ناچیز باشد، دمای تعادل چند درجه سلسیوس خواهد شد؟  $c_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg.K}$  ،  $L_f = 80 \times 4200 \text{ J/kg}$  (سراسری تجربی ۹۰)

(۱) صفر      (۲) ۲/۵      (۳) ۵      (۴) ۱۰

روش اول

$$\left. \begin{aligned} |Q_w| &= |m c_w (\theta_2 - \theta_1)| = |m (4200)(0 - 90)| = m_w (4200)(90) \\ |Q_i| &= |m_i L_f| = |m_i (4200)(80)| \end{aligned} \right\} \Rightarrow |Q_w| > |Q_i|$$

کل یخ ذوب می شود و دمای تعادل  $\theta_e > 0$  است.

$$m_w = m_i = m$$

$$|Q_w - Q_i| = |m_w (4200)(90) - m_i (4200)(80)| = m (4200)(10)$$

$$\theta_e = \frac{|Q_w - Q_i|}{(m_w + m_i) c_w} = \frac{m (4200)(10)}{2m (4200)} = \frac{10}{2} = 5^\circ C$$

روش دوم

$$\left. \begin{aligned} |Q_w| &= |m_w (\theta_2 - \theta_1)| = 90m_w \\ |Q_i| &= |m_i L_f| = |m_i (80)| = 80m_i \end{aligned} \right\} \xrightarrow{m_w = m_i = m} |Q_w - Q_i| = 90m - 80m = 10m$$

$$\theta_e = \frac{|Q_w - Q_i|}{(m_w + m_i) c_w} = \frac{10m}{2m} = 5^\circ C$$

سوال ۷۳-۴

یک قطعه یخ  $0^\circ C$  را در  $220 \text{ g}$  آب  $28^\circ C$  وارد می کنیم دمای تعادل  $8^\circ C$  می شود اگر  $L_f = 80 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}$  و

$c_w = 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot ^\circ C}$  باشد، جرم یخ چند گرم است؟

$$(0^\circ C)_{\text{ice}} \xrightarrow{m_i L_f} (0^\circ C)_{\text{water}} \xrightarrow{m_i c_w (8-0)} \underbrace{\left( (8^\circ C)_{\text{water}} \mid (8^\circ C)_{\text{water}} \right)}_{\theta_e} \xleftarrow{m_w c_w (8-28)} (28^\circ C)_{\text{water}}$$

$$m_i L_f + m_i c_w (\theta_e - 0) + m_w c_w (\theta_e - \theta_1) = 0$$

$$m_i L_f + m_i c_w \theta_e = m_w c_w (\theta_1 - \theta_e)$$

$$m_i \times 80 + m_i \times 8 = 0.22 (28 - 8) \Rightarrow 88m_i = 4.4 \Rightarrow m_i = \frac{4.4}{88} = 0.05 \text{ kg} = 50 \text{ g}$$

حالت دوم- اگر  $|Q_{(water)}| = |Q_{(ice)}|$  باشد در اینصورت دمای تعادل  $\theta_e = 0$ .

سوال ۷۴-۴

یک قطعه یخ  $0^\circ C$  را وارد مقداری آب  $40^\circ C$  می کنیم تمام یخ ذوب می شود و  $300 \text{ g}$  آب  $0^\circ C$  بدست

می آید. جرم آب اولیه چند گرم بوده است؟  $(L_f = 336 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  و  $c_w = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ C}$ )

$$(0^\circ C)_{ice} \xrightarrow{m_i L_f} \underbrace{\langle (0^\circ C)_{water} | (0^\circ C)_{water} \rangle}_{\theta_e} \xleftarrow{m_w c_w (40-0)} (40^\circ C)_{water}$$

$$m_i + m_w = 300 \Rightarrow m_i = 300 - m_w$$

$$m_i L_f + m_w c_w (\theta_e - \theta_1) = 0$$

$$m_i L_f = m_w c_w (\theta_1 - \theta_e)$$

$$(300 - m_w) L_f = m_w c_w (40) \Rightarrow (300 - m_w) \times 80 = 40 m_w \Rightarrow m_w = \frac{300 \times 80}{120} = 200 \text{ g}$$

حالت سوم- اگر  $|Q_{(water)}| < |Q_{(ice)}|$  باشد در اینصورت دمای تعادل  $\theta_e = 0$ .

سوال ۷۵-۴

اگر  $50 \text{ g}$  یخ  $0^\circ C$  را با  $100 \text{ g}$  آب  $24^\circ C$  مخلوط کنیم پس از تعادل، چند گرم یخ باقی می ماند؟

$$(L_f = 80 \frac{\text{cal}}{\text{gr}} \text{ و } c_w = 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot ^\circ C})$$

$$\left. \begin{aligned} |Q_w| &= |m_w (\theta_2 - 0)| = 100 \times 24 = 2400 \\ |Q_i| &= |m_i L_f| = |m_i (80)| = 80 \times 50 = 4000 \end{aligned} \right\} \Rightarrow |Q_w| < |Q_i| \Rightarrow \theta_e = 0$$

مقداری از یخ ذوب می شود و قسمتی از یخ باقی می ماند.

$$(0^\circ C)_{ice} \xrightarrow{m'_i L_f} \underbrace{\langle (0^\circ C)_{water} | (0^\circ C)_{water} \rangle}_{\theta_e} \xleftarrow{m_w c_w (0-24)} (24^\circ C)_{water}$$

$$m'_i L_f + m_w c_w (0 - 24) = 0$$

$$\Rightarrow 80 m'_i = 100 \times 1 \times 24 \Rightarrow m'_i = 30 \text{ g}$$

$30 \text{ g}$  یخ ذوب می شود و  $50 \text{ g} - 30 \text{ g} = 20 \text{ g}$  باقی می ماند.

۴-۱۵-۲-۱- نکته

بخار آب باعث ذوب شدن یخ شود

تذکر: بخار آب تا زمانیکه به آب صفر درجه سلسیوس تبدیل شود قابلیت ذوب کردن یخ را دارد.

$$(0^\circ\text{C})_{ice} \xrightarrow{m_i L_f} \underbrace{\langle (0^\circ\text{C})_{water} | (0^\circ\text{C})_{water} \rangle}_{\theta_e} \xleftarrow{m_w c_w (0-100)} (100^\circ\text{C})_{water} \xleftarrow{-m L_v} (100^\circ\text{C})_{steam}$$

$$m_i L_f - m_w L_v + m_w c_w (0-100) = 0$$

$$m_i L_f = m_w L_v + m_w c_w \times 100$$

۴-۱۵-۲-۲- نکته

اگر مقداری یخ  $-\theta^\circ\text{C}$  را درون آب صفر درجه بریزیم، یخ از آب گرما گرفته و باعث می شود که مقداری از آب منجمد شود

$$- \underbrace{m'}_{\text{جرمی از آب که یخ می زند}} L_f = m_i c_i (-\theta)$$

$$\Rightarrow m' L_f = m_i c_i \theta$$

سوال ۴-۷۶

درون گرماسنجی مقداری آب  $0^\circ\text{C}$  موجود است یک قطعه یخ  $-10^\circ\text{C}$  را وارد آن می کنیم  $10\text{ g}$  از آب یخ می زند و به جرم یخ افزوده می شود، جرم قطعه یخ اولیه چند گرم بوده است.

$$(c_i = 0.5 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \text{ و } L_f = 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}})$$

$$m' L_f = m_i c_i \theta \longrightarrow 10 \times 80 = m_i (0.5)(10) \rightarrow m_i = \frac{80}{5} = 16\text{ g}$$

سوال ۷۷-۴

چند گرم یخ صفر درجه سلسیوس را درون ۶ کیلوگرم آب ۴۰ درجه سلسیوس بریزیم تا در نهایت آب با دمای ۱۰ درجه سلسیوس حاصل شود؟ (اتلاف حرارت ناچیز بوده و گرمای ویژه آب  $4200 \text{ J/kg.K}$  و گرمای نهان ذوب یخ  $336 \text{ kJ/kg}$  است.) (سراسری ریاضی ۸۷)

- (۱) ۵۰۰ (۲) ۱۰۰۰ (۳) ۱۵۰۰ (۴) ۲۰۰۰

سوال ۷۸-۴

در ظرفی که عایق گرما است، یک قطعه یخ صفر درجه سلسیوس وجود دارد. اگر ۸۰۰ گرم آب  $5^\circ \text{C}$  در ظرف بریزیم، پس از برقراری تعادل گرمایی، ۱۰۰ گرم یخ در ظرف باقی می ماند. جرم اولیه یخ چند گرم بوده است؟ (سراسری ریاضی ۹۵)

(فقط بین آب و یخ تبادل گرما صورت می گیرد.  $c_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg.K}$  ,  $c_{\text{یخ}} = 2100 \text{ J/kg.K}$  ,  $L_F = 336000 \text{ J/kg}$ )

- (۱) ۳۰۰ (۲) ۴۰۰ (۳) ۵۰۰ (۴) ۶۰۰

سوال ۷۹-۴

در ظرفی ۲۰۰ گرم یخ ۵- درجه سلسیوس وجود دارد. حداقل چند گرم آب ۱۰۰ درجه سلسیوس در ظرف وارد کنیم تا یخی در ظرف باقی نماند؟ (فقط بین آب و یخ گرما مبادله می شود و  $c_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg.K}$  ,  $c_{\text{یخ}} = 2100 \text{ J/kg.K}$  ,  $L_F = 336000 \text{ J/kg}$ ) (سراسری ریاضی ۹۳ خارج از کشور)

- (۱) ۵ (۲) ۱۶۰ (۳) ۱۶۵ (۴) ۲۰۰

سوال ۸۰-۴

درون ظرفی ۲۰۰ گرم یخ  $1^\circ \text{C}$  قرار دارد. حداقل چند گرم آب با دمای  $20^\circ \text{C}$  به آن اضافه کنیم، تا تمام یخ ذوب شود؟ (تبادل گرما فقط بین آب و یخ انجام می شود و  $c_{\text{آب}} = 2/1 \text{ J/g.K}$  ,  $c_{\text{یخ}} = \frac{1}{3} c_{\text{آب}} = 2/1 \text{ J/g.K}$  ,  $L_F = 336 \text{ J/g}$ ) (سراسری ریاضی ۹۲)

- (۱) ۵۰ (۲) ۲۰۰ (۳) ۸۵۰ (۴) ۱۲۰۰

سوال ۴-۸۱

۸۰۰ گرم یخ صفر درجه سلسیوس را با ۸۰۰ گرم آب ۶۰ درجه سلسیوس مخلوط می‌کنیم. اگر فقط بین یخ و آب تبادل گرما صورت گیرد و  $L_F = 336000 \text{ J/kg}$  ,  $c_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg.K}$  باشد تا برقراری تعادل چند کیلوگرم آب صفر درجه سلسیوس ایجاد می‌شود؟

- (۱) ۰/۲    (۲) ۰/۶    (۳) ۱/۲    (۴) ۱/۴ (سراسری تجربی ۹۱ فارغ از کشور)

سوال ۴-۸۲

۱۰۰ گرم یخ صفر درجه سلسیوس را داخل ۴۰۰ گرم آب ۳۰ درجه سلسیوس می‌اندازیم. اگر فقط بین آب و یخ تبادل گرما صورت گیرد، پس از برقراری تعادل گرمایی، دمای آب چند درجه سلسیوس می‌شود؟ ( $L_F = 336000 \text{ J/kg}$  ,  $c_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg.K}$ ) (سراسری تجربی ۹۳ فارغ از کشور)

- (۱) صفر    (۲) ۴    (۳) ۸    (۴) ۱۲

سوال ۴-۸۳

درون  $m$  گرم آب با دمای اولیه  $5^\circ\text{C}$  ،  $m$  گرم یخ با دمای  $0^\circ\text{C}$  می‌اندازیم. اگر از اتلاف گرما صرف‌نظر کنیم، در نهایت چه خواهیم داشت؟ ( $L_F = 336000 \text{ J/kg}$  ,  $c_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg.K}$ )

- (۱) آب  $0^\circ\text{C}$     (۲) آب و یخ  $0^\circ\text{C}$     (۳) آب  $5^\circ\text{C}$     (۴) آب  $10^\circ\text{C}$

سوال ۴-۸۴

مقدار  $2 \text{ kg}$  یخ صفر درجه سلسیوس را با  $10 \text{ kg}$  آب  $22^\circ\text{C}$  درجه سلسیوس مخلوط می‌کنیم. اگر گرمای ویژه آب  $4200 \text{ J/kg.K}$  و گرمای نهان ویژه ذوب یخ  $336000 \text{ J/kg}$  باشد پس از برقراری تعادل گرمایی کدام گزینه را خواهیم داشت؟

- (۱) مخلوط آب و یخ صفر درجه سلسیوس    (۲) آب صفر درجه سلسیوس  
(۳) آب  $5^\circ\text{C}$     (۴) آب  $10^\circ\text{C}$

#### ۴-۱۶- راه‌های انتقال گرما

رسانش گرمایی، همرفت، تابش گرمایی

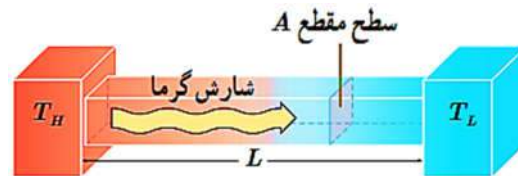
#### ۴-۱۶-۱- رسانش گرمایی

در رسانش گرمایی هنگامی که دمای قسمتی از جسم افزایش می‌یابد. اتم‌ها انرژی دریافت می‌کنند و ارتعاش آنها شدیدتر می‌شود، این امر سبب انتقال گرما از قسمت گرم‌تر جسم به قسمت سردتر می‌شود. در فلزات این الکترون‌های آزاد هستند که در رسانش گرمایی نقش اصلی را بازی کرده و در اثر تندی و حرکتی که دارند با برخورد با سایر الکترون‌ها و اتم‌ها سبب انتقال گرما می‌شوند. در اجسام عایق گرمایی این نبود الکترون آزاد است که سبب نارسایی گرمایی می‌شود.

#### ۴-۱۶-۱-۱- آهنگ انتقال گرما از طریق رسانش

فرض کنید که دو سر میله‌ای به طول  $L$  با سطح مقطع  $A$  در اختلاف دماهای  $T_H$  و  $T_L$  قرار می‌گیرند. با استفاده از آزمایش می‌توان نشان داد که آهنگ انتقال گرما  $\left(\frac{Q}{t}\right)$  از رابطه زیر قابل اندازه‌گیری است

$$H = \frac{Q}{t} = K \frac{A(T_H - T_L)}{L}$$



$T_H$  دمای جسم گرم

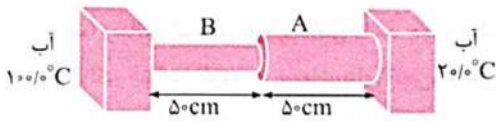
$T_L$  دمای جسم سرد

$K$  ضریب رسانندگی گرمایی

$H$  آهنگ رسانش گرمایی یعنی مقدار گرمای شارش یافته در یکای زمان است.

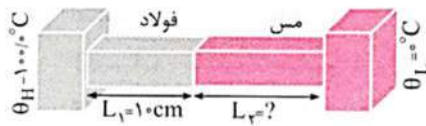
سوال ۴-۸۵

در شکل زیر دو میله آهنی با مقطع دایره به طول  $50\text{cm}$  مطابق شکل به هم متصل اند در صورتی که شعاع میله  $A$ ،  $\sqrt{3}$  برابر شعاع میله  $B$  باشد، دمای محل اتصال دو میله تقریباً چند درجه سلسیوس است؟ (از اتلاف انرژی صرف نظر شود و فرض کنید در محل اتصال تمام گرما منتقل می شود.)



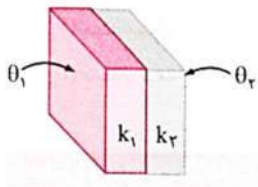
- (۱) ۸۰  
(۲) ۴۰  
(۳) ۵۰  
(۴) ۳۰  
سوال ۴-۸۶

دو میله فولادی و مسی به طول های  $L_1$  و  $L_2$  بین دو منبع حرارتی قرار دارند. اگر رسانندگی فولاد و مس به ترتیب  $50\text{ J/s.m.K}$  و  $400\text{ J/s.m.K}$  باشد و دمای سطح مشترک دو میله  $20^\circ\text{C}$  باشد، طول  $L_2$  چند سانتی متر است؟ (سراسری ریاضی ۹۰)



- (۱) ۱۰  
(۲) ۲۰  
(۳) ۴۰  
(۴) ۳۰

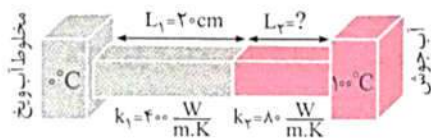
سوال ۴-۸۷



مطابق شکل روبه رو، دو ورقه فلزی به رسانندگی  $k_1 = 400\text{ W/m.K}$  و  $k_2 = 80\text{ W/m.K}$  و هم ضخامت به هم چسبیده اند. دمای سطح خارجی ورقه ها  $\theta_1 = 0^\circ\text{C}$  و  $\theta_2 = 9^\circ\text{C}$  است. در یک شرایط پایدار، دمای محل اتصال دو ورقه چند درجه سلسیوس است؟ (سراسری ریاضی ۹۳)

- (۱) ۱۰  
(۲) ۱۵  
(۳) ۲۵  
(۴) ۳۰

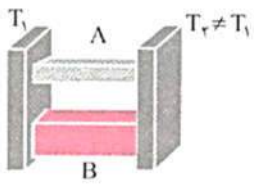
سوال ۴-۸۸



دو میله فلزی به طول های  $L_1$  و  $L_2$  که سطح مقطع مساوی دارند مطابق شکل روبه رو به یکدیگر چسبیده اند و از یک طرف مجاور ظرف محتوی مخلوط آب و یخ صفر درجه سلسیوس و از طرف دیگر مجاور آب جوش  $100^\circ\text{C}$  قرار دارند اگر دمای سطح مشترک دو میله  $25^\circ\text{C}$  باشد،  $L_2$  چند سانتی متر است؟ (سراسری ریاضی ۹۵ خارج از کشور)

- (۱) ۲۰  
(۲) ۱۲  
(۳) ۱۰  
(۴) ۶

سوال ۴-۸۹



در شکل مقابل دو میله رسانا بین دو منبع گرما قرار دارند. اگر سطح مقطع میله A،  $\frac{1}{3}$  سطح مقطع میله B و رسانندگی گرمایی میله A، ۶ برابر رسانندگی میله B باشد، آهنگ رسانش گرمایی در میله A چند برابر آهنگ رسانش گرمایی در میله B است؟  
(سراسری ریاضی ۹۵)

$\frac{1}{4}$  (۴)

$\frac{1}{2}$  (۳)

۴ (۲)

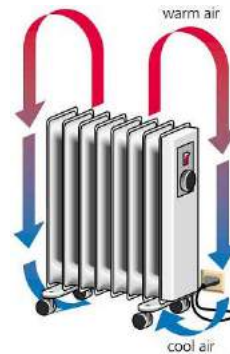
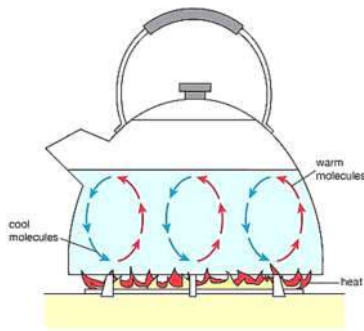
۲ (۱)



#### ۴-۱۶-۲- همرفت

مایعات و گازها معمولاً رساناهای خوبی نیستند.

**انتقال گرما در مایع‌ها و گازها همراه با جابه‌جایی بخشی از ماده صورت می‌گیرد** که به این روش انتقال گرما **همرفت** می‌گوییم.



در انتقال گرما از طریق همرفت در اثر **افزایش دما**، چگالی ماده **کاهش** می‌یابد، سبک می‌شود و به علت نیروی شناوری (بنا به اصل ارشمیدس) که در شارها عمل می‌کند، به سمت بالا می‌رود و شارهای با چگالی بیشتر جایگزین آن می‌شود.

به عنوان مثال انتقال گرما از کوره‌ی حرارتی در مرکز ستاره‌ها به سطح آن‌ها، گرم شدن آب در کتری و از طریق همرفت انجام می‌شود. به این نمونه‌ها **همرفت طبیعی** می‌گوییم.

#### ۴-۱۶-۲-۱- همرفت واداشته

در این مورد شاره به کمک یک تلمبه (مصنوعی یا طبیعی) وادار به چرخش می‌شود. مثل سیستم گرم کننده مرکزی در ساختمان‌ها یا سیستم خنک کننده موتور خودرو. دستگاه گردش خون در جانوران خونگرم نمونه‌ای از انتقال گرما از طریق همرفت واداشته است.

#### ۴-۱۶-۲-۲- وارونگی هوا

در شب‌های سرد و بدون ابر زمستان، همرفت طبیعی در جو زمین متوقف می‌شود. در این شب‌ها هوای نزدیکی زمین سردتر از لایه‌های بالایی است (که البته لایه‌های گرم بالایی قبلاً بر اثر پدیده‌ی همرفت طبیعی در طول روز ایجاد شده بودند). بنابراین هوای سرد نمی‌تواند بالا برود. به این پدیده وارونگی هوا می‌گوییم. در این حالت آلاینده‌های صنعتی و شهری واقع در هوای سرد مجاور زمین در این لایه حبس می‌شوند.

علت نام گذاری وارونگی هوا این است که روند طبیعی بالا رفتن هوای گرم و پایین آمدن هوای سرد به هم می‌خورد.

در اثر افزایش دما و گرم شدن هوا یا وزیدن باد روند همرفت طبیعی دوباره انجام می‌شود.

#### ۴-۱۶-۳- تابش گرمایی

همه‌ی اجسام در هر دمایی موج‌هایی گرمایی گسیل می‌کنند که این موج‌ها از نوع **موج‌های الکترومغناطیسی** هستند.

هر قدر دمای جسم بالاتر باشد، شدت تابش این نوع موج‌های الکترومغناطیسی نیز بیشتر می‌شود. در دماهای متداول این تابش در محدوده فرسرخ انجام می‌گیرد.

#### ۴-۱۶-۳-۱- عوامل موثر بر تابش گرمایی

##### **دما، مساحت، میزان صیقلی بودن و رنگ جسم**

سطح صاف و درخشان و با رنگ‌های روشن، تابش گرمایی کمتری دارند در حالی که تابش گرمایی سطوح تیره و ناصاف بیشتر است.

برای آشکارسازی تابش‌های فرسرخ از ابزاری موسوم به دمانگار استفاده می‌شود و به تصویر به دست آمده از آن دمانگاشت می‌گوییم.

تابش گرمایی در پدیده‌های زیستی مانند شکار تابش **فروسرخ** و **کلم اسکانک** کاربرد دارد.

از تابش گرمایی می‌توان به عنوان مبنایی برای اندازه‌گیری دمای جسم استفاده کرد.

به روش‌های اندازه‌گیری دما مبتنی بر تابش گرمایی، تفسنجی و به ابزارهای اندازه‌گیری دما به این روش تفسنج می‌گویند.

#### ۴-۱۶-۳-۲- اثر گلخانه‌ای

سطوح زمین، بخشی از انرژی گرمایی که امواج فرسرخ هستند و از خورشید دریافت کرده است را تابش می‌کند.

در لایه‌ی پوش سپهر (استراتوسفر) از جو زمین گازهایی مانند کربن دی‌اکسید  $CO_2$  موجودند که بخش عمده‌ی این تابش گرمایی را جذب کرده و دوباره آن‌ها به سمت زمین تابش می‌کنند. این پدیده را اثر گلخانه‌ای گویند که سبب می‌گردد به دمای میانگین سطح زمین در حدود  $33^\circ C$  افزوده شود.

۴-۱۷- قانون گازها

۴-۱۷-۱- قانون شارل<sup>۱</sup>

طبق قانون شارل، در فشار ثابت، حجم یک گاز با دمای آن رابطه‌ی مستقیم دارد.

$$V \propto T : (n \text{ and } P \text{ are constant}) \Rightarrow \frac{V}{T} = \text{const} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

۴-۱۷-۲- قانون گیلوساک<sup>۲</sup>

طبق قانون گیلوساک، در حجم ثابت، فشار یک گاز با دمای آن رابطه‌ی مستقیم دارد.

$$P \propto T : (n \text{ and } V \text{ are constant}) \Rightarrow \frac{P}{T} = \text{const} \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

۴-۱۷-۳- قانون بویل<sup>۳</sup>

طبق قانون بویل در دمای ثابت، همواره میان حجم و فشار رابطه‌ای وارونه وجود دارد.

$$V \propto \frac{1}{P} : (n \text{ and } T \text{ are constant}) \Rightarrow PV = \text{const} \Rightarrow P_1V_1 = P_2V_2$$

۴-۱۷-۴- قانون آووگادرو<sup>۴</sup>

طبق قانون آووگادرو، حجم گرفته شده توسط یک گاز آرمانی با تعداد مول‌های موجود در ظرف متناسب است.

$$V \propto n : (P \text{ and } T \text{ are constant}) \Rightarrow \frac{V}{n} = \text{const} \Rightarrow \frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

<sup>۱</sup>Charles

<sup>۲</sup>Gay Lussac

<sup>۳</sup>Boyle

<sup>۴</sup>Avogadro

با استفاده از یک ضریب تناسب می توان رابطه ی بین فشار، حجم و تعداد مول گاز ایده آل بدست آورد.

$$\begin{cases} V \propto T \\ V \propto \frac{1}{P} \Rightarrow V \propto \frac{nT}{P} \\ V \propto n \end{cases}$$

$$V = R \frac{nT}{P} : (R \text{ is called proportionality constant}) : R = 8.314 \frac{[J]}{[mol][K]} = 0.0821 \frac{[Lit][atm]}{[mol][K]}$$

$$\Rightarrow PV = nRT$$

حجم یک مول گاز ایده آل در شرایط استاندارد (*STP: the standard temperature and pressure*) برابر است

با:

$$PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P}$$

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$T = 273 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pascal}$$

$$V = (1 \frac{[mol]}{[mol]})(0.0821 \frac{[Lit][atm]}{[mol][K]})(273 [K])(\frac{1}{1 [atm]}) = 22.41 [Lit] = 22.4 \text{ Lit}$$

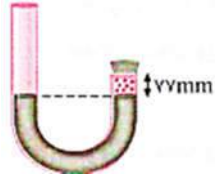
با توجه به محاسبات مذکور حجم  $1 [mol]$  گاز ایده آل در فشار  $1 [atm]$  و دمای  $273 [K]$  برابر

$22.4 [Lit]$  است. (در مبحث استوکیومتری شیمی سال سوم بسیار از این حجم استفاده می شود)



سوال ۹۴-۴

در شکل زیر داخل لوله U شکل به سطح مقطع  $1\text{cm}^2$ ، مقداری جیوه در دو طرف لوله، در یک سطح قرار دارد. ارتفاع هوای موجود در طرف بسته لوله  $77\text{mm}$  است. چند سانتی متر مکعب جیوه درون لوله بریزیم تا ارتفاع هوای موجود در طرف بسته لوله به  $50\text{mm}$  برسد؟  
 (سراسری تهرپی ۹۵ قاج از کشور)  
 ( $P_0 = 10^5\text{Pa}$ ،  $g = 10\text{m/s}^2$ ،  $\rho = 13500\text{kg/m}^3$  جیوه و دمای هوا ثابت است.)



۳۰ (۱)

۴۰ (۲)

۴۲/۷ (۳)

۴۵/۴ (۴)