

# ایران تووشه

- دانلود نمونه سوالات امتحانی
- دانلود **۱۰۶** به **۱۰۶**
- دانلود آزمون **۱۰ جزو** قلم چی و نجاشی
- دانلود فیلم و مقاله آنلاین شی
- کنکور و مشاوره



IranTooshe.Ir



@irantoooshe



IranTooshe



# ایران توشه

توشه ای برای موفقیت



## محتوای ویژه کتاب

- مفاهیم آموزشی
- پاسخ همه فعالیت‌ها، تمرین‌ها و پرسش‌های کتاب
- ایستگاه یادگیری
- عبارت‌های مهم و سوالات امتحانی
- ارزشیابی مستمر در پایان هر فصل همراه با پاسخ و بارم‌بندی
- آزمون‌های پایانی با پاسخ و بارم‌بندی

# نیکی

ساخته شده

حرکت

مسافت: مجموع طول‌هایی است که برای **فتن از یک نقطه (مبدأ)** به نقطه دیگر (مقصد) پیموده می‌شود. که یکای آن  $m/s$  است.

جایه جایی: کوتاه‌ترین فاصله بین مبدأ و مقصد است.

تندی متوسط: نسبت مسافت پیموده شده به مدت زمان صرف شده برای آن را «تندی متوسط» می‌گویند.

مسافت پیموده شده = تندی متوسط

زمان

نکته: برای تبدیل واحدها از  $m/s$  به  $km/h$  و بالعکس به صورت زیر عمل می‌کیم:

$$m/s \xrightarrow{\times 36} km/h, \quad km/h \xrightarrow{+36} m/s$$

تندی لحظه‌ای: تندی متحرک در لحظه‌ای معین را «تندی لحظه‌ای» می‌گویند.

حرکت یکنواخت (حرکت با تندی ثابت): اگر در طول مسیر، تندی لحظه‌ای متحرک ثابت باشد، حرکت را «یکنواخت» می‌گوییم.

سؤال: تفاوت سرعت و تندی چیست؟

پاسخ: سرعت کمیتی است که دارای اندازه و جهت است ولی تندی فقط اندازه دارد.

سرعت متوسط: نسبت جایه جایی به مدت زمان جایه جایی را «سرعت متوسط» می‌گویند.

جایه جایی = سرعت متوسط  
زمان

سرعت لحظه‌ای: سرعت متحرک در هر لحظه از زمان یا در هر نقطه از مسیر را «سرعت لحظه‌ای» می‌گویند.

شتاب: تغییر در سرعت لحظه‌ای باعث ایجاد شتاب می‌شود.

شتاب متوسط: نسبت تغییر سرعت به مدت زمان تغییر آن را شتاب متوسط می‌گویند. که یکای آن  $(m/s^2)$  است.

تغییرات سرعت = شتاب متوسط  
زمان

نیرو

نیرو ناشی از اثر متقابل دو جسم است که ممکن است بصورت تماس مستقیم یا کنش از راه دور اثر کند. واحد اندازه‌گیری نیرو نیوتون (N) است.

**نیروهای متوازن:** نیروهای هماندازه و در خلاف جهت هم را «متوازن» می‌گویند؛ این نیروها اگر بر جسم ساکن وارد شوند، جسم همچنان ساکن می‌ماند، اگر بر جسم در حال حرکت وارد شوند، جسم به حرکت خود (بدون تغییر سرعت) ادامه می‌دهد.

### قوانين نیوتون:

قانون اول: اجسام تمایل دارند وضعیت اولیه خود را حفظ کنند مگر آنکه نیروی خالص غیرصفری بر آنها اثر کند.

قانون دوم: اگر نیروی خالص وارد بر جسم صفر نباشد، جسم در جهت نیرو شتاب می‌گیرد که مقدار آن برابر است با:

$$a = \frac{F}{m}$$

قانون سوم: هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز نیرویی هماندازه و در خلاف جهت به جسم اول وارد می‌کند.

**نیروی وزن:** نیروی گرانشی که زمین و سیارات به اجسام نزدیک به خود وارد می‌کند را «نیروی وزن» می‌گویند:

$$W = mg$$

**نیروی اصطکاک:** نیروی مقاوم در برابر حرکت که ناشی از سطح تماس دو جسم است، «نیروی اصطکاک» نامیده می‌شود.

### انواع نیروهای اصطکاک:

۱- نیروی اصطکاک ایستایی: نیروی اصطکاکی است که در برابر حرکت جسم ساکن بر روی یک سطح مقاومت ایجاد می‌کند.

۲- نیروی اصطکاک جنبشی: نیروی اصطکاکی است که در برابر حرکت جسم متحرک بر روی یک سطح مقاومت ایجاد می‌کند.

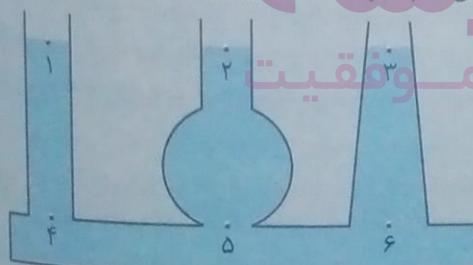
**نکته:** نیروی اصطکاک ایستایی به اندازه نیروی خالص وارد شده بر جسم است؛ نیروی اصطکاک جنبشی به اندازه نیروی خالص وارد شده بر جسم، بستگی نداشته و می‌تواند کمتر یا بیشتریا هم اندازه با آن باشد.

فشار

نسبت نیروی عمود بر سطح به مساحت سطحی که نیرو به آن وارد می‌شود را «فشار» می‌گویند و یکای آن پاسکال (Pa) است.

$$P = \frac{F}{A} \text{ (Pa) } \text{ یا } \frac{N}{m^2}$$

**فشار مایعات:** فشار در مایعات به عمق مایع بستگی داشته و نقاط هم عمق، هم فشار هستند:



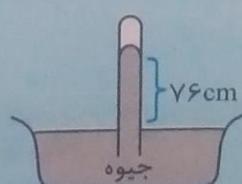
$$P_1 = P_2 = P_3, \quad P_4 = P_5 = P_6$$

**اصل پاسکال:** فشار وارد بر مایع بدون تغییر به همه قسمت‌های مایع و دیواره ظرف منتقل می‌شود.

**فشار گازها:** گازها بر دیواره ظرفی که در آن قرار دارند، فشار وارد می‌کنند.

**فشار هو:** هو نیز مانند گازها به سطوح در تماس خود فشار وارد می‌کند.

**فشارسنج جیوه‌ای توریچلی**





## فصل ۱ فیزیک و اندازه‌گیری

### کلیدواژه

کمیت‌های فیزیکی - پیشوندهای SI - نمادگذاری علمی - خطاط و دقت - تخمین مرتبه بزرگ - چگان

#### معنای هم آزادی سر

قوانین: همواره ثابت هستند.  
مدل‌ها  
با زمان و تحت شرایط تغییر می‌کنند.  
نظریه‌های فیزیکی

برای توصیف پدیده‌ها در فیزیک  
از سه مورد استفاده می‌شود

#### مدل‌سازی در فیزیک

در بررسی پدیده‌های فیزیکی بهتر است اثرات جزئی را نادیده گرفته و موارد مهم و تعیین‌کننده را بررسی کنیم. به این کار «مدل‌سازی» می‌گویند. در این حالت یک پدیده را آن قدر ساده و آرمانی در نظر می‌گیریم که قابل تحلیل و بررسی شود. برای مثال در بررسی حرکت جسم بر روی زمین از نیروهای اصطکاک، مقاومت هوا و ... صرف نظر می‌کیم.

#### کمیت‌های فیزیکی

به هر چیزی که بتوان آن را اندازه گرفت کمیت فیزیکی می‌گویند مثل جرم، طول، زمان، تندی و ....  
کمیت‌های دو بخش تقسیم می‌شوند:

۱- کمیت‌های عددی (اسکالار): کمیت‌هایی که با یک عدد و یکای مناسب به طور کامل مشخص می‌شوند، مثل کمیت جرم:

۷۵ kg  
بکار عدد

۲- کمیت‌های برداری: کمیت‌هایی که با عدد، یکای مناسب و جهت مشخص می‌شوند، مثل کمیت حایه‌جایی:

۴ m  
بکار عدد  
(به سمت جنوب)  
جهت

نکته: برای نوشتن کمیت‌های برداری از علامت پیکان در بالای نماد کمیت استفاده می‌شود مانند نیرو  $\vec{F}$ ، شتاب  $\vec{a}$ .

از دیدگاه یکاهای نیز کمیت‌ها را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد:

۱- کمیت‌های اصلی: کمیت‌هایی که برای آنها یکاهای استانداردی تعریف شده است مثلا: طول، جرم، زمان و ....

۲- کمیت‌های فرعی: کمیت‌هایی که بر حسب کمیت‌های اصلی بیان می‌شوند، مثلا: تندی، مساحت و ....

اندازه‌گیری و دستگاه بین‌المللی یکاهای (SI): به دستگاه یکاهایی که مورد توافق بیشتر دانشمندان و کشورهای دستگاه بین‌المللی یکاهای می‌گویند که آن را باعلام اختصاری (SI) نشان می‌دهند.

مجموع عمومی اوزان و مقیاس‌ها هفت کمیت را به عنوان کمیت‌های اصلی انتخاب کرده است که اساس دستگاه بین‌المللی یکاهای را تشکیل می‌دهند و در جدول زیر نشان داده شده‌اند. در جدول سمت چپ نیز تعدادی کمیت فرعی به همراه یکاهای آنها آورده شده است.

کمیت فرعی			کمیت اصلی		
نماد	یکا	(SI)	نماد	یکا	(SI)
$m/s$	متر بر ثانیه		$m$	متر	طول
$m^2$	متر مربع		$kg$	کیلوگرم	جرم
J	ژول		s	ثانیه	زمان
N	نیوتون		K	کلوین	دما
			mol	مول	مقدار ماده
			A	آمپر	حریان الکتریکی
			cd	کندل‌لا (شمع)	شدت روشنایی

نکته: یکاهای فرعی با یکاهای اصلی مرتبط هستند مثلاً یکای فرعی شتاب  $\frac{m}{s^2}$  است که با یکاهای اصلی طول (m) و زمان (s) مرتبط می‌شود.

نکته: برای سهولت، برخی یکاهای پرکاربرد فرعی نام جدگانه‌ای دارند مثلاً یکای انرژی  $\frac{kg\cdot m^2}{s^2}$  است که آن را زول (J) می‌نامند.

**تبدیل یکاهای برای تغییر یکای یک کمیت می‌توان از روش تبدیل زنجیره‌ای استفاده کرد. از آنجا که ضرب کردن هر کمیت در عدد یک، اندازه آن کمیت را تغییر نمی‌دهد، کمیت را در یک ضریب تبدیل که نسبتی از یکاهای برابر یک است ضرب می‌کیم؛**

**مثال ۱:** ۵۲cm چند mm است؟

$$\text{می‌دانیم هر } 1\text{ cm} \text{ برابر } 10\text{ mm} \text{ است بنابراین } 1 \frac{10\text{ mm}}{1\text{ cm}} = 1 \text{ یا } \frac{1\text{ cm}}{10\text{ mm}} = 1 \text{ که ضریب تبدیل مناسب برای این سؤال}$$

$$52\text{ cm} = (52\text{ cm})(1) = (52\text{ cm}) \times \left(\frac{10\text{ mm}}{1\text{ cm}}\right) = 520\text{ mm} \rightarrow 52\text{ cm} = 520\text{ mm} \quad \frac{10\text{ mm}}{1\text{ cm}} = 1 \text{ است در نتیجه:}$$

**مثال ۲:** ۴mm چند کیلومتر است؟

$$\text{می‌دانیم } 1\text{ km} \text{ و } 1\text{ m} = 1000\text{ mm} \text{ است؛ بنابراین } 1 \frac{1\text{ km}}{1000\text{ m}} = 1 \text{ یا } \frac{1\text{ m}}{1000\text{ mm}} = 1 \text{ ضریب تبدیل مناسب این سؤال}$$

$$4\text{ mm} = (4\text{ mm})(1) = (4\text{ mm}) \times \left(\frac{1\text{ m}}{1000\text{ mm}}\right) \times \left(\frac{1\text{ km}}{1000\text{ m}}\right) = \frac{4}{1000 \times 1000} \text{ km} = 4 \times 10^{-6} \text{ km} \quad \text{هستند؛ در نتیجه:}$$

**سازگاری یکاهای SI:** اگر بخواهیم یکای یک طرف رابطه بر حسب یکای SI باشد یکاهای طرف دیگر رابطه نیز باید بر حسب یکای SI بیان شوند. مثلاً اگر در رابطه  $F = ma$  یکاهای جرم و شتاب بر حسب یکاهای SI باشند، یکای نیرو نیز بر حسب یکای SI

$$\begin{array}{c} F = m \cdot a \\ \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ (\text{N}) \quad \text{kg} \quad \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{array} \quad \text{به دست می‌آید:}$$

**پیشوندهای یکاهای SI:** کمیت‌های خیلی بزرگ یا خیلی کوچک را به کمک پیشوندی که به یکاهای آنها اضافه می‌شوند، نامگذاری می‌کنند.

**مثال:**

$$\text{یکای } \text{km} \xrightarrow{\text{پیشوند}} 42 \rightarrow 42 \text{ کیلومتر}$$

$$\text{یکای } \text{mm} \xrightarrow{\text{پیشوند}} 6 \rightarrow 6 \text{ میلی‌متر}$$

برخی از پیشوندهای SI عبارتند از:

نماد	پیشوند	ضریب	نماد	پیشوند	ضریب
d	دسی	$10^{-1}$	da	دکا	$10^1$
c	سانتی	$10^{-2}$	h	ھیکتو	$10^2$
m	میلی	$10^{-3}$	k	کیلو	$10^3$
$\mu$	میکرو	$10^{-6}$	M	ماگا	$10^6$
n	نالو	$10^{-9}$	G	گیکا (جیکا)	$10^9$
p	پیکو	$10^{-12}$	T	تیرا	$10^{12}$
f	فیمتو	$10^{-15}$	P	پیتا	$10^{15}$
a	آتو	$10^{-18}$	E	ایکزا	$10^{18}$
z	زیتو	$10^{-21}$	Z	زیتا	$10^{21}$
y	یوکتو	$10^{-24}$	Y	یوتا	$10^{24}$

**مثال ۱:** کمیت‌های زیر را بر حسب یکاهای خواسته شده بنویسید.

الف)  $0.004\text{ Ms}$  چند کیلو ثانیه است؟

$$\text{روش اول: } 0.004\text{ Ms} = (0.004\text{ Ms})(1) = (0.004\text{ Ms}) \left(\frac{10^6 \text{ s}}{1\text{ Ms}}\right) = \frac{0.004 \times 10^6}{10^3} \text{ s} = 0.004 \times 10^3 \text{ s} = 4\text{ s}$$

$$\text{روش دوم: } \frac{0.004\text{ Ms}}{1\text{ s}} = \frac{0.004 \times 10^6}{10^3} = 0.004 \times 10^6 \times 10^{-3} = 4 \rightarrow 4\text{ s}$$

ب)  $4 \times 10^3 \text{ fm}$  چند دسی‌متر است؟

$$\text{روش اول: } 4 \times 10^3 \text{ fm} = (4 \times 10^3 \text{ fm})(1) = (4 \times 10^3 \text{ fm}) \left(\frac{10^{-15} \text{ m}}{1\text{ fm}}\right) \left(\frac{1\text{ dm}}{10^{-1} \text{ m}}\right)$$

$$= 4 \times 10^3 \times 10^{-15} \times 10^1 \text{ dm} = 4 \times 10^{-11} \text{ dm}$$

$$\text{روش دوم: } \frac{4 \times 10^3 \text{ fm}}{10^{-1}} = \frac{4 \times 10^3 \times 10^{-15}}{10^{-1}} = 4 \times 10^3 \times 10^{-15} \times 10^1 = 4 \times 10^{-11} \rightarrow 4 \times 10^{-11} \text{ dm}$$

# ایران توشه

توشه‌ای برای موفقیت

ج) ۴۵ هزار نانو ثانیه چند کیلو ثانیه است؟

$$45000 \text{ ns} = (45000 \text{ ns}) \left( \frac{10^{-9} \text{ s}}{1 \text{ ns}} \right) \left( \frac{1 \text{ ks}}{10^3 \text{ s}} \right) = 45000 \times 10^{-9} \times 10^{-3} \text{ ks}$$

$$= 45000 \times 10^{-12} \text{ ks} = 45 \times 10^{-9} \text{ ks}$$

$$\frac{45000 \text{ ns}}{1 \text{ ks}} = \frac{45000 \times 10^{-9}}{10^3} = 45000 \times 10^{-9} \times 10^{-3} = 45 \times 10^{-9}$$

د) ۰.۰۰۰۸۳ / ۰.۰۰۰۸۳ متر چند پیکومتر است؟

$$0.00083 \text{ m} = (0.00083 \text{ m}) \left( \frac{10^9 \text{ pm}}{1 \text{ m}} \right) \left( \frac{1 \text{ pm}}{10^{12} \text{ m}} \right)$$

$$= 0.00083 \times 10^9 \times 10^{12} \text{ pm} = 0.00083 \times 10^{21} \text{ pm} = 8.3 \times 10^{15} \text{ pm}$$

$$\frac{0.00083 \text{ m}}{10^{-12} \text{ pm}} = 0.00083 \times 10^9 = 0.00083 \times 10^9 \times 10^{12} = 8.3 \times 10^{15}$$

**نمادگذاری علمی:** روشی است که نوشتمن و محاسبه مقادیر خیلی بزرگ یا خیلی کوچک را ساده‌تر می‌کند. در این روش هر مقدار را به صورت حاصل ضرب عددی بین ۱ تا ۱۰ (نه خود ۱۰) در توان صحیحی از ۱۰ می‌نویسند. مثال:

$$6 \times 10^{-9} \text{ m} : \text{شاع خورشید}$$

تا بی از ۱۰ عدد ۱۰

(پر عکس علامت محور اعداد صحیح)

مثال ۱: اعداد زیر را با نمادگذاری علمی بنویسید.

$$453/6 = 4/536 \times 10^3$$

$$6/8 \times 10^{-3}$$

مثال ۲: اعداد زیر را با نمادگذاری علمی و بر حسب یکاهای خواسته شده بنویسید.

$$0.000125 \mu\text{m} = X \text{ cm}$$

$$X = \frac{0.000125 \mu\text{m}}{1 \text{ cm}} = \frac{1/25 \times 10^{-4} \times 10^{-6}}{10^{-2}} = 1/25 \times 10^{-4} \times 10^{-6} \times 10^2 = 1/25 \times 10^{-8}$$

مثال ۳:  $6870 \text{ Tg} = X \text{ Eg}$

$$X = \frac{6870 \text{ Tg}}{10^{18}} = \frac{6870 \times 10^3 \times 10^{12}}{10^{18}} = 6870 \times 10^3 \times 10^{12} \times 10^{-18} = 6870 \times 10^{-3}$$

خطا و دقت

عوامل مؤثر بر دقت اندازه‌گیری: ۱- دقت وسیله اندازه‌گیری ۲- مهارت شخص ۳- تعداد دفعات اندازه‌گیری

دققت اندازه‌گیری هر وسیله کمترین مقدار قابل اندازه‌گیری با آن وسیله است.

نکته: در ابزارهای مدرج، دقت اندازه‌گیری برابر است با کوچک‌ترین درجه‌بندی آن ابزار.

نکته: در ابزارهای رقمی (دیجیتال) دقت اندازه‌گیری برابر با یک واحد از آخرين رقمی است که آن ابزار می‌خواند.

نکته: خطای اندازه‌گیری خطکش و سایر وسیله‌های درجه‌بندی شده  $\pm \frac{1}{2}$  برابر کمترین تقسیم‌بندی مقیاس آن وسیله است.

نکته: خطای اندازه‌گیری وسائل رقمی (دیجیتال) مثبت و منفی یک واحد از آخرين رقمی است که دستگاه می‌خواند (رقم سمت راست عدد).

مثال ۱: خطای اندازه‌گیری خطکشی که تا سانتی‌متر درجه‌بندی شده چقدر است؟ اگر خطکش تامیلیمتر درجه‌بندی شده باشد

خطای آن چقدر است؟

± ۰/۵ cm: خطای خطکش سانتی‌متری

± ۰/۵ mm: خطای خطکش میلی‌متری

فعال

ازون

همه

پنهان

برگاه

پرس

شکل

بگویی

رنگها

پرتوی

باریکه

لیزره

راستا

در ش

مدل

نور

برخوا

پرتو

د

۲۷

**مثال ۳:** یک دماسنجه دیجیتالی دمای  $8 / 65^{\circ}\text{C}$  را نشان می‌دهد. خطای این دماسنجه چقدر است؟

$\pm 0 / 01^{\circ}\text{C}$ : خطای دماسنجه

**نکته:** نحوه خواندن نتیجه اندازه‌گیری از جمله مهارت‌های شخص است که روی دقت اندازه‌گیری مؤثر است.

**نکته:** برای کاهش خطای اندازه‌گیری، باید اندازه‌گیری را چند بار تکرار کرده، اعدادی که اختلاف زیادی با بقیه اعداد دارند را کنار گذاشته و میانگین سایر اعداد را به عنوان نتیجه پذیرفت.

**نکته:** رقم‌هایی را که در اندازه‌گیری یک کمیت ثبت می‌شود، رقم‌های بامعنا می‌گویند. در رقم‌های بامعنا، رقم آخر عدد که آن را حدس می‌زنیم غیرقطعی است.

**مثال ۴:** با خط کشی که بر حسب سانتی‌متر مدرج شده طول جسمی را  $7 / 10$  سانتی‌متر اندازه‌گیری می‌کنیم؛

الف) خطای اندازه‌گیری این وسیله چقدر است؟

چون خطکش بر حسب سانتی‌متر مدرج شده خطای اندازه‌گیری آن  $\pm 5\text{ cm}$  است.

ب) در این اندازه‌گیری تعداد ارقام بامعنا چقدر است؟ سه رقم

ج) رقم غیرقطعی این اندازه‌گیری کدام رقم است؟ عدد ۷

در این موارد از تخمین استفاده می‌کنیم: ۱- دقت بالا در محاسبات اهمیت نداشته باشد. ۲- زمان کافی برای محاسبه دقیق نداشته باشیم. ۳- اطلاعات مورد نیاز در دسترس نباشد.

**تخمین مرتبه بزرگی:** در تخمین مرتبه بزرگی یک عدد ابتدا عدد را بانمادگاری علمی ( $x \times 10^n$ ) نوشته و به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$1 \leq x < 5 \rightarrow x \sim 10^0$$

$$5 \leq x < 10 \rightarrow x \sim 10^1$$

$$4536 = 4 / 536 \times 10^3 \sim 10^0 \times 10^3 \sim 10^3 \quad (\text{الف})$$

$$0 / 067 = 6 / 7 \times 10^{-2} \sim 10 \times 10^{-2} \sim 10^{-1} \quad (\text{ب})$$

$$0 / 000815 = 8 / 15 \times 10^{-4} \sim 10 \times 10^{-4} \sim 10^{-3} \quad (\text{ج})$$

$$27 = 2 / 7 \times 10^1 \sim 10^0 \times 10^1 \sim 10$$

**مثال ۵:** مرتبه بزرگی اعداد زیر را تخمین بزنید.

چگالی: جرم واحد حجم اجسام را چگالی می‌گویند و آن را  $\rho$  نشان داده و از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

$m$ : جرم بر حسب kg،  $V$ : حجم بر حسب  $\text{m}^3$  و  $\rho$ : چگالی بر حسب  $\text{kg} / \text{m}^3$

**مثال ۶:** مقدار ۵ کیلوگرم از فلز  $0 / 001\text{m}^3$  حجم دارد. چگالی این فلز چقدر است؟

$$m = 5\text{kg}, V = 0 / 001\text{m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{5}{0 / 001} = 5000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**مثال ۷:** اگر چگالی هوا  $1 / 2 \text{ kg} / \text{m}^3$  باشد، در اتاقی به ابعاد ۵، ۵ و ۳ متر چند کیلوگرم هوا وجود دارد؟

$$\rho = 1 / 2 \text{ kg} / \text{m}^3, V = 5 \times 5 \times 3 = 120\text{m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 1 / 2 \times 120 = 144\text{kg}$$

**مثال ۸:** اگر چگالی الكل  $8 / 8 \text{ g} / \text{cm}^3$  باشد. جرم  $2\text{L}$  کل چند گرم است؟

**نکته:** اگر چگالی بر حسب  $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  و حجم بر حسب  $\text{cm}^3$  باشد، جرم بر حسب g محاسبه می‌شود.

$$\rho = 8 / 8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, V = 2\text{L} = 2 \times 10^3 \text{cm}^3, m = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 8 / 8 \times 2 \times 10^3 = 160\text{g}$$

**مثال ۹:** چگالی مایع A،  $\frac{4}{5}$  چگالی مایع B است. اگر حجم ۸kg از مایع A برابر  $10\text{L}$  باشد. حجم ۵kg از B چند لیتر است؟

$$\rho_A = \frac{4}{5} \rho_B, m_A = 8\text{kg}, V_A = 10\text{L}, m_B = 5\text{kg}, V_B = ?$$

$$\rho_A = \frac{4}{5} \rho_B \rightarrow \frac{m_A}{V_A} = \frac{4}{5} \times \frac{m_B}{V_B} \rightarrow \frac{8}{10} = \frac{4}{5} \times \frac{5}{V_B} \rightarrow \frac{8}{10} = \frac{4}{V_B} \rightarrow V_B = \frac{10 \times 4}{8} = 5\text{L}$$

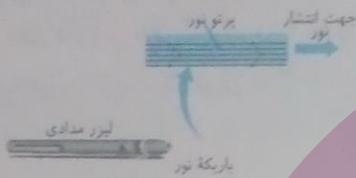
**فعالیت ۱-۱**

از زوون بر فهرست بالا، شما نیز به اتفاق اعضای گروه خود، فهرست دیگری از کاربردهای فیزیک در فناوری تهیه کنید که نقش مهمی در زندگی ما دارند. (این فهرست را می‌توانید به صورت پوستر، پاورپوینت، فیلم‌های کوتاه و .... تهیه و ارائه کنید).

چند موضوع پیشنهادی در این زمینه عبارتند از: ۱- دستگاه‌های سانتریفیوژ در غذی سازی اورانیوم ۲- دستگاه‌های کنترل سرعت در بزرگراه‌ها ۳- کاربرد فناوری‌های نانو در تولید آبرسانانها ۴- طراحی و ساخت انواع زم (Ram) و حافظه‌های جانی رایانه.

**پرسش ۱-۱**

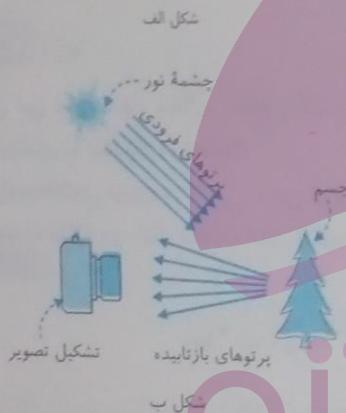
شکل الف بر اساس آنچه در علوم سال هشتم در زمینه نورشناسی خواندید آمده است. اجزای این شکل را توضیح دهید و بگویید که در آن، چه چیزی مدل‌سازی شده است. این مدل‌سازی چگونه در تشکیل تصویر در یک دوربین عکاسی به کار رفته است. (شکل ب)؟



پرتوی نور: نارک‌ترین باریکه نوری که بتوان تصویر کرد، پرتوی نوری گویند.  
باریکه نور: به پرتوهای نور که از شکافی گذشته باشند، باریکه نور می‌گویند.  
لیزر مدادی: وسیله‌ای است که پرتوهای نور را در مسیری مستقیم و راستایی مشخص منتشر می‌کند.

در شکل الف پرتوهای نور به صورت باریکه نور در لیزر مدادی مدل‌سازی شده‌اند.

نور خورشید به صورت پرتوهایی موازی به سطح جسم (درخت) برخورد و به صورت واگرا پراکنده می‌شوند. عدسی دوربین، این پرتوهای واگرا را جمع و بروی فیلم عکاسی منتقل می‌کند.



**پرسش ۱-۲**

اگر مطابق شکل رویه رو، بگای طول را به صورت فاصله نوک بین نوک انگشتان دست کشیده شده بگیریم، چه مزایا و معایب دارد؟



مزایا: همواره و در همه جا در دسترس است.

معایب: مقدار این یکا ثابت نبوده و از فردی به فرد دیگر تغییر می‌کند.

**فعالیت ۲-۱**

ذرع و فرسنگ از جمله یکاهای قدیمی ایرانی برای طول ایجاد می‌شوند. هر ذرع  $10^4$  سانتی‌متر و هر فرسنگ  $6000$  ذرع است. فرشم، بزرگ‌ترین جزیره خلیج فارس است که مساحت آن از بیش از بیست کشور جهان بزرگ‌تر است. طول این جزیره حدود  $120$  کیلومتر براورد شده است. این طول را بر حسب ذرع و فرسنگ بیان کنید.

ایندا طول جزیره را به مترو و سپس به سانتی‌متر تبدیل می‌کنیم. (هر کیلومتر برابر  $10000$  متر و هر متر برابر  $100$  سانتی‌متر است.).

$$120 \text{ km} \times 1000 = 120000 \text{ m}$$

$$120000 \text{ m} \times 100 = 12000000 \text{ cm}$$

$$12000000 \text{ cm} + 10^4 = 1153840 \text{ cm}$$

$$\text{فرسنگ} = 19/231 = 115384/615 \div 6000$$



# ایران توشه

توشه ای برای موفقیت

نامه های پیماراد  
کاربری طریق  
ست که بر اساس  
لطف کاری کنند به  
edia.org  
۲-۱ نورین  
در تبریز، تف  
۱۲۵cm<sup>۳</sup>  
۰۰۰ اهریلتر معادل

پرسش ۳-۱  
کدام گزینه جرم ب  
۵×۱۰<sup>-۲</sup> kg  
دوم زیور عسل بان  
نماین ۳-۱  
با توجه به پیش  
نیازهای یک  
×۱۰<sup>-۲</sup> mm

نطر هسته اتم اورا  
۱۷/۵ fm  
جرم یک گیره کان  
زمان که نور مسا

## تمرین ۱-۱

(الف) یکای نجومی برابر میانگین فاصله زمین تا سطح خورشید است ( $m = 1/5 \times 10^{11} m = 1 AU$ ). فاصله زمین (منظومه شمسی) تا نزدیک ترین ستاره بعد از خورشید، بر حسب یکای نجومی چقدر است؟

مطابق جدول ۱-۳ فاصله منظومه شمسی تا نزدیک ترین ستاره  $m = 10^{16} \times 4 = 4 \times 10^{16} m$  است. اگر این فاصله را بر یکای نجومی تقسیم

کنیم فاصله منظومه شمسی تا نزدیک ترین ستاره به دست می آید:

(ب) مسافتی را که نور در مدت یک سال در خلا می پیماید یک سال نوری می نامند و آن را با نماد  $ly$  نمایش می دهند. کوازارها دورترین اجرام شناخته شده از منظومه شمسی هستند و به عبارتی در دورترین محل قابل مشاهده کیهان قرار دارند. فاصله کوازارها از منظومه شمسی  $10^{16} \times 1/4 = 1/4 \times 10^{16}$  متر برآورد شده است. این فاصله را بر حسب سال نوری بیان کنید. تندی نور را در  $10^8 \times 10^{15} / 3 = 3 \times 10^{23}$  متر بر ثانیه در نظر بگیرید.

مطابق جدول ۱-۳ یک سال نوری  $m = 10^{15} \times 9$  است بنابراین:

$$ly = 9 \times 10^{15} m$$

$$\frac{1 \times 10^{16}}{9 \times 10^{15}} = \frac{1}{9} \times 10^{11} = 0.1 \times 10^{11} ly$$

## فعالیت ۳-۱

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

$$1 \text{ خوار} = 100 \text{ من تبریز} = 40 \text{ سیر} = 640 \text{ مثقال} = 96 \text{ گندم}$$

با توجه به اینکه هر مثقال معادل  $4/86$  گرم است، هر کدام از این یکاهای را بر حسب گرم و کیلوگرم بیان کنید.

$$1 \text{ مثقال} = 4/86 \times 10^{-3} kg$$

$$\frac{1}{96} \text{ مثقال} = \frac{1}{96} \times 4/86 = 0.05 \times 10^{-3} kg \rightarrow 1 \text{ گندم} = 1 \text{ مثقال}$$

$$\frac{1}{24} \text{ مثقال} = \frac{1}{24} \times 4/86 = 0.2 \times 10^{-3} kg \rightarrow 1 \text{ نخود} = 1 \text{ مثقال}$$

$$\frac{1}{16} \text{ مثقال} = 1 \text{ سیر} \rightarrow 40 \text{ سیر} = 640 \text{ مثقال}$$

$$100 \times 3110 / 4g = 3110 \text{ kg} = 3110 \times 10^{-3} kg$$

$$100 \times 3110 / 40g = 3110 \text{ kg} = 3110 \times 10^{-3} kg$$

## فعالیت ۴-۱

در خصوص چگونگی اندازه گیری زمان از دوران باستان تا عصر حاضر مطالibi را به طور مستند تهیه کنید. مطالب تهیه شده را با توجه به مهارت و علاقه مندی افراد گروه خود، به یکی از شکل های روزنامه دیواری، پاورپوینت، قطعه فیلم کوتاه و ... به کلاس درس ارائه دهید.

انسان ها در گذشته جهت انجام امور کشاورزی، تعیین دستمزد و ... نیاز به اندازه گیری زمان داشتند که استفاده از خورشید، ماه و آب از جمله ابزارهای قدیمی سنجش زمان بوده است. آریایی ها و زرتشیان شبانه روز را بر مبنای پنج گاه شامل برآمدن آفتاب تا نیمروز، نیمروز تا ۳ ساعت پس از نیمروز، از ۳ ساعت پیشین تا فروض آمدن آفتاب، از فروغ آفتاب و پیدا شدن ستاره شاهگاهی در آسمان تا نیمه شب و از نیمه شب تا برآمدن آفتاب تقسیم می کردند. شیوه دیگر تقسیم شبانه روز به ۲۴ ساعت یا پاس بود. در پیش موارد نیز از سایه خورشید با استفاده از ستون ها و یا دیوارها زمان را تعیین می کردند. از جمله ابزارهای اندازه گیری زمان ساعت های آبی، ساعت های آفتابی، ساعت های شنبی یا ماسه ای بودند. با پیشرفت علم و دانش بشری به تدریج ساعت های دقیق را مکانیکی، وزنه ای، فردار، برقی، باتری دار، کامپیوتری، و ... جای ساعت های قدیمی را گرفت. به خصوص از زمان استفاده انسان از فنر، جهت راه اندختن چرخ دنده ها، سنجش دقیق تر زمان امکان پذیر گردید. در اوایل قرن ۱۶ اولین ساعت مچی آخنی توسط یک آلمانی ساخته شد. بعدها با استفاده از فنر و چرخ دنده های بسیار ریز امکان ساختن ساعت های مچی خوبی به وجود آمد. اولین ساعت های مچی شبیه ساعت های امروزی در کشور سوئیس ساخته شد. تکنولوژی های امروزی، انسان را قادر ساخته است

ساعت‌های بسیار دقیق کامپیوتري و حتی اتمی را بسازد که از جمله آنها ساعت‌های بلور کوارتز به طریق الکتریکی کار می‌کند. خطای بهترین نوع این ساعت‌ها  $25 \text{ ppb}$  در سال است. نوعی ساعت اتمی نیز ساخته شده است که بر اساس بسامد مشخص ایزوتوپ سزیم ( $\text{Cs-133}$ ) کار می‌کند و دقت آن  $\frac{1}{12}$  است، یعنی دو ساعت سزیم که با این دقت کار می‌کنند بعد از  $6000$  سال بیش از  $8\%$  اختلاف نخواهند داشت. (اطلاعات تکمیلی را می‌توانید با مراجعه به سایت [ویکی‌پدیا](https://fa.wikipedia.org) به آدرس <https://fa.wikipedia.org> «تاریخ ابزارهای زمان» کسب کنید).

۱۱

- در فیزیک، تغییر هر کمیت را نسبت به زمان، معمولاً آهنگ آن کمیت می‌نامیم. از شلنگ شکل روبه رو، آب با آهنگ  $125 \text{ cm}^3/\text{s}$  خارج می‌شود. این آهنگ را به روش تبدیل زنجیره‌ای، بر حسب یکای لیتر بر دقیقه  $(\frac{\text{L}}{\text{min}})$  بنویسید.  
(هر لیتر معادل  $1000$  سانتی‌متر مکعب است).

$$125 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = (125 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}})(\text{l})(\text{l}) = (125 \frac{\cancel{\text{cm}^3}}{\cancel{\text{s}}})(\frac{1\text{L}}{1\text{min}})(\frac{1\text{L}}{1000\text{cm}^3}) = 125 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

۱۲

- کدام گزینه جرم یک زنبور عسل ( $15 \text{ kg}$ ) را به صورت نمادگذاری علمی درست بیان می‌کند؟
- $15 \times 10^{-5} \text{ kg}$    $1/5 \times 10^{-4} \text{ kg}$    $1/5 \times 10^{-3} \text{ kg}$
- $1/000 15 \text{ kg} = 1/5 \times 10^{-4} \text{ kg}$
- جزم زنبور عسل با نمادگذاری علمی به صورت  $1/5 \times 10^{-4} \text{ kg}$  است.

۱۳

۱۳

- با توجه به پیشوندهای یکاهای SI و نمادگذاری علمی جدول زیر را کامل کنید.
- قطربانگین یک گلبلو (گویجه) قرمز:
- $$7 \times 10^{-6} \text{ m} = (7 \times 10^{-6} \text{ m})(\text{l}) = (7 \times 10^{-6} \text{ m})(\frac{1000 \text{ mm}}{1\text{m}}) = 7 \times 10^{-6} \times 10^3 \text{ mm} = 7 \times 10^{-3} \text{ mm}$$
- $$7 \times 10^{-6} \text{ m} = (7 \times 10^{-6} \text{ m})(\text{l}) = (7 \times 10^{-6} \text{ m})(\frac{1\mu\text{m}}{1\text{m}}) = 7 \mu\text{m}$$

قطعه هسته اتم اورانیوم:

$$1/75 \times 10^{-14} \text{ m} = (1/75 \times 10^{-14} \text{ m})(\text{l}) = (1/75 \times 10^{-14} \text{ m})(\frac{1\text{pm}}{10^{-12} \text{ m}}) = 1/75 \times 10^{-2} \text{ pm}$$

$$1/75 \times 10^{-14} \text{ m} = (1/75 \times 10^{-14} \text{ m})(\text{l}) = (1/75 \times 10^{-14} \text{ m})(\frac{1\text{fm}}{10^{-15} \text{ m}}) = 1/75 \times 10 \text{ fm} = 17/5 \text{ fm}$$

جرم یک گیره کاغذ:

$$1/0 \times 10^{-4} \text{ kg} = (1 \times 10^{-4} \text{ kg})(\text{l}) = (1 \times 10^{-4} \text{ kg})(\frac{1000 \text{ g}}{1\text{kg}}) = 1 \times 10^{-1} \text{ g}$$

$$1/0 \times 10^{-4} \text{ kg} = (1 \times 10^{-4} \text{ kg})(\text{l})(\text{l}) = (1 \times 10^{-4} \text{ kg})(\frac{1000 \text{ g}}{1\text{kg}})(\frac{1\text{mg}}{10^{-3} \text{ g}}) = 1 \times 10^2 \text{ mg}$$

زمان که نور مسافت  $3/0$  متر را در هوا طی می‌کند:

$$1/0 \times 10^{-9} \text{ s} = (1 \times 10^{-9} \text{ s})(\text{l}) = (1 \times 10^{-9} \text{ s})(\frac{1\mu\text{s}}{10^{-6} \text{ s}}) = 1 \times 10^{-3} \mu\text{s}$$

$$1/0 \times 10^{-9} \text{ s} = (1 \times 10^{-9} \text{ s})(\text{l}) = (1 \times 10^{-9} \text{ s})(\frac{1\text{ns}}{10^{-9} \text{ s}}) = 1\text{ns}$$

زمانی که صوت مسافت  $35\text{ m}$  در هوا طی می‌کند:

$$1/0 \times 10^{-3} \text{ s} = (1 \times 10^{-3} \text{ s})(1) = (1 \times 10^{-3}) \left( \frac{1 \text{ ms}}{10^{-3}} \right) = 1 \text{ ms}$$

$$= (1 \times 10^{-3} \text{ s})(1) = (1 \times 10^{-3}) \left( \frac{1 \mu\text{s}}{10^{-6}} \right) = 1 \times 10^3 \mu\text{s}$$

۱۷

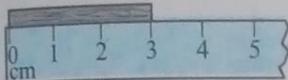
### تمرین ۱-۴

- ۱- در هر یک از شکل‌های (الف) تا (پ)، طول جسم را چقدر گزارش می‌کنید؟ در گزارش خود، هم عدد غیرقطعی و هم خطای وسیله را مشخص کنید.

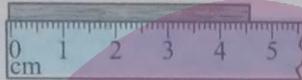
(الف) طول جسم  $\pm 0.5\text{ cm}$  ، عدد غیرقطعی ۵، خطای وسیله  $\pm 0.5\text{ cm}$

(ب) طول جسم  $\pm 0.5\text{ mm}$  ، عدد غیرقطعی ۷، خطای وسیله  $\pm 0.5\text{ mm}$

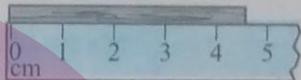
(پ) طول جسم  $\pm 0.5\text{ cm}$  ، عدد غیرقطعی ۶، خطای وسیله  $\pm 0.5\text{ cm}$



(پ)



(ب)

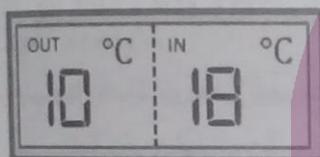


(الف)

- ۲- شکل رو به رو یک دماسنجد رقمه را نشان می‌دهد که دمای خارج و داخل گلخانه‌ای را به ترتیب  $10^\circ\text{C}$  و  $18^\circ\text{C}$  می‌خواند. عدد غیرقطعی و خطای دماسنجد را مشخص کنید.

در دمای داخل عدد غیرقطعی ۸ و در دمای خارج عدد غیرقطعی صفر است.

خطای این دماسنجد  $\pm 1^\circ\text{C}$  است.



۳- نتیجه اندازه‌گیری توسط دماسنجد شکل ۱-۱۲ را به همراه خطای آن بنویسید.

نتیجه اندازه‌گیری این دماسنجد  $27^\circ\text{C}$  و خطای آن  $\pm 5^\circ\text{C}$  است.

۱۷

### فعالیت ۱-۵

در بسیاری از کارگاه‌های صنعتی مانند تراشکاری‌ها، اندازه‌گیری طول با ابزارهای دقیق‌تر از خطکش میلی‌متری انجام می‌شود. این ابزارها، کولیس و ریزسنج نام دارند که اجزای اصلی آنها در شکل‌های الف و ب نشان داده شده است.... نحوه کار کردن با کولیس را معلم به شما توضیح می‌دهد.

موارد قابل اندازه‌گیری توسط کولیس عبارتند از:

ضخامت میز کلاس، ضخامت یک کتاب، قطر داخلی یک لوله، قطر خارجی یک گوی شیشه‌ای

$16/23\text{ mm}$

ضخامت میز کلاس

$7/50\text{ mm}$

ضخامت یک کتاب

$5/48\text{ mm}$

قطر داخلی یک لوله

$12/32\text{ mm}$

قطر خارجی یک گوی شیشه‌ای

شرح کار با کولیس: جسم را بین شاخک‌های ثابت و متحرک طوری قرار می‌دهیم که هر دو شاخک با بدنه جسم تماس داشته باشد. سپس درجات را از روی خطکش (عددی که صفر ورنیه در مقابل آن قرار دارد و یا از آن گذشته است) و کسر درجات را از روی درجاتی: از ورنیه پیدا می‌کنیم که درست برابر یکی از درجات خطکش قرار گرفته است.

موارد قابل اندازه‌گیری توسط ریزسنج عبارتند از:

ضخامت یک برگ کاغذ، ضخامت یک تکه مقوا، ضخامت یک خطکش فلزی، قطر خارجی یک لوله خودکار

$0/08\text{ mm}$

ضخامت یک برگ کاغذ

$0/20\text{ mm}$

ضخامت یک تکه مقوا

$0/50\text{ mm}$

ضخامت یک خطکش فلزی

$7/73\text{ mm}$

قطر خارجی یک لوله خودکار

۱۷

آزمون (ریاضی - تجربی) (دوره دوم متوسطه)

هرچ کار با ریزستج: خط کش دارای خطی افقی است که تقسیم‌بندی بالایی این خط فاصله‌های  $5\text{ mm}$  را مشخص می‌کند. استوانه مدرج چرخانی نیز روی خط حرکت کرده و بر روی آن از صفر تا  $5\text{ mm}$  تقسیم‌بندی شده است. برای خواندن عدد، آخرین درجه خط کش اندازه اصلی ما بر حسب  $\text{mm}$  است. مقادیر کمتر از  $5\text{ mm}$  اندازه‌گیری خطی از ورنیه است که درست رویه روی درجه خط کش به صورت کامل قرار گرفته است.

## فعالیت ۶-۱

۱۸

- (الف) آزمایش طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان جرم و حجم یک قطره آب را اندازه‌گیری کرد.
- اندازه‌گیری جرم یک قطره آب: ظرفی را بر روی ترازوی دیجیتال قرار داده و ترازو را در وضعیت صفر قرار می‌دهیم. با قطره چکان آن قدر قطرات آب را در ظرف می‌چکانیم که ترازو عددی را نشان دهد. حال اگر جرم نشان داده شده را بر تعداد قطرات آب ریخته شده تقسیم کنیم، جرم یک قطره آب به دست می‌آید.
- اندازه‌گیری حجم یک قطره آب: سرنگی را با حجم معینی از آب پر کرده و با فشردن آهسته آن، آب را به صورت قطره قطره خارج می‌کنیم تا به طور کامل تخلیه شود، حال اگر حجم آب داخل سرنگ را بر تعداد قطرات آب خارج شده، تقسیم کنیم، حجم هر قطره به دست می‌آید. (به جای سرنگ از قطره چکان درجه بندی شده نیز می‌توان استفاده کرد).
- (ب) تکه‌ای سیم لامکی نازک یا ناخ قرقه به طول تقریبی یک متر تهیه کنید. آزمایشی طراحی و اجرا کنید که به کمک یک خط کش میلی‌متری بتوان قطراین سیم یا ناخ را اندازه‌گیری کرد.
- سیم را با دقت به دور یک لوله باریک (مثل لوله خودکار) طوری می‌پیچیم که دورهای سیم در کنار هم قرار گیرند. اگر ضخامت سیم پیچیده شده را با خط کش اندازه‌گیری کرده و بر تعداد دورهای سیم تقسیم کنیم قطر سیم به دست می‌آید.

۲۲

۲۱

- (الف) تخمین بزنید در هر شبانه روز چند لیتر بخار بزنین وارد هوای شهر تهران می‌شود. چون تبخیر سطحی بزنین بالاست، در مخازن بزنین همواره بخار بزنین وجود دارد. از آنجا که با وارد شدن هر مقدار بزنین به همان مقدار بخار بزنین از مخزن خارج می‌شود، با کمی دقت در فرایند پخش درمی‌باییم برای اینکه یک لیتر بزنین به دست مصرف کننده بار باید از مخزنی به مخزن دیگر منتقل شود (۱- از مخزن انبار به نفتکش -۲- از نفتکش به مخزن جایگاه -۳- از مخزن جایگاه به باک خودرو). پس به ازای هر یک لیتر بزنین،  $3\text{ L}$  بخار بزنین وارد هوای می‌شود. اگر میانگین مصرف بزنین شهر تهران را  $8\text{ میلیون لیتر در روز فرض کنیم، در هر شبانه روز } 24 \times 8 \times 10^6 = 192 \times 10^6 \text{ لیتر}$  می‌شود.
- (ب) تحقیق کنید در کشورهای دوستدار محیط زیست، چه تدابیری می‌اندیشند تا این بخار، که برای محیط زیست و همچنین سلامتی انسان‌ها بسیار مضر است، وارد هوا نشود.
- بخار بزنین خارج شده در مان جایه جایی ها را جمع آوری کرده و دوباره استعمال (بازیافت) می‌کنند.
  - با وسائل و تجهیزات کافی محل اتصال مسیرهای انتقال بزنین را پوشش می‌دهند.

## تمرین ۵-۱

۲۲

- تمرین ۵-۱:
- یک دیگر از یکاهای متداول چگالی، گرم برسانتی مترمکعب ( $\text{m}^3 / \text{g}$ ) است. به روش تبدیل زنجیره‌ای نشان دهید:
- $$1\text{ kg} = 10^3 \text{ g} \quad \Rightarrow \frac{1}{10^3} \text{ kg} = \frac{1}{10^3} \text{ g} \quad (1) \\ 1\text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3 \quad \Rightarrow \frac{1}{10^6} \text{ m}^3 = \frac{1}{10^6} \text{ cm}^3 \quad (2) \\ (1) \times (2) \Rightarrow \frac{1}{10^3} \text{ kg} = \frac{1}{10^6} \text{ g} \quad (3) \\ 10^3 \times 10^6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

۲۲

- پرسشن ۴-۱:
- چگالی بزنین  $3 \text{ kg} / \text{m}^3 = 8 \times 10^{-2} \text{ kg} / \text{m}^3$  است. توضیح دهید چرا آب مایع مناسبی برای خاموش کردن بزنین شعله ور نیست.
- چون چگالی بزنین  $(8 \times 10^{-2}) \text{ kg} / \text{m}^3$  است، بزنین بر روی سطح آب قرار گرفته و همچنان شعله ور باقی می‌ماند.

۲۳

## تمرین ۱-۷

حجم خون در گردنش یک فرد بالغ با توجه به جرمش، می‌تواند بین  $4/7 \text{ L}$  تا  $4/5 \text{ L}$  باشد. جرم  $4/7 \text{ kg}$  خون چند کیلوگرم است؟ چگالی خون را  $1/05 \text{ g/cm}^3$  بگیرید.

$$V = 4/7 \text{ L} = 4/7 \times 10^3 \text{ cm}^3, \rho = 1/05 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, m = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 1/05 \times 4/7 \times 10^3 = 4/93 \times 10^3 \text{ g} = 4/93 \text{ kg} \rightarrow m = 4/93 \text{ kg}$$

۲۴

## تمرین ۱-۸

جرم و وزن تقریبی هوا درون کلاستان را پیدا کنید.

چگالی هوا در دمای  $20^\circ\text{C}$  برابر است با  $\rho = 1/205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . ابعاد کلاس را  $5 \times 6 \times 3 \text{ m}$  متر فرض می‌کنیم:

$$V = 3 \times 5 \times 6 = 90 \text{ m}^3, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \rho = 1/205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 1/205 \times 90 = 108/45 \text{ kg} \rightarrow m = 108/45 \text{ kg}$$

$$W = mg = 108/45 \times 10 = 1084/5 \text{ N} \rightarrow W = 1084/5 \text{ N}$$

جرم هوا کلاس:

وزن هوا کلاس:

## فعالیت ۱-۷

اگر پرتوالی را درون ظرف محتوی آب بیندازیم پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را انجام دهید (شکل الف) و

نتیجه مشاهده خود را با توجه به مفهوم چگالی توضیح دهید.

پرتوال بر روی سطح آب قرار می‌گیرد، چون چگالی آن کمتر از

چگالی آب است.



(الف)



(ب)

اگر پرتوال را بدون پوست درون ظرف محتوی آب بیندازیم دوباره پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را مطابق شکل (ب) انجام دهید و نتیجه مشاهده خود را با توجه به مفهوم چگالی توضیح دهید.

پرتوال پوست کنده داخل آب فروخته، چون چگالی آن بیشتر از چگالی آب است.

در آزمایش (الف) پرتوال بیشتری دارد و اصطلاحاً ستگین‌تر است. آیا ستگین‌ترین آن در آب است؟ توضیح دهید. خیر، برای فروختن جسم در آب باید چگالی جسم بیشتر از چگالی آب باشد. در قسمت الف هم جرم و هم حجم پرتوال بیشتر از قسمت ب است ولی چون چگالی آن کمتر از چگالی آب است بر روی آب شناور باقی می‌ماند.

(در حالت ب، حجم و جرم کاهش یافته است و حجم نسبت به جرم کاهش بیشتری یافته است، پس چگالی نسبت به حالت

$$\text{اول افزایش می‌باید: } (\uparrow \rho = \frac{m}{V})$$

## فعالیت ۱-۸

الف) جرم و حجم تعدادی جسم جامد را اندازه بگیرید.

در صورتی که شکل جسم‌ها منظم باشند، ابعاد آنها را به

کمک کولیس یا ریزسنج اندازه بگیرید. اگر جسم جامد

شکل نامنظمی داشته باشد، از روشن که در شکل رو به رو

نشان داده شده است حجم آن را اندازه بگیرید.

اگر جسم شکل نامنظمی داشته باشد برای اندازه گیری حجم

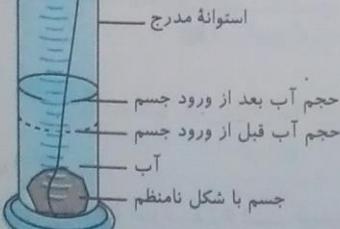
آن، جسم را درون یک ظرف مدرج پر از آب قرار می‌دهیم. با

مقایسه اختلاف حجم آب قبل و بعد از ورود جسم به آب،

می‌توان حجم جسم را به دست آورد.



استوانه مدرج



حجم آب بعد از ورود جسم  
حجم آب قبل از ورود جسم  
آب  
جسم با شکل نامنظم

حجم آب قبل از ورود جسم - حجم آب بعد از ورود جسم = حجم جسم

۲۴

برای این فعالیت می‌توان از یک استوانه مدرج استفاده کرد. این استوانه می‌تواند حجم مایع را درون خود اندازه بگیرد. این استوانه می‌تواند حجم مایع را درون خود اندازه بگیرد.

برای این فعالیت می‌توان از یک استوانه مدرج استفاده کرد. این استوانه می‌تواند حجم مایع را درون خود اندازه بگیرد.

۹۵۴



نوع جسم	جرم	حجم
یک عدد سبب	۰/۱۲۵kg	۴۰۰cm <sup>۳</sup>
قوطی کبریت خالی	۰/۰۲۵kg	۲۷cm <sup>۳</sup>
یک عدد پاک کن	۰/۰۳۰kg	۱۱cm <sup>۳</sup>
کلید	۰/۰۲۰kg	۴cm <sup>۳</sup>

ب) با استفاده از سرنگ مدرج بزرگ و ترازوی با دقت مناسب، چگالی برخی از مایع‌های در دسترس مانند شیر، روغن، مایع ظرفشویی و ... را اندازه بگیرید.

قیل و بعد از پر کردن سرنگ، جرم آن را اندازه بگیرید و به این روش جرم مایع را تعیین کنید.

نوع مایع	چگالی	حجم	جرم	مایع
شیر	$1050 \frac{kg}{m^3}$	۲cm <sup>۳</sup>	۲/g	
روغن مایع	$950 \frac{kg}{m^3}$	۲cm <sup>۳</sup>	۱/g	
مایع ظرفشویی	$900 \frac{kg}{m^3}$	۲cm <sup>۳</sup>	۱/g	

با توجه به مقادیر به دست آمده در جدول فوق، چگالی شیر و مایع ظرفشویی تقریباً برابر با چگالی آب است. همچنین چگالی روغن مایع تقریباً برابر با چگالی روغن زیتون است.

### پرسش ۱-۵

سه مایع مخلوط نشدنی A، B و C که چگالی‌های متفاوتی دارند درون استوانه‌ای شیشه‌ای ریخته شده‌اند. این سه مایع عبارت اند از: جبوه (با چگالی  $10^3 kg / m^3$ )، روغن زیتون (با چگالی  $10^2 kg / m^3$ ) و آب (با چگالی  $10^0 kg / m^3$ ) است. جنس هریک از مایع‌های A، B و C درون استوانه را مشخص کنید.



C: جبوه - چون چگالی جبوه از همه بیشتر است پایین تراز بقیه قرار می‌گیرد.

B: آب - چون چگالی آب از روغن بیشتر است پایین تراز روغن قرار می‌گیرد.

A: روغن - چون چگالی روغن از همه کمتر است بالاتراز سایر مایعات قرار می‌گیرد.

### پرسش ۱-۶

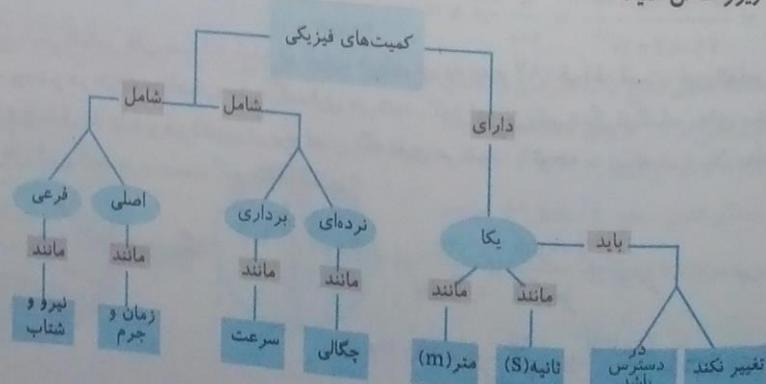
۱- در چه صورت یک مدل یا نظریه فیزیکی بازنگری می‌شود؟ در صورتی که مدل یا نظریه مطرح شده با نتایج آزمایشات

جدید مغایرت داشته باشد.

۲- فرآیند مدل سازی در فیزیک را با ذکر یک مثال توضیح دهید. در بررسی حرکت اجسام در قرقره‌ها از جرم نخ و قرقره و

نیروی اصطکاک بین نخ و قرقره صرف نظر کرده و فقط نیروی وزن اجسام را در حرکت در نظر می‌گیریم.

۳- نقشه مفهومی زیر را کامل کنید.



۴- سعی کنید با نگاه کردن، طول برشی از اجسامی را که در محیط اطرافتان هستند، بر حسب سانتی‌متر یا متر برآورد کنید. سپس طول آنها را با خطکش یا متراندازه بگیرید. برآوردهای شما تا چه حد درست بوده‌اند؟ دقت در برآورد امری تجربی است و به ندرت می‌توان طول دقیق یک جسم را به درستی برآورد کرد.

مورد اندازه‌گیری	طول کتاب فیزیک	طول یک خودکار	طول کلاس
اندازه برآورد شده	۳۰ cm	۱۵ cm	۶ m
اندازه واقعی	۲۶ / ۵ cm	۱۳ cm	۶ / ۵ m

۵- جرم یک سوزن ته‌گرد را چگونه می‌توان با یک ترازوی آشپزخانه اندازه‌گیری کرد؟ تعداد معینی سوزن را بروی ترازو قرار داده و جرم آنها را اندازه‌گیری می‌کنیم. اگر این جرم را بر تعداد سوزن‌ها تقسیم کنیم، جرم هر سوزن مشخص می‌شود.

۶- گالیله در برشی از کارهایش از ضربان نبض خود به عنوان زمان سنج استفاده کرد. شما نیز چند پدیده تکرار شونده در طبیعت را نام ببرید که می‌توانند به عنوان ابزار اندازه‌گیری زمان به کار روند. گردش زمین به دور محورش، گردش ماه به دور زمین، گردش زمین به دور خورشید، حرکت سیارات و اقمار در چرخش آنها، ارتعاشات یک اتم.

$$7\text{-الف) هر میکروقرن، تقریباً چند دقیقه است؟} = \frac{\text{year } 100}{\text{year } 1} \times \frac{\text{day } 365}{\text{day } 1} \times \frac{1/24}{\text{day } 1} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 1 \times 100 \times 365 \times 24 \times 60 (\mu \text{ min}) = 52560000 \times 10^{-6} \text{ min} = 52 / 56 \text{ min}$$

ب) یک میلیارد ثانیه دیگر، تقریباً چند سال پیرتر می‌شود؟

$$1000000000 \text{ s} = 10^9 \text{ s} = (10^9 \text{ s}) \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ day}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ سال}}{365 \text{ day}} \\ = \frac{10^9}{60 \times 60 \times 24 \times 365} \text{ سال} = 31 \text{ سال}$$

۸- هکتار، از جمله یکاهای متدائل مساحت است. هر هکتار برابر ۱۰ هزار مترمربع است.

الف) اگر زمین را کره‌ای یکتواخت به ساعت ۴۰۰ کیلومتر در نظر بگیریم (شکل رو به رو)، مساحت آن چند هکتار است؟

$$\pi = 3, r = 6400 \text{ km} = 6400 \times 10^3 \text{ m} = 64 \times 10^5 \text{ m}$$

$$S = 4\pi r^2 = 4 \times 3 \times (64 \times 10^5)^2 = 49152 \times 10^{10} \text{ m}^2$$

اگر مساحت بر حسب مترمربع را برابر ۱۰۰۰۰ تقسیم کنیم، مساحت زمین بر حسب هکتار به دست می‌آید:

$$\text{هکتار} = \frac{1 \text{ هکتار}}{49152 \times 10^{10} \text{ m}^2} = \frac{1}{49152 \times 10^{10}} \text{ هکتار}$$

ب) تحقیق کنید مساحت کل سرزمین ایران شامل خشکی و دریا، چند هکتار است؟ این مساحت چند درصد از مساحت کره زمین است؟

$$\text{مساحت ایران} = \frac{1 \text{ هکتار}}{49152 \times 10^{10} \text{ هکتار}} = 1648195 \text{ km}^2 = 1648195 \times 10^6 \text{ m}^2 = 1648195 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$\text{مساحت ایران} = 1648195 \times 10^2 \text{ هکتار}$$

$$\text{درصد} = \frac{1648195 \times 10^2}{49152 \times 10^{10}} = \frac{1648195 \times 10^2}{49152 \times 10^{10}} = 33 \times 10^{-2} = 33 \times 10^{-2} \text{ مساحت کره زمین}$$

۹- یک از بزرگ‌ترین الماس‌های شناخته شده در ایران، دریای نور به جرم ۱۸۲ قیراط، است. این الماس به رنگ کمیاب صورتی شفاف بوده و در خزانه جواهرات ملی نگهداری می‌شود. کوه نور نیز یکی دیگر از الماس‌های مشهور جهان است که جرمی حدود ۱۰۸ قیراط دارد و هم اکنون در برج لندن نگهداری می‌شود. با توجه به اینکه هر قیراط معادل ۲۰۰ میلی‌گرم است، جرم دریای نور و کوه نور بر حسب گرم چقدر است؟

$$\text{دریای نور} = \frac{1 \text{ قیراط}}{200 \text{ mg}} = \frac{1 \text{ g}}{10^2 \text{ mg}} = 36 / 4 \text{ g} = 36 \text{ g}$$

$$\text{کوه نور} = \frac{1 \text{ قیراط}}{200 \text{ mg}} = \frac{1 \text{ g}}{10^2 \text{ mg}} = 21 / 6 \text{ g} = 21 \text{ g}$$

۱۰- سریع ترین رشد گیاه متعلق به گیاه موسوم به هسپروتیکا است که در مدت ۱۴ روز،  $\frac{3}{7} \text{ متر}$  رشد می کند (شکل زیر). آهنگ رشد این گیاه بر حسب میکرومتر بر ثانیه چقدر است؟ چون آهنگ رشد بر حسب میکرومتر بر ثانیه خواسته شده است، بنابراین باید مقدار رشد را بر حسب میکرومتر و زمان را بر حسب ثانیه محاسبه کنیم.

$$\text{مقدار رشد} = \frac{\frac{10^6 \mu\text{m}}{1\text{m}}}{(\frac{3}{7}\text{m})} = \frac{3}{7} \times 10^6 \mu\text{m}$$

هر روز  $86400 \times 14 = 1209600$  روز زمان است.

$$\text{مقدار رشد} = \frac{3/7 \times 10^6 \mu\text{m}/\text{s}}{1209600 \text{ زمان}} = \frac{3/7 \times 10^6 \mu\text{m}/\text{s}}{= \text{آهنگ رشد}}$$

۱۱- دستگاه بربتا نیایی یکاها، دستگاهی است که در برش از کشورها مانند آمریکا و انگلستان همچنان استفاده می شود. یکای اصلی طول در این دستگاه پا (فوت) و یکای کوچکتر آن اینچ است به طوری که  $1\text{ft} = 12\text{in}$  است. ارتفاع هواپیما را که در فاصله  $30000$  پا از سطح آزاد دریاها در حال پرواز است بر حسب متر بدست آورید. هر اینچ  $2/540$  متر است.

$$2/540 \text{ m} = (\frac{12\text{in}}{30000\text{ft}}) \times (\frac{1\text{m}}{2/540\text{m}}) = 9144 \text{ m}$$

۱۲- قدیمی ترین سنگ نوشته حقوق بشر که تاکنون یافته شده است به حدود  $2550$  سال پیش باز می گردد که به فرمان کورش، پادشاه ایران در دوره هخامنشیان نوشته شده است. مرتبه بزرگی سن این سنگ نوشته بر حسب ثانیه چقدر است؟ سال  $10^3 - سال 10^5 \times 10^3 - سال 10^3 / 550 = 2 \times 2550 = 2550$  سال: تخمین مرتبه بزرگی قدمت

$$10^8 = 10^3 \times 10^7 : \text{مرتبه بزرگی سن سنگ نوشته} \Rightarrow 10^8 - 10^7 - 3 \times 10^7 \text{ s} : \text{تخمین مرتبه بزرگی یک سال}$$

-۱۲- تندی شناورها در دریا بر حسب یکایی به نام گره بیان می شود. هر گره دریابی برابر  $5144 / 5$  متر بر ثانیه است.

(الف) اگر یک کشتی حمل کالا با تندی  $14$  گره از بندر شهید رجایی به طرف جزیره لاوان حرکت کند، تندی آن را بر حسب کیلومتر بر ساعت به دست آورید.

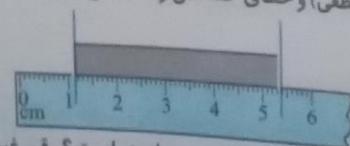
$$\text{تندی کشتی بر حسب s} : \text{m/s} = \frac{14 \text{ گره}}{10^3 \text{ گرو}} = \frac{14 \text{ گره}}{10^3 \text{ گرو}} = 14 \text{ m/s}$$

$$\text{تندی کشتی بر حسب km/h} : \text{km/h} = \frac{14 \text{ m}}{(7/2016 \text{ s})} \times \frac{1\text{ km}}{1000\text{ m}} = 25/93 \text{ km/h}$$

(ب) مایل، یک دیگر از یکاهای متدائل طول در دستگاه بربتا نیایی است. یک مایل دریابی برابر  $1852$  متر است. تندی کشن قسمت (الف) را بر حسب مایل بر ساعت به دست آورید.

$$14 \text{ m} = (7/2016 \text{ s}) \times \frac{1\text{ mile}}{1852\text{ m}} = 14 \text{ mile/h}$$

-۱۳- دانش آموزی برای اندازه گیری طول میله ای به کمک یک خطکش میلی متری، مطابق شکل زیر عمل کرده است. طول میله را بر حسب میلی متر، سانتی متر و متر کارش کنید. در گزارش خود رقم حدس (غیرقطعی) و خطای خطکش را مشخص کنید.



طول میله  $42/3 \text{ mm}$ ,  $4/22 \text{ cm}$ ,  $0/0422 \text{ m}$

رقم غیرقطعی ۳ و خطای خطکش  $\pm 5 \text{ mm}$  است.

-۱۴- شکل زیر، صفحه تندی سنج یک خودرو را نشان می دهد. تندی خودرو را چند کیلومتر بر ساعت است؟ رقم غیر قطعی و خطای تندی سنج را در گزارش مشخص کنید.

تندی خودرو  $h \text{ km/h} = 115 \pm 1$  است.

رقم غیرقطعی ۵ و خطای تندی سنج  $h \text{ km/h} = 1$  است.

۱۶- شکل‌های (الف) و (ب)، به ترتیب یک ریزسنج و یک کولیس رقیم را نشان می‌دهد. رقم غیرقطعی و خطای هر یک از این وسیله‌ها را مشخص کنید.



(ب)



(الف)

الف) رقم غیرقطعی ۳ و خطای وسیله  $0.001 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$  است. ب) رقم غیرقطعی ۷ و خطای وسیله  $0.01 \text{ mm} \pm 0.001 \text{ mm}$  است.

۱۷- الف) مرتبه بزرگی تعداد نفس‌هایی را که یک شخص در طول عمرش می‌کشد، تخمین بزنید.  
میانگین تنفس هر شخص ۱۵ بار در دقیقه است، بنابراین مرتبه بزرگی تعداد تنفس شخص در هر ثانیه برابر است با:

$$x = \frac{15}{60} = \frac{1}{4} = 0.25 = 2 / 5 \times 10^{-1} \sim 10^{-1} \times 10^{-1} \sim 10^{-1} \text{ تنفس}$$

$$10^1 - 10^1 \times 10^1 - 10^2 \text{ year} = 7 / 5 \times 10^1 - 10^1 \times 10^1 - 10^2 \text{ year} = \text{میانگین طول عمر انسان} \\ 3 \times 10^7 \text{ s} - 10^7 \text{ s} - 10^7 \text{ s} = 10^7 \text{ s}$$

بنابراین تعداد تنفس یک شخص در طول عمرش را به صورت زیر می‌توان تخمین زد:

$$N = (10^2 \text{ year}) \left( \frac{10^7 \text{ s}}{1 \text{ year}} \right) \left( \frac{10^{-1} \text{ تنفس}}{10^3 \times 10^7 \text{ s}} \right) = 10^8 \text{ تنفس}$$

ب) مرتبه بزرگی پلک‌هایی را که چشم یک شخص در طول عمرش می‌زند، تخمین بزنید.  
میانگین تعداد پلک زدن‌های هر شخص ۳۰ بار در دقیقه است بنابراین مرتبه بزرگی تعداد پلک شخص در هر ثانیه برابر است با:

$$x = \frac{30}{60} = 0.5 = 5 \times 10^{-1} - 10^{-1} \sim 10^{-1} \sim 10^{-1} \text{ پلک}$$

بنابراین تعداد پلک زدن یک شخص در طول عمرش را به صورت زیر تخمین می‌زنیم:

$$N = (10^2 \text{ year}) \left( \frac{10^7 \text{ s}}{1 \text{ year}} \right) \left( \frac{10^{-1} \text{ پلک}}{10^3 \times 10^7 \text{ s}} \right) = 10^9 \text{ پلک}$$

۱۸- مرتبه بزرگی جرم آب اقیانوس را تخمین بزنید.

طبق برآوردهای انجام شده حجم کل آب اقیانوس‌ها  $1 / 32 \times 10^{12} \text{ m}^3$  تخمین زده می‌شود. با در نظر گرفتن

$$\text{مرتبه بزرگی حجم آب اقیانوسها} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1050 \text{ kg/m}^3 = \text{آب در یاری داریم:}$$

$$\text{مرتبه بزرگی چگالی آب} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1050 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \sim 10^3 \times 10^3 \sim 10^2 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 10^3 \times 10^{12} = 10^{15} \text{ kg}$$

الف) قطعه‌ای فلزی به شما داده شده است و ادعا می‌شود که از طلای خالص ساخته شده است. چگونه می‌توانید

درستی این ادعا را بررسی کنید؟ برای پی بردن به درستی ادعا مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

۱) جرم جسم را با ترازو اندازه‌گیری می‌کنیم، ۲) حجم جسم را با اندازه‌گیری ابعاد آن محاسبه می‌کنیم، (اگر جسم شکل نامنظمی داشت، برای تعیین حجم آن از نتایج فعالیت ۱-۸ (الف) بهره می‌گیریم)، ۳) با استفاده از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  و با داشتن جرم و حجم،

چگالی جسم را اندازه‌گیری می‌کنیم. ۴) چگالی جسم را با چگالی طلای خالص مقایسه می‌کنیم، اگر هر دو

یکسان بودند، جسم از طلای خالص است. در غیر این صورت قطعه دارای ناخالصی است یا از فلز دیگری درست شده است.

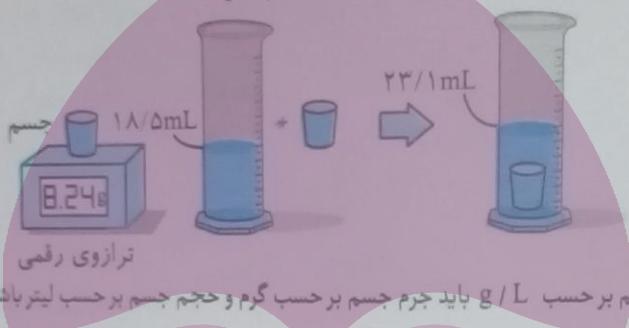
با این توش شمش طلا با حجم  $1 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$  و جرم  $1 / 573 \times 10^{-3} \text{ kg}$  توسط یک شرکت ژاپن ساخته شده است.  
(شکل رو به رو). چگالی این شمش طلا را بدست آورید.

$$m = 1 / 573 \times 10^{-3} \text{ kg} , V = 1 / 573 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 1 / 573 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho = \frac{1 / 573 \times 10^{-3} \text{ kg}}{1 / 573 \times 10^{-3} \text{ m}^3} = 15893 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

با نتیجه بدست آمده در قسمت (ب) را با چگالی طلا در جدول ۱ مقایسه کنید و دلیل تفاوت این دو عدد را بیان کنید.  
اطلاعات جدول ۱-۸، چگالی طلا در دمای  ${}^\circ\text{C}$  و فشار یک اتمسفر را لشان می‌دهد. افزایش دما و فشار، حجم طلا و در نتیجه چگالی طلا را تغییر می‌دهد. علاوه بر این اطلاعات جدول مربوط به چگالی طلای خالص است. اگر عیار طلا کمتر از ۲۴ باشد چگالی آن با عدد گزارش شده در جدول متفاوت خواهد بود.

۶-۲- برای تعیین چگالی یک جسم جامد، ابتدا جرم و حجم آن را مطابق شکل زیر پیدا کرده‌ایم. با توجه به داده‌های روی شکل، چگالی جسم را بر حسب  $\text{g/L}$  و  $\text{g/cm}^3$  حساب کنید.



برای محاسبه چگالی جسم بر حسب  $\text{L/g}$  باید جرم جسم بر حسب گرم و حجم جسم بر حسب لیتر باشد بنابراین:

$$m = 8 / 24 \text{ g} , V = (23 / 1 - 18 / 5) \text{ mL} = (4 / 5 \text{ mL}) \left( \frac{10^{-3} \text{ L}}{1 \text{ mL}} \right) = 4 / 6 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{8 / 24 \text{ g}}{4 / 6 \times 10^{-3} \text{ L}} = 1 / 76 \times 10^3 \text{ g/L}$$

برای محاسبه چگالی جسم بر حسب  $\text{cm}^3/\text{g}$  نیز باید جرم جسم بر حسب گرم و حجم جسم بر حسب  $\text{cm}^3$  باشد بنابراین:

$$m = 8 / 24 \text{ g} , V = 4 / 6 \text{ mL} = 4 / 6 \text{ cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{8 / 24 \text{ g}}{4 / 6 \text{ cm}^3} = 1 / 76 \text{ g/cm}^3$$

۶-۳- الف) ستاره‌های کوتوله سفید بسیار چگال هستند و چگالی آنها در SI حدود  $10^{10}$  میلیون است. اگر شما یک قوطی کبریت از ماده تشکیل دهنده این ستاره‌ها در اختیار داشتید، جرم آن چند کیلوگرم من شد؟ ابعاد و حجم قوطی کبریت را خودتان تخمین بزنید!

ابعاد قوطی کبریت را  $5 \times 3 / 6 \times 5 = 27 \text{ cm}^3 = 27 \times 10^{-6} \text{ m}^3$  و  $1 / 5 \times 3 / 6 \times 5 = 27 \text{ cm}^3 = 27 \times 10^{-6} \text{ m}^3$  سانتی‌متر فرض می‌کنیم:

$$V = 1 / 5 \times 3 / 6 \times 5 = 27 \text{ cm}^3 = 27 \times 10^{-6} \text{ m}^3 , \rho = 100 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} , m = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 100 \times 10^6 \times 27 \times 10^{-6} = 2700 \text{ kg}$$

با اگر جمعیت کره زمین  $7 \times 10^{9}$  نفر، جرم میانگین هر نفر  $60 \text{ kg}$  و ماده تشکیل دهنده انسان‌ها از جنس ستاره‌های کوتوله سفید فرض شود (فرض ناممکن!)، ابعاد یک اتاق چلندر بالشدتا همه انسان‌ها در آن جای گیرند؟

جرم  $7 \times 10^{9} \times 60 = 420 \times 10^9 = 420 \times 10^6 \text{ kg}$  ،  $V = ?$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{420 \times 10^6}{100 \times 10^6} = \frac{420 \times 10^6}{10^8} = 4200 \text{ m}^3$$

$3 \times 14 \times 10^3$  : ابعاد اتاق  $\rightarrow$  حجم اتاق

## ارزشیابی مستمر

۱- جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب پر کنید. (۵/۰ نمره)

- (الف) نادیده گرفتن اثرات جزئی و بررسی موارد مهم و تعیین کننده پدیده‌های فیزیکی را می‌گویند.  
 (ب) کمیت‌هایی که برای آنها یکای استانداردی تعریف شده است، کمیت می‌گویند.

۲- گزینه درست را مشخص کنید. (۵/۰)

- (الف) انرژی و دما کمیت‌هایی هستند.

- (الف) اصلی (ب) فرعی (ج) عددی (اسکالر) (د) برداری

۳- گدام یک از عوامل زیر مُؤثّر بر دقت اندازه‌گیری نیست؟

- (الف) تعداد دفعات اندازه‌گیری (ب) حساسیت اولیه

- (د) مدت زمان اندازه‌گیری (ج) مهارت شخص

۴- عبارت‌های مناسب را به یکدیگر وصل کنید. (۵/۰)

ضریب پیشوند اگرا

عدد ۲۰۰۰ به صورت نماد علمی

$$2 \times 10^{-3}$$

$$10^{-2}1$$

$$0 / 2 \times 10^{-2}$$

$$10^{-1}8$$

۵- مقاهم زیر را تعریف کنید. (۱)

(الف) کمیت برداری

۶- اعداد زیر را با نماد گذاری علمی و بحسب یکاهای خواسته شده بنویسید. (۱)

$$2456 \times 10^{-5} \text{ Zm} = \dots \text{ km}$$

$$2456 \times 10^{-5} \text{ km} = \dots \text{ ns}$$

۷- مرتبه بزرگ اعداد زیر را تخمین بزنید: (۱)

$$145 / 6$$

$$1 / 175$$

۸- در شهری با مساحت ۲۵۰ کیلومتر مربع در یک روز باران ۸ میلی‌متر باران باریده است. اگر هر قطره باران به صورت کره‌ای به شعاع  $5\text{mm}$  فرض کنیم، مرتبه بزرگ تعداد قطره‌های باران که در این روز در شهر باریده است را تخمین بزنید. (۱/۵)

۹- هر هکتار  $10000$  متر مربع است. اگر ماه را کره‌ای به شعاع  $7\text{cm}$  کیلومتر در نظر بگیریم، مساحت آن چند هکتار است؟ (حاصل را با نماد گذاری علمی بنویسید). (۰/۷۵)

۱۰- فلزی به چگالی  $7\text{g/cm}^3$  به طور کامل در ظرفی پر از الكل به چگالی  $8\text{g/cm}^3$  فرو می‌رود و به اندازه  $16\text{cm}^3$  الكل از ظرف بیرون می‌ریزد. جرم قطعه فلز چقدر است؟ (سراسری ریاضی - ۹۳) (۱)

۱۱- حجم یک قطعه طلا به جرم  $38\text{ g}$  گرم چند سانتی‌متر مکعب است؟ ( $\rho = 19000 \text{ kg/m}^3$ ) (۰/۷۵)

۱۲- گیاه ذرت در مدت  $6\text{ روز}$  به اندازه  $10\text{ cm}$  رشد می‌کند. آهنگ رشد این گیاه بر حسب نانومتر بر ثانیه چقدر است؟ (هر روز برابر  $9 \times 10^{-5}$  است). (۱)

## باند ارزشیابی مستمر

۱- الف) مدل سازی (۰/۰۲۵)، ب) اصلی (۰/۰۲۵) ۲- الف) گزینه (ج) (۰/۰۲۵) ب) گزینه (د) (۰/۰۲۵) ۳- ضریب پیشوند

$10^{18} \text{ kg} = 10^{18} (0/025) \text{ عدد } 2000 \text{ به صورت نماد علمی } = 2 \times 10^{18} (0/025)$

۴- الف) کمیت‌هایی که علاوه بر عدالت و یکا، جهت نیز

دارند، کمیت برداری نامیده می‌شوند. (۰/۵) ب) جرم واحد حجم هر جسم را چگالی آن جسم می‌گویند. (۰/۵)

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1as}{\frac{10^{-18}}{10^{-18}} \text{ کملا}} = 10^9 \text{ as} (0/025)$$

۱- مدل سازی (۰/۰۲۵)  
 ۲- اصلی (۰/۰۲۵)  
 ۳- گزینه (ج) (۰/۰۲۵)  
 ۴- گزینه (د) (۰/۰۲۵)  
 ۵- ضریب پیشوند

$$\begin{aligned}
 & \text{مساحت شهر} : A = 2456 \times 10^{-5} \text{ km}^2 = 2456 \times 10^{-5} \times \frac{10^10 \text{ m}^2}{10^6 \text{ km}^2} = 2456 \times 10^{-5} \times 10^5 \text{ m}^2 = 2456 \text{ m}^2 \quad (\text{ا}) \\
 & \text{ارتفاع باران} : d = \lambda \text{mm} = (\lambda \text{mm}) \left( \frac{10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ mm}} \right) = \lambda \times 10^{-3} \text{ m} = 10^1 \times 10^{-3} \text{ m} = 10^{-2} \text{ m} \quad (\text{ب}) \\
 & \text{حجم باران باریده شده} : V_1 = Ad = 10^8 \text{ m}^2 \times 10^{-2} \text{ m} = 10^6 \text{ m}^3 \quad (\text{ج}) \\
 & \text{شعاع یک قطره باران} : r = \frac{d}{\Delta \text{mm}} = \frac{10^{-2} \text{ m}}{1 \text{ mm}} = 10^{-2} \text{ m} = 10^{-3} \text{ m} \quad (\text{د}) \\
 & \text{حجم یک قطره باران} : V_2 = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3 / 14 \times (10^{-3} \text{ m})^3 = 4 / 223 \times 10^{-9} \text{ m}^3 = 5 / 223 \times 10^{-9} \text{ m}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3 \quad (\text{ه}) \\
 & \text{میزان مساحت مورد نیاز برای توزیع باران} : \text{مساحت ماه} = 4\pi r^2 = 4 \times 3 / 14 \times (10^{-3} \text{ m})^2 = 36 / 3 \times 10^{-12} \text{ m}^2 = 12 \text{ m}^2 \quad (\text{و}) \\
 & \text{مساحت هکتار} : \text{مساحت هکتار} = \frac{36 / 3 \times 10^{-12} \text{ m}^2}{10000} = 36 / 3 \times 10^{-14} \text{ m}^2 = 12 \text{ cm}^2 \quad (\text{ز})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \rho_{قطر} = 2 / 7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \quad m_{قطر} = ? \\
 & \rho_{الكل} = 0 / 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \quad m_{الكل} = 16 \text{ g}, \quad \rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} \\
 & V_{قطر} = V_{الكل} \rightarrow \frac{m_{قطر}}{\rho_{الكل}} = \frac{m_{قطر}}{\rho_{قطر}} \rightarrow \frac{16}{0 / 1} = \frac{m_{قطر}}{2 / 7} \rightarrow m_{قطر} = \frac{16 \times 2 / 7}{0 / 1} = 54 \text{ g} \rightarrow m_{قطر} = 54 \text{ g} \quad (\text{ب}) \\
 & \rho_{جذب} = 19000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad m = 2 \text{ kg} = 0 / 2 \text{ kg}, \quad V = ?, \quad \rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} \\
 & \frac{m}{\rho} = \frac{0 / 2 \text{ kg}}{19000} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ kg}}{19 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} = 2 \times 10^{-3} \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 2 \text{ cm}^3 \quad (\text{ج})
 \end{aligned}$$

$$\frac{1\text{ cm}}{2\text{ day}} = \frac{\text{cm}}{\text{day}} \left( \frac{1}{\lambda} \frac{\text{cm}}{\text{day}} \right) \stackrel{(0/25)}{=} \left( \frac{1}{\lambda} \frac{\text{cm}}{\text{day}} \right) \left( \frac{10^{-2} \text{ m}}{10^9 \text{ nm}} \right) \left( \frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}} \right) \left( \frac{1 \text{ day}}{9 \times 10^4 \text{ s}} \right) \stackrel{(0/25)}{=}$$

$$= \frac{1/\lambda \times 10^{-2} \text{ nm}}{10^{-9} \times 9 \times 10^4 \text{ s}} = \stackrel{(0/25)}{=} 0.2 \times 10^{-2} \times 10^9 \times 10^{-4} = 0.2 \times 10^{-3} = 200 \text{ nm/s}$$

$$\stackrel{(0/25)}{=}$$

۱۲

## فصل ۲ کار، انرژی و توان

### کلید واژه

انرژی جنبشی - کار تیروی ثابت - کار و انرژی جنبشی - کار و انرژی پتانسیل (کار و انرژی پتانسیل گرانشی - کار و انرژی پتانسیل گشسانی) پایستگی انرژی مکانیکی - کار و انرژی درونی - توان

### سازیم آموزش

انرژی جنبشی  
انرژی وابسته به حرکت جسم را «انرژی جنبشی (حرکتی)» جسم می‌گویند و آن را با  $K$  نشان می‌دهند. این انرژی از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

در این رابطه:  $K$ : انرژی جنبشی بر حسب  $J$ ،  $m$ : جرم جسم بر حسب  $\text{kg}$  و  $v$ : تندی جسم بر حسب  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  است.

نکته: انرژی جنبشی کمیتی نزدیکی و همواره مثبت است.

نکته: انرژی جنبشی یک جسم به جرم و تندی آن وابسته بوده و به جهت حرکت بستگی ندارد.

نکته: برای تبدیل  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  به  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  و بالعکس به صورت زیر عمل می‌کنیم:



مثال ۱: جرم موتورسواری به همراه راننده اش  $300\text{kg}$  است. اگر این موتورسوار با تندی  $72\text{km/h}$  حرکت کند. انرژی جنبشی آن

$$m = 300\text{kg}, \quad v = 72 \times \frac{10}{36} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad K = ?$$

چند زول است؟

$$K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 300 \times 20^2 = \frac{1}{2} \times 300 \times 400 = 60000\text{J} = 6 \times 10^4 \text{J} \Rightarrow K = 6 \times 10^4 \text{J}$$

مثال ۲: الکترونی به سرعت  $9 \times 10^6 \text{m/s}$  با تندی  $2 \times 10^4 \text{m/s}$  به دورهسته درگردش است. انرژی جنبشی آن را محاسبه کنید.

$$m = 9 \times 10^{-31}\text{kg}, \quad v = 2 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad K = ?$$

$$K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-31} \times (2 \times 10^6)^2 = \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-31} \times 4 \times 10^{12} = 18 \times 10^{-19}\text{J} \Rightarrow K = 18 \times 10^{-19}\text{J}$$

مثال ۳: اگر یک تن در یک سرashی از  $22\text{km/h}$  به  $108\text{km/h}$  برسد. انرژی جنبشی آن چقدر

$$n = 1\text{ton} = 1000\text{kg}, \quad v_1 = 22 \times \frac{10}{36} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad v_2 = 108 \times \frac{10}{36} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad K_2 - K_1 = ?$$

$$K_2 - K_1 = \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2 = \frac{1}{2} \times 1000 \times 30^2 - \frac{1}{2} \times 1000 \times 20^2 = 350000 - 200000 = 150000$$

$$\Rightarrow K_2 - K_1 = 150000\text{J}$$

**مثال ۱** اگر تندی و جرم جسمی را دو برابر کنیم، انرژی جنبشی آن چند برابر می‌شود؟

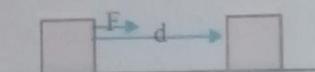
$$v_2 = 2v_1 \quad , \quad m_2 = 2m_1 \quad , \quad \frac{K_2}{K_1} = ?$$

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{1}{2}m_2 v_2^2}{\frac{1}{2}m_1 v_1^2} = \frac{m_2 v_2^2}{m_1 v_1^2} = \frac{(2m_1)(2v_1)^2}{m_1 v_1^2} = \frac{2m_1 \times 4v_1^2}{m_1 v_1^2} = \frac{8m_1 v_1^2}{m_1 v_1^2} = 8 \rightarrow \frac{K_2}{K_1} = 8$$

انرژی جنبشی ۸ برابر می‌شود.  
کار انجام شده توسط نیروی ثابت

اگر نیروی  $F$  بر جسمی وارد و جسم درجهت نیرویه اندازه  $d$  جایه جا شود، کار انجام شده توسط این نیرو برابر است با:

$$W = Fd$$



کار بر حسب  $J$ ، نیرو بر حسب  $N$ ،  $d$  جایه جایی بر حسب متر (m)

لطفاً کار کمپتی نوشته اس.

لطفاً یک زول برابر است با یک نیوتون متر ( $J = 1N \times 1m$ )

**مثال ۲** شخص حبکه‌ای را با نیروی افقی  $N$  هم می‌دهد. اگر جعبه در امتداد نیرو به اندازه  $20m$  جایه جا شود، کار انجام شده توسط این نیرو چقدر است؟  $F = 15N$  ،  $d = 20m$  ،  $W = ?$   $W = Fd = 150 \times 20 = 3000J \rightarrow W = 3000J$

**مثال ۳** ورزشکاری خودرویی به جرم  $1/5$  تن را با شتاب  $\frac{m}{s^2}$  در امتداد افقی به اندازه  $6m$  جایه جا می‌کند. کار انجام شده توسط این ورزشکار چقدر است؟ (نیروی اصطکاک جسم و سطح ناچیز است).

$$m = 1/5 \text{ ton} = 150 \text{ kg} \quad , \quad a = 0 / 25 \frac{m}{s^2} \quad , \quad d = 6m \quad , \quad W = ?$$

لطفاً با استفاده از قانون دوم نیوتون نیرویی که ورزشکار به خودرو وارد می‌کند را محاسبه می‌کنیم:

$$F = ma = 150 \times 0 / 25 = 375N \rightarrow F = 375N$$

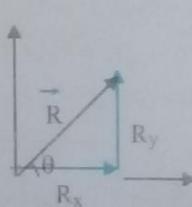
حال با کمک نیرو و جایه جایی، کار انجام شده را به دست می‌آوریم:  $W = Fd = 375 \times 6 = 2250J \rightarrow W = 2250J$

**مثال ۴** کارگری سطل آبی به جرم  $4kg$  را با تندی یکنواخت به اندازه  $5m$  بالا می‌کشد. کار انجام شده توسط کارگر در این جایه جایی چقدر است؟ (شتباب گرانش زمین را  $10 \frac{N}{kg}$  در نظر بگیرید).

لطفاً اینکه سطل آب با تندی یکنواخت رو به بالا حرکت کند، کارگر باید نیرویی برای رساندن سطل برآ وارد نماید، بنابراین:

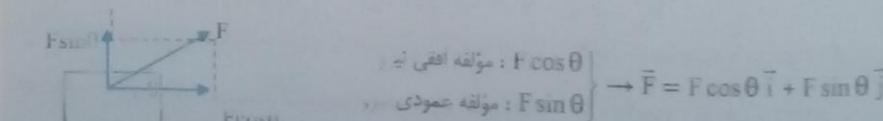
$$F = mg = 4 \times 10 = 40N \quad W = Fd = 40 \times 5 = 200J \rightarrow W = 200J$$

بالاتری معرفت ریاضی اگر  $R_y$  و  $R_x$  مؤلفه‌های بردار  $\vec{R}$  روی محورهای  $x$  و  $y$  باشند، بردار  $\vec{R}$  را می‌توان بر حسب  $R_y$  و  $R_x$  نوشت:



$$\left. \begin{aligned} \vec{R} &= R_x \hat{i} + R_y \hat{j} \\ \sin \theta &= \frac{R_y}{R} \rightarrow R_y = R \sin \theta \\ \cos \theta &= \frac{R_x}{R} \rightarrow R_x = R \cos \theta \end{aligned} \right\} \Rightarrow \vec{R} = R \cos \theta \hat{i} + R \sin \theta \hat{j}$$

اگر جسم را با نیروی  $F$  و تحت زاویه  $\theta$  نسبت به سطح افقی پکشیم، این نیرو از دو مؤلفه افقی و عمودی تشکیل می‌شود که عبارتند از:

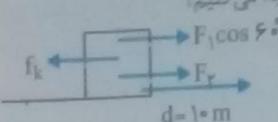


$$\left. \begin{aligned} F \cos \theta &: \text{ مؤلفه افقی} \\ F \sin \theta &: \text{ مؤلفه عمودی} \end{aligned} \right\} \rightarrow \vec{F} = F \cos \theta \hat{i} + F \sin \theta \hat{j}$$

**مثال ۵** مطابق شکل بر جسمی نیروی  $N$  در  $45^\circ$  تحت زاویه  $30^\circ$  نسبت به افق وارد می‌شود. مؤلفه‌های افقی و عمودی این نیرو را محاسبه کنید.  $(\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad , \quad \sin 30^\circ = \frac{1}{2})$

$$\begin{aligned} W_1 &= F_1 d \cos 60^\circ = 100 \times 10 \times 1 / 2 = 500 \text{ J} \rightarrow W_1 = 500 \text{ J} \\ W_2 &= F_2 d = 100 \times 10 = 1000 \text{ J} \rightarrow W_2 = 1000 \text{ J} \\ W_3 &= f_k d \cos 120^\circ = 50 \times 10 \times (-1) = -500 \text{ J} \rightarrow W_3 = -500 \text{ J} \\ W_t &= W_1 + W_2 + W_3 = 500 + 1000 - 500 = 1000 \text{ J} \rightarrow W_t = 1000 \text{ J} \end{aligned}$$

مثال ۱: بروزهای در امتداد خطابه جایی را مشخص کرده و اندازه بروزی خالص آنها را محاسبه می‌کنید.



$$F_1 = F_1 \cos 60^\circ + F_2 - f_k = 100 \times 10 / 2 + 100 - 50 = 100 \text{ N} \rightarrow F_1 = 100 \text{ N}$$

$$W_t = F_1 d = 100 \times 10 = 1000 \text{ J} \rightarrow W_t = 1000 \text{ J}$$

کارهای ارزی جنبشی

مثال ۲: اگر کار کل انجام شده بروزی جسم مثبت باشد ( $W_t > 0$ )، به جسم انرژی داده شده و اگر کار کل انجام شده بروزی جسم منفی باشد ( $W_t < 0$ )، جسم انرژی از دست داده است.

تفصیل: کار کل انجام شده بروزی جسم برابر است با تغییر انرژی جنبشی جسم.

$$W_t = K_2 - K_1$$

مثال ۳: انرژی جنبشی جسم افزایش یافته است.

مثال ۴: انرژی جنبشی جسم تغییری نکرده است.

مثال ۵: انرژی جنبشی جسم کاهش یافته است.

مثال ۶: گلوله‌ای به جرم  $\Delta g$  با تنیدی  $\frac{m}{s}$  به تنه درختی می‌خورد و با تنیدی  $\frac{m}{s}$  از سوی دیگر آن خارج می‌شود. کار کل انجام شده روی گلوله که باعث کاهش تنیدی آن شده است را محاسبه کنید.

$$m = \Delta g = 0.1 \text{ kg} \quad , \quad v_1 = \frac{m}{s} \quad , \quad v_2 = \frac{m}{s} \quad , \quad W_t = ?$$

$$\left. \begin{aligned} K_1 &= \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} \times \frac{\Delta}{1000} \times (100)^2 = \frac{1}{2} \times \frac{\Delta}{1000} \times 10000 = 2\Delta \text{ J} \\ K_2 &= \frac{1}{2} m v_2^2 = \frac{1}{2} \times \frac{\Delta}{1000} \times (20)^2 = \frac{1}{2} \times \frac{\Delta}{1000} \times 400 = 1\Delta \text{ J} \end{aligned} \right\} \rightarrow W_t = K_2 - K_1 = 1 - 2\Delta = -2\Delta \text{ J}$$

علامت منفی نشان‌دهنده آن است که کار کل انجام شده بروزی گلوله، انرژی جنبشی آن را کاهش داده است.

مثال ۷: شخص بسته‌ای به جرم  $20 \text{ kg}$  را یک هواپیما که با تنیدی  $\frac{m}{s}$  در ارتفاع  $150 \text{ m}$  از سطح زمین در حرکت

است، رها می‌کند. اگر بسته با تنیدی  $\frac{m}{s}$  به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا در طول مسیر چقدر است؟

مقاومت هوا

$$W_t = K_2 - K_1 \rightarrow W_t + W_{\text{وزن}} = K_2 - K_1 \rightarrow W_{\text{وزن}} = K_2 - K_1 - W_t$$

$$\left. \begin{aligned} W_{\text{وزن}} &= mgd = 20 \times 10 \times 150 = 30000 \text{ J} \\ K_2 &= \frac{1}{2} m v_2^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times (200)^2 = 40000 \text{ J} \\ K_1 &= \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times (100)^2 = 22000 \text{ J} \end{aligned} \right\} \rightarrow W_{\text{وزن}} = 40000 - 22000 - 30000 = -12000 \text{ J}$$

مثال ۸: برای اینکه تنیدی جسمی از  $10 \text{ m}$  به  $20 \text{ m}$  برسد، باید بروزی آن  $300 \text{ J}$  کار انجام شود. جرم جسم چقدر است؟

$$v_1 = \frac{m}{s} \quad , \quad v_2 = \frac{m}{s} \quad , \quad W_t = 300 \text{ J} \quad , \quad m = ?$$

$$W_t = K_2 - K_1 \rightarrow W_t = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 \rightarrow 300 = \frac{1}{2} \times m \times 20^2 - \frac{1}{2} \times m \times 10^2$$

$$300 = 200m - 50m \rightarrow 300 = 150m \rightarrow m = \frac{300}{150} = 2 \rightarrow m = 2 \text{ kg}$$

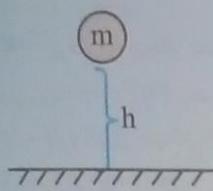
## کار و انرژی پتانسیل

**انرژی پتانسیل:** شکلی از انرژی ذخیره شده است که می‌تواند به انرژی جنبشی تبدیل شود و به مکان جسم بستگی دارد. انواع انرژی پتانسیل عبارتند از:

- ۱- انرژی پتانسیل گرانشی
- ۲- انرژی پتانسیل کشسانی
- ۳- انرژی پتانسیل الکتریکی

انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم - زمین: انرژی ذخیره شده در اجسام به دلیل داشتن ارتفاع از سطح زمین را انرژی پتانسیل گرانشی در سامانه جسم - زمین می‌گویند.

اگر چیزی به جرم  $m$  در ارتفاع  $h$  از سطح زمین قرار داشته باشد، انرژی پتانسیل گرانشی سامانه متشكل از زمین و جسم از این رابطه به دست می‌آید:



$$U = mgh$$

در این رابطه:

جرم جسم بر حسب  $kg$ ,  $g$ : شتاب گرانشی زمین بر حسب  $m/s^2$ ,  $h$ : ارتفاع بر حسب  $m$  است.

**مثال ۱:** انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به سطح زمین) پرندۀای به جرم  $250g$  که با تندی  $\frac{m}{s}$  در ارتفاع  $40$

$$\text{متری سطح زمین پرواز می‌کند، چقدر است? } (g = 10 \frac{N}{kg})$$

$$m = 250g = 0.25kg, \quad v = \frac{m}{s}, \quad h = 40m, \quad K = ?, \quad U = ?$$

$$K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.25 \times 2^2 = 0.25 \times 2 = 0.5J \rightarrow K = 0.5J$$

$$U = mgh = 0.25 \times 10 \times 40 = 100J \rightarrow U = 100J$$

## کار و انرژی پتانسیل گرانشی

کار نیروی وزن در یک جایه‌جایی برابر است با منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم - زمین در آن جایه‌جایی.

$$W_{\text{وزن}} = -(U_2 - U_1) \rightarrow W_{\text{وزن}} = -\Delta U$$

**نکته:** علامت منفی در رابطه فوق اهمیت زیادی دارد. توجیه قرار گرفتن این علامت در رابطه به شرح زیر است:

- ۱- هنگامی که جسم به سمت زمین حرکت می‌کند، ارتفاع آن کاهش می‌یابد. بنابراین انرژی پتانسیل گرانشی آن کم می‌شود، یعنی  $\Delta U < 0$ . اما کار نیروی وزن در جایه‌جایی به سمت زمین مثبت است، یعنی  $W_{\text{وزن}} > 0$ .

- ۲- هنگامی که جسم به سمت بالا حرکت می‌کند، ارتفاع آن افزایش می‌یابد، بنابراین انرژی پتانسیل گرانشی آن زیاد می‌شود، یعنی  $\Delta U > 0$ . اما کار نیروی وزن در جایه‌جایی رو به بالا منفی است، یعنی  $W_{\text{وزن}} < 0$ .

**مثال ۲:** آسانسوری به جرم  $600kg$  از طبقه سوم یک ساختمان با ارتفاع  $10$  متر تا طبقه دهم این ساختمان با ارتفاع  $35$  متر بالا

$$\text{می‌رود. کار نیروی وزن آسانسور در این جایه‌جایی چقدر است? } (g = 10 \frac{N}{kg})$$

$$h_1 = 10m, \quad h_2 = 35m, \quad m = 600kg, \quad W_{\text{وزن}} = ?$$

$$W_{\text{وزن}} = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = -(mgh_2 - mgh_1) = -mg(h_2 - h_1) = -600 \times 10 \times (35 - 10) = -15 \times 10^5 J$$

**نکته:** مقدار  $U$  در یک نقطه خاص اهمیت ندارد بلکه تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی بین دو نقطه ( $\Delta U$ ) اهمیت دارد؛ بنابراین در حل مسائل می‌توانیم انرژی پتانسیل گرانشی هر نقطه‌ای را صفر تعریف کرده و انرژی پتانسیل گرانشی سایر نقاط را بر مبنای آن محاسبه و تغییرات را به دست آوریم بدون آنکه تأثیری در پاسخ مسئله داشته باشد.

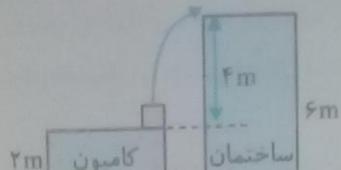
# ایران توشه

توشه ای برای موفقیت

مثال ۳: احری به جرم  $2\text{kg}$  را از بالای کامیون با ارتفاع  $2\text{m}$  به بالای یک پشت بام با ارتفاع  $4\text{m}$  از سطح زمین پرتاب می کنیم.

$$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$$

تغییر انرژی پتانسیل گرانشی آجر در این جایه جایی چقدر است؟



$$h_1 = 2\text{m}, h_2 = 6\text{m}$$

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

$$= 2 \times 10 \times (6 - 2) = 80\text{J} \rightarrow \Delta U = 80\text{J}$$

$$h_1 = 0, h_2 = 6 - 2 = 4\text{m}$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = mgh_2 - mgh_1 = mg(h_2 - h_1) = 2 \times 10 \times (4 - 0) = 80\text{J} \rightarrow \Delta U = 80\text{J}$$

$$h_1 = -4\text{m}, h_2 = 0$$

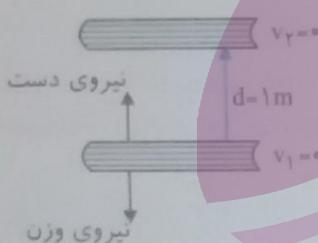
$$\Delta U = U_2 - U_1 = mgh_2 - mgh_1 = mg(h_2 - h_1) = 2 \times 10 \times (0 - (-4)) = 80\text{J} \rightarrow \Delta U = 80\text{J}$$

مثال ۴: کتابی به جرم  $1/5\text{kg}$  را با دست از حالت سکون به اندازه  $1\text{m}$  بالا برده و دوباره به حالت سکون می رسانیم. با صرف نظر از

$$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$$

نیروهایی که به کتاب در این جایه جایی وارد می شوند، نیروی دست و نیروی

وزن کتاب هستند. بنابراین طبق قضیه کار و انرژی جنبشی می توان نوشت:

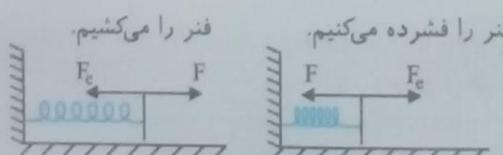


$$W_d = K_2 - K_1 \rightarrow W_{دست} + W_{وزن} = K_2 - K_1 = 0 \rightarrow W_{دست} + W_{وزن} = 0 \rightarrow W_{دست} = -W_{وزن}$$

$$\xrightarrow{W_{وزن} = -\Delta U} W_{دست} = -(-\Delta U) = \Delta U \rightarrow W_{دست} = \Delta U = mgh_2 - mgh_1 = mg(h_2 - h_1) \\ = 1/5 \times 10 \times 1 = 2\text{J} \rightarrow W_{دست} = 2\text{J}$$

انرژی پتانسیل کشسانی

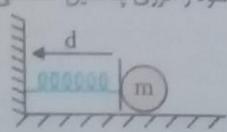
اگر فنر را فشرده کرده یا تکشیم نیرویی در خلاف جهت جایه جایی فنر به دست ماورئی در خلاف جهت جایه جایی فنر می گویند و با  $F$  نشان می دهدند.



(در این شکل ها  $F$  نشان دهنده نیروی فنر و  $F$  نشان دهنده نیروی خارجی است.)

آنکه انرژی پتانسیل کشسانی انرژی پتانسیلی که به دلیل تغییر طول در یک فنر ذخیره می شود را انرژی پتانسیل کشسانی می گویند.

(با فشرده کردن فنر توسط جسم، انرژی پتانسیل کشسانی در سامانه جسم - فنر ذخیره می شود.)



آنکه انرژی پتانسیل کشسانی کار نیروی فنر در یک جایه جایی برابر است با منفی تغییرات انرژی پتانسیل کشسانی فنر.

$$W_{کشسانی} = -\Delta U_{فنر}$$

لکنه دلیل قرار گرفتن علامت منفی در رابطه فوق به شرح زیر است:

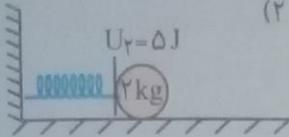
- هنگامی که فنر را فشرده کرده یا می کشیم انرژی پتانسیل فنر افزایش می یابد، یعنی  $\Delta U > 0$ ، اما چون نیروی فنر و جایه جایی در خلاف جهت هم هستند کار نیروی فنر منفی است، یعنی:  $< \Delta U$ .

۲- هنگامی که فنر فشرده یا کشیده شده را رها می کنیم، انرژی پتانسیل کشسانی فنر کاهش می باید، یعنی  $\Delta U$  کمتر از  $W_{\text{فر}}$  در این حالت نیروی فنر در جهت جایه جایی است؛ بنابراین کار نیروی فنر مثبت است یعنی  $W_{\text{فر}} > 0$ .

**مثال ۵:** گلوله ای به جرم  $2\text{ kg}$  که با تندی  $\frac{m}{s}$  به سمت فنر پرتاپ شده، فنر را فشرده و متوقف می شود. اگر در لحظه

توقف جسم، انرژی پتانسیل کشسانی فنر  $U_2 = 5\text{ J}$  باشد. الف) کار نیروی فنر در این جایه جایی چقدر است؟

(۲)

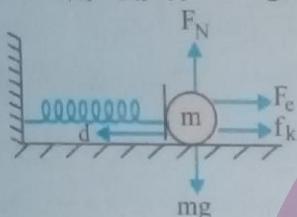


$$W_{F_e} = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = -(5 - 0) = -5\text{ J} \rightarrow W_{F_e} = -5\text{ J}$$

**توجه:** چون در حین فشرده شدن فنر، نیروی فنر در خلاف جهت جایه جایی است، کار نیروی فنر منفی به دست می آید.

ب) با استفاده از قضیه کار - انرژی، کار نیروی اصطکاک را در این جایه جایی به دست آورید.

در شکل زیر نیروهایی که به جسم در حین جایه جایی وارد می شوند، مشخص شده است. طبق قضیه کار و انرژی داریم:



$$W_l = K_2 - K_1$$

$$W_{F_N} + W_{mg} + W_{F_e} + W_{f_k} = K_2 - K_1$$

$$W_{F_N} = W_{mg} = 0$$

$$K_1 = 0$$

نیروی عمودی سطح و نیروی وزن عمود بر جایه جایی هستند، پس کار این نیروها صفر است:

جسم در نهایت متوقف می شود، انرژی جنبشی نهایی آن نیز صفر است:

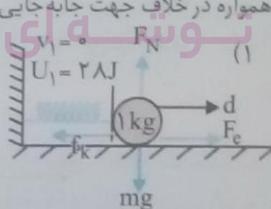
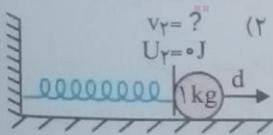
$$\cancel{W_{F_N}} + \cancel{W_{mg}} + W_{F_e} + W_{f_k} = \cancel{K_2} - K_1 \rightarrow W_{F_e} + W_{f_k} = -K_1 \rightarrow W_{F_e} + W_{f_k} = -\frac{1}{2}mv_1^2$$

$$\cancel{W_{F_e} = -5\text{ J}} \rightarrow -5 + W_{f_k} = -\frac{1}{2} \times 2 \times 3^2 \rightarrow -5 + W_{f_k} = -9 \rightarrow W_{f_k} = -9 + 5 = -4 \rightarrow W_{f_k} = -4\text{ J}$$

**مثال ۶:** جسمی به جرم  $1\text{ kg}$  به یک فنر فشرده متصل و به حال سکون قرار دارد. انرژی پتانسیل کشسانی فنر در این حالت  $28\text{ J}$  است. با رها کردن ساده‌گانه جسم - فنر، سرعت جسم در لحظه جدا شدن از فنر چقدر است؟ کار نیروی اصطکاک را در این جایه جایی  $L = 10\text{ m}$  در نظر بگیرید.

در شکل زیر نیروهایی که به جسم در حین جایه جایی وارد می شوند، مشخص شده است. توجه به این نکته ضروری است که نیروی اصطکاک همواره در خلاف جهت جایه جایی است.

## پوششی برای موقبیت



طبق قضیه کار و انرژی داریم:

$$W_l = K_2 - K_1 \rightarrow \cancel{W_{F_N}} + \cancel{W_{mg}} + W_{F_e} + W_{f_k} = \cancel{K_2} - \cancel{K_1} \rightarrow W_{F_e} + W_{f_k} = \frac{1}{2}mv_2^2 \quad (1)$$

کار نیروی فنر را می توانیم با رابطه کار و انرژی پتانسیل محاسبه کنیم:

$$W_{F_e} = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = -(0 - 28) = 28\text{ J} \quad (2)$$

$$\cancel{W_{F_e} = 28\text{ J}} \rightarrow 28 - 10 = \frac{1}{2} \times 1 \times v_2^2 \rightarrow 18 = \frac{1}{2}v_2^2 \rightarrow v_2 = \sqrt{36} = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow v_2 = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

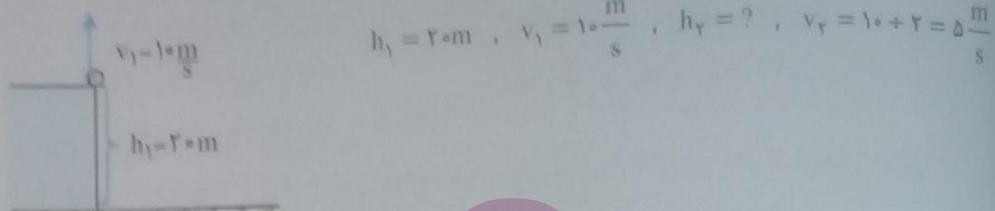
پایستگی انرژی مکانیکی

**انرژی مکانیکی حسن:** مجموع انرژی های جنبشی و پتانسیل یک جسم را انرژی مکانیکی جسم می گویند و آن را با  $E$  نشان می دهند:

$$E = K + U$$

اصل پایستگی انرژی مکانیکی با نادیده گرفتن نیروهای مقاوم (اصطکاک و مقاومت هوا) انرژی مکانیکی یک جسم در طول مسیر  $E_1 = E_2$  همواره مقداری ثابت است:

**مثال ۱:** سنگی از بالای ساختمانی به ارتفاع  $20\text{m}$  با نندی  $\frac{m}{s}$  رونده با لایه زتاب می‌شود. درجه ارتفاعی از سطح زمین تندی سنگ نصف می‌شود؟ (از مقاومت هوا صرف نظر کنید). ( $g = ۱۰ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ )



$$\begin{aligned} E_A &= E_T \rightarrow K_A + U_A = K_T + U_T \rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_T^2 + mgh_T \rightarrow \frac{1}{2}v_1^2 + gh_1 = \frac{1}{2}v_T^2 + gh_T \\ \frac{1}{2} \times 10^2 + 10 \times 20 &= \frac{1}{2} \times v_T^2 + 10 \times h_T \rightarrow 50 + 200 = 12.5 + 10h_T \rightarrow 250 - 12.5 = 10h_T \\ \rightarrow 237.5 &= 10h_T \rightarrow h_T = \frac{237.5}{10} = 23.75\text{m} \end{aligned}$$

در ارتفاع  $23.75\text{m}$  از سطح زمین تندی سنگ نصف تندی اولیه می‌شود.

**مثال ۲:** مطابق شکل جسمی از نقطه A با تندی  $\frac{m}{s}$  بر روی سطح به طرف پایین می‌افزد. اگر از نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا صرف نظر شود، تندی جسم در نقطه B چقدر است؟ ( $g = ۱۰ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

Diagram showing a ball moving from point A (height 4m) to point B (height  $1/6\text{m}$ ). The initial velocity is  $v_A = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  and the final height is  $h_B = 1/6\text{m}$ .

$$\begin{aligned} h_A &= 4\text{m}, \quad v_A = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad h_B = 1/6\text{m}, \quad v_B = ? \\ E_A &= E_B \rightarrow K_A + U_A = K_B + U_B \rightarrow \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B \\ \frac{1}{2}v_A^2 + gh_A &= \frac{1}{2}v_B^2 + gh_B \rightarrow \frac{1}{2} \times 4^2 + 10 \times 4 = \frac{1}{2}v_B^2 + 10 \times 1/6 \rightarrow 4 + 40 = \frac{1}{2}v_B^2 + 16 \\ 48 - 16 &= \frac{1}{2}v_B^2 \rightarrow 32 = \frac{1}{2}v_B^2 \rightarrow v_B = \sqrt{64} = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

کار و انرژی درونی

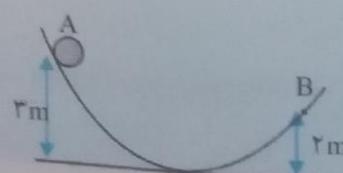
انرژی درونی به مجموع انرژی‌های ذرات تشکیل دهنده یک جسم، «انرژی درونی» جسم می‌گویند. نکته: انرژی درونی جسم با گرمتر شدن آن افزایش می‌یابد. هر چه عداد ذرات سازنده جسم و انرژی هر ذره بیشتر باشد، انرژی درونی آن بیشتر است.

نکته: در ترمز گرفتن خودرو، انرژی جنبشی خودرو به انرژی درونی لاستیک‌ها و سطح جاده تبدیل می‌شود. نکته: چون زمانی که حالتی از انرژی به انرژی درونی تبدیل می‌شود، به سختی قابل بازگشت است، اصطلاح‌آمی گویند انرژی تلف شده است. با در نظر گرفتن نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا، انرژی مکانیکی جسم پاییته نبوده و تغییر می‌کند که این تغییر به صورت افزایش انرژی درونی جسم و محیط اطراف یا کار نیروهای مقاوم ظاهر می‌شود.

کار نیروهای مقاوم برابر است با تغییر انرژی مکانیکی جسم:  $W_f = E_T - E_1$

فألون پایستگی انرژی دریک سامانه منزوی، انرژی خلق یا نابود نمی‌شود بلکه از شکل به شکل دیگر تبدیل می‌شود.

**مثال ۳:** اگر شکل زیر جرم توب  $50\text{kg}$  و تندی آن در نقطه A برابر  $\frac{m}{s}$  و در نقطه B برابر  $\frac{m}{s}$  است. کار نیروهای مقاوم را در طول مسیر محاسبه کنید. ( $g = ۱۰ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )





$$m = 50 \text{ kg} , h_A = 2m , v_A = \frac{2m}{s} , h_B = 3m , v_B = \frac{2m}{s} , W_f = ?$$

$$W_f = E_B - E_A = (K_B + U_B) - (K_A + U_A) = (\frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B) - (\frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A)$$

$$\rightarrow W_f = (\frac{1}{2} \times 50 \times 2^2 + \frac{1}{2} \times 50 \times 2 \times 2) - (\frac{1}{2} \times 50 \times 3^2 + \frac{1}{2} \times 50 \times 3 \times 2)$$

$$= (50 + 10) - (250 + 150) = 110 - 250 \rightarrow W_f = -140 \text{ J}$$

**نکته:** کار نیروهای مقاوم همواره منفی است.

**مثال ۴:** جسمی به جرم  $2 \text{ kg}$  از ارتفاع  $6 \text{ m}$  سطح زمین از حالت سکون رها می شود. اگر کار نیروهای مقاوم در طول مسیر  $2 \text{ m}$

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

$$m = 2 \text{ kg} , h_1 = 6m , v_1 = 0 , W_f = -20 \text{ J} , h_2 = 0 , v_2 = ?$$

$$W_f = E_2 - E_1 = (K_2 + U_2) - (K_1 + U_1) = K_2 - U_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - mgh_1 \rightarrow -20 = \frac{1}{2} \times 2 \times v_2^2 - 2 \times 10 \times 6$$

$$\rightarrow -20 = v_2^2 - 120 \rightarrow 120 - 20 = v_2^2 \rightarrow v_2 = 100$$

$$\rightarrow v_2 = \sqrt{100} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow v_2 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

توان

کار انجام شده در واحد زمان (آهنگ انجام کار) را توان می گویند. توان را با  $P$  نشان می دهند و یکای آن  $(\frac{\text{J}}{\text{s}})$  یا وات (W) است.

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

توان متوسط: اگر کار  $W$  در بازه زمانی  $\Delta t$  انجام شود، توان متوسط به این صورت تعريف می شود:

**نکته:** یکاهای بزرگتر توان کیلووات (kW) و مگاوات (MW) هستند.

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$$

**نکته:** از یکاهای قدیمی توان اسب بخار است. یک اسب بخار برابر  $746 \text{ W}$  است.

**مثال ۱:** موتور یک ماشین برقی نیروی  $80 \text{ W}$  را به جلوی  $80 \text{ N}$  ایجاد می کند. اگر این ماشین برقی در هر دقیقه  $30 \text{ s}$  متر به جلو حرکت

کند، توان متوسط موتور آن چقدر است؟

$$F = 80 \text{ N} , \Delta t = 30 \text{ s} , d = 30 \text{ m} , \bar{P} = ?$$

$$W = Fd = 80 \times 30 = 2400 \text{ J} \rightarrow P = 24000 \text{ W}$$

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{24000}{30} = 400 \text{ W} \rightarrow \bar{P} = 400 \text{ W}$$

**مثال ۲:** هواپیمایی با جرم  $2 \times 10^4 \text{ kg}$  برای بلند شدن از باند فرودگاه در مدت  $36 \text{ s}$  از حالت سکون به تندی  $648 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

می رسد. توان متوسط موتور این هواپیما چقدر است؟ (از نیروهای اضافی صرف نظر کنید).

$$m = 2 \times 10^4 \text{ kg} , \Delta t = 36 \text{ s} , v_1 = 0 , v_2 = 648 \times \frac{1}{36} = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}} , \bar{P} = ?$$

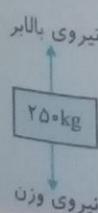
$$W_f = K_2 - K_1 \rightarrow W_f = K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^4 \times 18^2 = 32400 \times 10^4 = 324 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{324 \times 10^6}{36} = 9 \times 10^5 \text{ W} \rightarrow \bar{P} = 9 \text{ MW}$$

**مثال ۳:** بالابری باری به جرم  $25 \text{ kg}$  را در مدت  $2 \text{ s}$  به اندازه  $8 \text{ m}$  بالا می برد. توان متوسط موتور این بالابر چقدر است؟ این توان

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

$$m = 25 \text{ kg} , \Delta t = 2 \text{ s} , d = 8 \text{ m} , v_1 = v_2 = 0 , \bar{P} = ?$$



با توجه به اینکه به جسم فقط نیروهای وزن و موتور بالابر وارد می شود، طبق قضیه کار و انرژی داریم:

$$W_1 = K_1 - K_1 \rightarrow W_{\text{متوتر}} + W_{\text{نیز}} = K_1 - K_1 = 0 \rightarrow W_{\text{متوتر}} = -W_{\text{نیز}} = -(-\Delta U) = \Delta U$$

$$W_{\text{متوتر}} = \Delta U = mg(h_1 - h_1) = 250 \times 10 \times 10 = 20000 \text{ J} \rightarrow W_{\text{متوتر}} = 20000 \text{ J}$$

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{20000}{20} = 1000 \text{ W} \rightarrow \bar{P} = 1 \text{ kW}$$

$$\bar{P} = 1000 \div 746 = 1 / 34 \text{ hp}$$

یک اسپ بخار برابر  $746 \text{ W}$  است، بنابراین:

بنگاه در تمام دستگاهها بخشی از انرژی ورودی قابل استفاده بوده و بقیه آن به صورت گرمابه هدر می‌رود.

بنگاه انرژی قابل استفاده را انرژی خروجی یا کار مفید می‌گویند.

بنگاه (اندeman) نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی را بازده می‌گویند و آن را با  $Ra$  نشان می‌دهند.

$$\frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}} = \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} = \text{بازده}$$

بازده یک وسیله بر حسب درصد از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} \times 100 = \text{بازده بر حسب درصد}$$

مثال ۱: پمپ آبی با توان ورودی  $W = 50 \text{ W}$  در مدت  $5 \text{ دقیقه} = 2 \text{ m}^3$  آب را تا ارتفاع  $5 \text{ m}$  بالا می‌برد. بازده این پمپ چقدر است؟

$$(g = 10 \frac{m}{s^2}, \rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{kg}{m^3})$$

$$P_{\text{ورودی}} = 50 \text{ W}, \Delta t = 5 \text{ min} = 5 \times 60 = 300 \text{ s}, V = 2 \text{ m}^3, d = 5 \text{ m}, Ra = ?$$

ابتدا جرم آبی که توسط پمپ به بالا فرستاده می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \times V = 1000 \times 2 = 2000 \text{ kg} \rightarrow m = 2000 \text{ kg}$$

با استفاده از توان ورودی به پمپ، انرژی ورودی به آن محاسبه می‌شود:

$$P_{\text{ورودی}} = \frac{E_{\text{ورودی}}}{\Delta t} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = P_{\text{ورودی}} \times \Delta t = 50 \times 300 = 15000 \text{ J} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = 15000 \text{ J}$$

انرژی خروجی پمپ نیز برابر است با تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی آب:

$$E_{\text{خروجی}} = \Delta U = mg(h_2 - h_1) = mgd = 2000 \times 10 \times 5 = 100000 \text{ J} \rightarrow E_{\text{خروجی}} = 100000 \text{ J}$$

حال با استفاده از انرژی ورودی و انرژی خروجی بازده پمپ را محاسبه می‌کنیم:

$$Ra = \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} = \frac{100000}{15000} = 6.66 \text{ (درصد بازده)}$$

$$(g = 10 \frac{m}{s^2}) \rightarrow \text{مثال ۲: آسانسوری با جرم کل } 50 \text{ kg \& توان ورودی } 1 \text{ kW \& بازده } 100 \% \text{ درصد، در مدت یک دقیقه چند متربالا می‌رود؟}$$

$$m = 50 \text{ kg}, P_{\text{ورودی}} = 1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}, Ra = \frac{A}{100} = 100 / 100 = 100 \%, \Delta t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}, d = ?$$

ابتدا با توان ورودی، انرژی ورودی را محاسبه می‌کنیم:

$$P_{\text{ورودی}} = \frac{E_{\text{ورودی}}}{\Delta t} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = P_{\text{ورودی}} \times \Delta t = 1000 \times 60 = 60000 \text{ J} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = 60000 \text{ J}$$

با استفاده از انرژی ورودی و راندمان، انرژی خروجی را به دست می‌آوریم:

$$Ra = \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} \rightarrow E_{\text{خروجی}} = Ra \times E_{\text{ورودی}} = 100 / 100 \times 60000 = 60000 \text{ J} \rightarrow E_{\text{خروجی}} = 60000 \text{ J}$$

انرژی خروجی برابر است با تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم، بنابراین:

$$E_{\text{خروجی}} = \Delta U = mg(h_2 - h_1) = mgd \rightarrow 60000 = 5000 \times 10 \times d \rightarrow d = \frac{60000}{50000} = 1.2 \text{ m} \rightarrow d = 1.2 \text{ m}$$

مثال ۱-۲: چه مدت طولی کشید تا یک موتور الکتریکی با توان ورودی  $2kW$  و بارده  $70$  درصد، جسمی به جرم  $70$  کیلوگرم را از ارتفاع  $10$  متر بالا ببرد؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )

$$P_{ورودی} = 2kW = 2000W, \quad Ra = \frac{V_0}{100} = 7 / 10, \quad m = 70\text{ kg}, \quad d = 10\text{ m}, \quad \Delta t = ?$$

اما انرژی خروجی موتور الکتریکی را محاسبه می‌کنیم:

$$E_{خروجی} = \Delta U = mg(h_T - h_V) = mgd = 70 \times 10 \times 10 = 7000J \rightarrow E_{خروجی} = 7000J$$

با استفاده از زاندمان و انرژی خروجی، انرژی ورودی را به دست می‌آوریم:

$$Ra = \frac{E_{خروجی}}{E_{ورودی}} \rightarrow E_{ورودی} = \frac{E_{خروجی}}{Ra} = \frac{7000}{7 / 10} = 10000J \rightarrow E_{ورودی} = 10000J$$

حال با استفاده از انرژی ورودی و توان ورودی، زمان را محاسبه می‌کنیم:

$$P_{ورودی} = \frac{E_{ورودی}}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{E_{ورودی}}{P_{ورودی}} = \frac{10000}{2000} = 5\text{ s} \rightarrow \Delta t = 5\text{ s}$$

۳۰

## تمرین ۱-۲

ماهواره‌ای به جرم  $224\text{ kg}$ ، و با تندی ثابت  $2 / 84 \text{ km/s}$  دور زمین می‌چرخد. انرژی جنبشی ماهواره را بر حسب زویل و مگازول حساب کنید.

$$m = 224\text{ kg}, \quad v = 2 / 84 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 2 / 84 \times 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad K = ?$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 224 \times (2 / 84 \times 10^3)^2 = \frac{1}{2} \times 224 \times (2 / 84)^2 \times 10^6 = 9.3 \times 10^8 \text{ J} = 9.3 \times 10^8 \text{ MJ}$$

۳۰

## تمرین ۲-۲

جرم خودرویی به همراه راننده اش  $10 \times 10^3 \text{ kg}$  است (شکل زیر). تندی خودرو در دو نقطه از مسیرش روی شکل زیر داده شده است. تغییرات انرژی جنبشی خودرو ( $\Delta K = K_2 - K_1$ ) را بین این دو نقطه حساب کنید.



**توشه‌ای برای موفقیت**

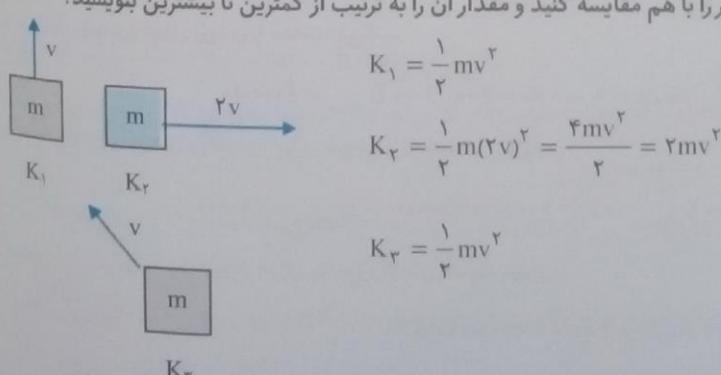
$$v_1 = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad v_2 = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad m = 10^3 \text{ kg}$$

$$K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} \times 10^3 \times 25^2 - \frac{1}{2} \times 10^3 \times 18^2 = 2 / 62 \times 10^5 - 1 / 36 \times 10^5 = 1 / 26 \times 10^5 \text{ J}$$

۳۱

## پرسش ۱-۲

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



$$K_1 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$K_2 = \frac{1}{2}m(2v)^2 = \frac{4mv^2}{2} = 2mv^2$$

$$K_3 = \frac{1}{2}mv^2$$

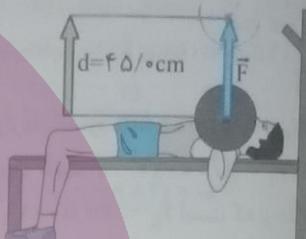
$$K_4 = \frac{1}{2}(2m)v^2 = \frac{2mv^2}{2} = mv^2$$

$$K_5 = \frac{1}{2}(2m)(2v)^2 = \frac{8mv^2}{2} = 4mv^2$$

$$K_1 = K_2 < K_4 < K_2 < K_5$$

تمرین ۳-۲

ورزشکار وزنه‌ای به جرم  $68\text{ kg}$  را به طور یکنواخت،  $45\text{ cm}$  بالای سر خود می‌برد (شکل روبه‌رو). کاری که این ورزشکار روی وزنه انجام داده است را محاسبه کنید. اندازه شتاب گرانش زمین را  $9.8\text{ N/kg}$  بگیرید.



$$m = 68\text{ kg}, \quad d = 45\text{ cm} = 0.45\text{ m}, \quad g = 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

۳۵

نیروی که ورزشکار به وزنه وارد می‌کند، برابر با وزن این وزنه است: بنابراین:  
 $F = mg = 68 \times 9.8 = 666\text{ N}$   
 $W = Fd = 666 \times 0.45 = 299.7\text{ J} \rightarrow W = 300\text{ J}$

تمرین ۴-۲

شکل روبه‌رو شخصی را در حال هل دادن یک گاری حمل بار روی سطحی هموار و بدون اصطکاک با نیرویی به بزرگی  $N = 66\text{ N}$  نشان می‌دهد. اگر گاری  $18/4\text{ m}$  در جهت نیرو جایه‌جا شود، کاری را که شخص روی گاری انجام می‌دهد چقدر است؟

چون نیرو در جهت جایه‌جایی است کار انجام شده برابر است با:  
 $F = 66\text{ N}, \quad d = 18/4\text{ m}$   
 $W = Fd = 66 \times 18/4 = 1214/4\text{ J} \rightarrow W = 1214 \times 10^{-3}\text{ J}$

## توشه‌ای برای موفقیت

تمرین ۵-۲

تمرین ۳-۲ را دوباره بینید. کار انجام شده توسط ورزشکار را روی وزنه برای حالت حساب کنید که ورزشکار با وارد کردن همان نیروی  $\vec{F}$ ، وزنه را به آرامی پایین می‌آورد (شکل روبه‌رو). توضیح دهید که در این دو حالت، چه تفاوتی بین مقادیر به دست آمده برای کار انجام شده توسط ورزشکار وجود دارد.

در این حالت نیروی ورزشکار در خلاف جهت جایه‌جایی است ( $\theta = 180^\circ$ )، پس کار انجام شده توسط ورزشکار برابر است با:

$$W = Fd \cos \theta = 666 \times 0.25 \cos 180^\circ = -299.7\text{ J}$$

$$\rightarrow W = -300\text{ J}$$

وقتی ورزشکار وزنه را بالا می‌برد، کار انجام شده توسط ورزشکار  $300\text{ J}$  است، یعنی به وزنه انرژی داده شده ولی زمانی که ورزشکار وزنه را پایین می‌آورد، کار انجام شده توسط ورزشکار  $-300\text{ J}$  است، یعنی از وزنه انرژی گرفته شده است.

## پرسشنامه ۲

شخوص جسمی را پیک دفعه با طنابی بلند (شکل الف) و پارهیگر با طنابی گوتاهه تر (شکل ب) روی سطوح هموار می کشد. اگر حابه جایی و کاری که این شخوص در هر دو پارهیگر جمعه انجام می دهد یکسان باشد، توضیح دهید در کدام حالت، شخوص نیروی بزرگتری وارد گردیده است. اصطکاک را در هر دو حالت، ناچیزه فرض کنید.



در حالت (ب) شخوص نیروی بیشتری وارد می کند، زیرا هر قدر طول طناب گوتاهه تر باشد، زاویه  $\theta$  بزرگ تر در نتیجه  $\cos \theta$  کوچک تر است؛ بنابراین برای حیلان این کاهش، نیروی وارد شده باید افزایش باند.

$$W = (F \cos \theta) d \rightarrow \begin{matrix} \downarrow \\ \text{ثابت} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \downarrow \\ \text{کاهش} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \downarrow \\ \text{ثابت} \end{matrix}$$

## ۳۶

کشاورزی توسط تراکتور، سورتمه ای پر از هیزم را در راستای یک زمین هموار به اندازه  $235\text{m}$  جابه جا می کند (شکل زیر). وزن کل سورتمه و پار آن  $1/\sqrt{2} \times 10^3 \text{ N} = mg$  است. تراکتور نیروی ثابت  $F_1 = 5 \times 10^3 \text{ N}$  را در زاویه  $\theta = 45^\circ$  بالای افق به سورتمه وارد می کند. نیروی اصطکاک جنبشی  $f_k = 3/5 \times 10^3 \text{ N}$  است که برخلاف جهت حرکت به سورتمه وارد می شود. کار کل انجام شده روی سورتمه را به دو روش محاسبه کنید.

$$f_k = 3/5 \times 10^3 \text{ N} \quad F_1 = 5 \times 10^3 \text{ N} \quad \theta = 45^\circ \quad d = 235\text{m} \quad (\cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}, \cos 135^\circ = -\frac{1}{2})$$

روش اول: کار تک نیروها را در این جابه جایی به دست آورده و حاصل جمع آنها را محاسبه می کنیم:

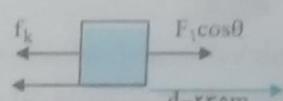
$$\left. \begin{aligned} W_1 &= (F_1 \cos 45^\circ) d = 5 \times 10^3 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 235 = 830725\text{J} \\ W_t &= (f_k \cos 135^\circ) d = 3/5 \times 10^3 \times (-1) \times 235 = -822500\text{J} \end{aligned} \right\} \rightarrow W_t = W_1 + W_t$$

$$830725 - 822500 = 8225\text{J}$$

روش دوم: نیروهای در امتداد جابه جایی را مخصوص کرده و اندازه نیروی مخلص آنها را محاسبه می کنیم:

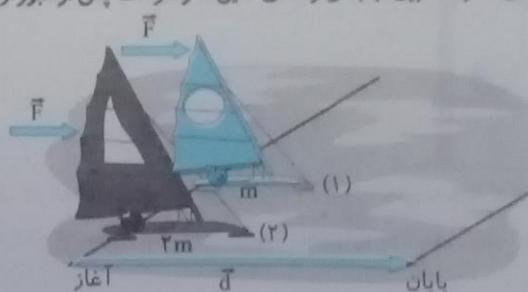
$$F_t = F_1 \cos \theta - f_k = 5 \times 10^3 \times \cos 45^\circ - 3/5 \times 10^3 = 3535 - 3500 = 35\text{N}$$

$$W_t = F_t d = 35 \times 235 = 8225\text{J} \rightarrow W_t = 8225\text{J}$$



## ۳۹

دو قایق بادبانی مخصوص حرکت روی سطوح بخوبه، دارای جرم های  $m$  و  $2m$ ، روی دریاچه افقی و بدون اصطکاکی فرار دارند و نیروی ثابت و یکسان  $\bar{F}$  با وزیدن باد به هر دو وارد می شود (شکل رو به رو). هر دو قایق از حال سکون شروع به حرکت می کنند و از خط پایان به فاصله  $d$  می گذرند. انرژی جنبشی و تندی قایق ها را درست پس از عبور از خط پایان، با هم مقایسه کنید.



## ۷-۲

بنزین (F) و جابه جایی (d) در هر دو قایق یکسان است، کار کل انجام شده در هر دو قایق برابر است:

$$W_t = W'_t \rightarrow \text{کار کل قایق (۲)} = \text{کار کل قایق (۱)}$$

بنزین هر دو قایق از حالت سکون شروع به حرکت کرده اند، انرژی جنبشی اولیه هر دو قایق صفر است:

$$K_1 = K'_1 = 0$$

بنزین هر دو قایق پس از عبور از خط پایان برابر است.

$$W_t = W'_t \rightarrow K_2 - K'_1 = K'_2 - K'_1 \rightarrow K_2 = K'_2 \rightarrow \text{کار کل قایق (۲)} = \text{کار کل قایق (۱)}$$

بنزین هر دو قایق پس از عبور از خط پایان برابر است.

$$\frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}(2m)v'_2^2 \rightarrow v_2^2 = 2v'_2^2 \rightarrow v_2 = \sqrt{2}v'_2 \rightarrow$$

سرعت قایق (۱)،  $\sqrt{2}$  برابر سرعت قایق (۲) است.

۴۰

تمرین ۸-۲

جرم یک خودروی الکتریکی به همراه راننده اش  $8 \times 10^3 \text{ kg}$  است. وقتی این خودرو از موقعیت A به موقعیت B می رود، کار کل انجام شده روی خودرو  $J = 7 \times 10^4 \text{ J}$  است. اگر تندی خودرو در موقعیت A برابر باشد، تندی آن در موقعیت B چند متربرثانیه است؟

$$m = 8 \times 10^3 \text{ kg}, W_t = 7 \times 10^4 \times 10^3 \text{ J} = 7 \times 10^8 \text{ J}, v_A = 54 \text{ km/h} \times \frac{10}{36} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}, v_B = ?$$

$$W_t = K_B - K_A \rightarrow W_t = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 \rightarrow 7 \times 10^8 = \frac{1}{2} \times 8 \times 10^3 \times v_B^2 - \frac{1}{2} \times 8 \times 10^3 \times 15^2$$

$$\rightarrow 7 \times 10^8 = 4 \times 10^3 v_B^2 - 9 \times 10^8 \rightarrow 7 \times 10^8 + 9 \times 10^8 = 4 \times 10^3 v_B^2 \rightarrow 16 \times 10^8 = 4 \times 10^3 v_B^2 \rightarrow v_B^2 = \frac{16 \times 10^8}{4 \times 10^3}$$

$$\rightarrow v_B = 400 \rightarrow v_B = \sqrt{400} = 20 \rightarrow v_B = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۴۱

تمرین ۹-۲

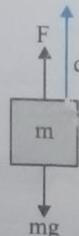
شکل رو به رو شخص را نشان می دهد که با وارد کردن نیروی ثابت  $52/N$ ، جعبه ای به جرم  $4/1 \text{ kg}$  را از حال

سکون در امتداد قائم جابه جا می کند.

(الف) کار انجام شده توسط شخص و کار انجام شده توسط نیروی وزن را روی جعبه در ارتفاع  $1/4 \text{ m}$  به طور جداگانه حساب کنید.

**توضیحات**

$$m = 4/1 \text{ kg}, F = 52/N, d = 1/4 \text{ m}$$



نیروی دست در جهت جابه جایی است، پس کار انجام شده توسط دست (شخص) برابر است با:

$$W_1 = Fd = 52/N \times 1/4 = 73/28 \text{ J} \rightarrow W_1 = 73/8 \text{ J}$$

نیروی وزن جعبه در خلاف جهت جابه جایی است ( $\theta = 180^\circ$ ).

کار انجام شده توسط نیروی وزن برابر است با:

$$W_2 = mgd \cos 180^\circ = 4/1 \times 10 \times 1/4 \times (-1) = -57/4 \text{ J} \rightarrow W_2 = -57/4 \text{ J}$$

(ب) کار کل انجام شده روی جعبه تا ارتفاع  $1/4 \text{ m}$  چقدر است؟

$$W_t = W_1 + W_2 = 73/8 - 57/4 = 16/4 \text{ J} \rightarrow W_t = 16/4 \text{ J}$$

(پ) با استفاده از قضیه کار - انرژی جنبشی، تندی نهایی جعبه را در ارتفاع  $1/4 \text{ m}$  حساب کنید.

بنزین سرعت اولیه جعبه صفر است، انرژی جنبشی اولیه آن نیز صفر خواهد بود، بنابراین داریم:

$$W_t = K_2 - K'_1 \rightarrow W_t = K_2 \rightarrow W_t = \frac{1}{2}mv_2^2 \rightarrow 16/4 = \frac{1}{2} \times 4/1 \times v_2^2 \rightarrow 16/4 = 2/v_2^2$$

$$v_2^2 = \frac{16/4}{2/1} \rightarrow v_2 = \sqrt{8} = 2\sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**پرسش ۳-۲**

برای آنکه تندی خودرویی از حال سکون به  $v$  برسد، باید کار کل  $W_{1t}$  روی آن انجام شود. همچنین برای آنکه تندی خودرو از  $v$  به  $2v$  برسد، باید کار کل  $W_{2t}$  روی آن انجام شود (شکل زیر). نسبت  $W_{1t} / W_{2t}$  چقدر است؟

$$\frac{W_{1t}}{W_{2t}} = \frac{K_2 - K_1}{K'_2 - K'_1} = \frac{\frac{1}{2}mv^2 - 0}{\frac{1}{2}m(2v)^2 - \frac{1}{2}mv^2} = \frac{\cancel{\frac{1}{2}mv^2}}{\cancel{\frac{1}{2}m(4v^2 - v^2)}} = \frac{1}{3} \rightarrow \frac{W_{1t}}{W_{2t}} = \frac{1}{3}$$

**تمرین ۱۰-۲**

برای جسمی به جرم  $m$  که رو به بالا حرکت می‌کند و از سطح زمین دور می‌شود نشان دهید کار نیروی وزن، همچنان از رابطه  $-6$  به دست می‌آید. فرض کنید که جسم به اندازه کافی نزدیک به سطح زمین بماند به گونه‌ای که وزن آن ثابت باشد.

از آنجا که نیروی وزن همواره به سمت زمین است، در حرکت رو به بالا نیروی وزن و جابه‌جایی زاویه  $180^\circ$  دارند، بنابراین:

$$W_{\text{وزن}} = mgd \cos 180^\circ = -mgd = -mg(h_2 - h_1) = -(mgh_2 - mgh_1)$$

$$= -(U_2 - U_1) \rightarrow W_{\text{وزن}} = -\Delta U$$

**تمرین ۱۱-۲**

انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) یک هوایپما مسافربری به جرم  $7/50 \times 10^4 \text{ kg}$  که با تندی  $864 \text{ km/h}$  در ارتفاع  $9/60 \times 10^3 \text{ m}$  حرکت می‌کند چقدر است؟ مقدار این انرژی‌ها را با هم مقایسه کنید.

$m = 7/50 \times 10^4 \text{ kg}$ ,  $v = 864 \times \frac{10^3 \text{ m}}{36 \text{ s}}$ ,  $h = 9/60 \times 10^3 \text{ m}$ ,  $K = ?$ ,  $U = ?$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 7/50 \times 10^4 \times (240)^2 = 216000 \times 10^3 = 21/6 \times 10^8 \text{ J} \rightarrow K = 21/6 \times 10^8 \text{ J}$$

$$U = mgh = 7/50 \times 10^4 \times 10 \times 9/6 \times 10^3 = 72 \times 10^8 \text{ J} \rightarrow U = 72/0 \times 10^8 \text{ J}$$

$$U - K = 72 \times 10^8 - 21/6 \times 10^8 = 50/4 \times 10^8 \rightarrow U - K = 50/4 \times 10^8 \text{ J}$$

انرژی پتانسیل گرانشی هوایپما در این ارتفاع  $50/4 \times 10^8 \text{ J}$  بیشتر از انرژی جنبشی آن است.

**تمرین ۱۲-۲**

جرم موتورسواری با موتورش  $147 \text{ kg}$  است. این موتورسوار، پرش مطابق شکل رو به رو انجام می‌دهد.

ا) انرژی پتانسیل گرانش موتورسوار را روی هر یک از تپه‌ها حساب کنید ( $m/s^2$ ).

$$U_1 = mgh_1 = 147 \times 9 / 81 \times 87 = 125460 / 0.9 J \rightarrow U_1 = 125 \times 10^3 J$$

$$U_2 = mgh_2 = 147 \times 9 / 81 \times 43 = 62009 / 0.9 J \rightarrow U_2 = 62 \times 10^3 J$$

ب) کار بروی وزن موتورسوار را در این جایه‌جایی به دست آورد.

$$W_{\text{وزن}} = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = -(62 \times 10^3 - 125 \times 10^3) J = 63 \times 10^3 J = \text{وزن}$$

**۴۶**

فعالیت ۱-۲

یک فنر فلزی یا پلاستیک نرم و نسبتاً بلند اختیار کنید. فنر را مطابق شکل رو برو، از یک طرف آن در امتداد قائم آوریان کنید. ابتدا پیش‌بینی کنید که با رها کردن فنر، چه اتفاقی می‌افتد؟ فنر را رها کنید و با دقت، تمامی تبدیل‌های انرژی آن را بررسی کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید. اگر دوربین با امکان ضبط و پخش آهسته فیلم در اختیار دارید، فیلمی از این فعالیت تهیه کنید و آن را به طور آهسته مشاهده کنید.

نم حرکت نوسانی رفت و برگشت را در راستای قائم انجام می‌دهد. در حالت فشرده و قلی از رها کردن، فنر انرژی پتانسیل کشانی و گرانشی دارد (۱). با رها کردن و بازشدن فنر، انرژی پتانسیل کشانی و گرانشی آن کاهش و انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد به طوری که در حالت تعادل بیشترین انرژی جنبشی را دارد (۲). با گذشتن فنر از حالت تعادل از انرژی جنبشی و پتانسیل گرانشی آن کاسته و به انرژی پتانسیل کشانی آن افزوده می‌شود تا در نهایت فنر متوقف شده و بارمی گردد (۳). در ادامه همین روند تکرار می‌شود.

**۴۷**

سکون

تعادل

سکون

(۱)

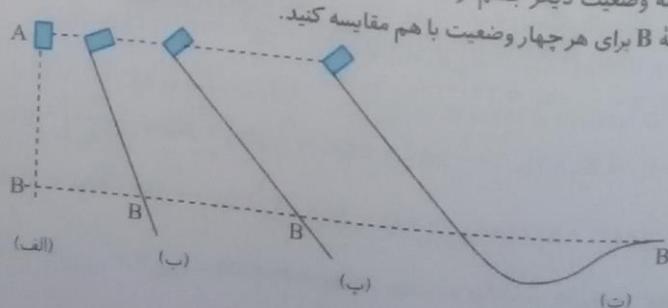
(۲)

(۳)

پرسش ۴-۲

شکل رو برو، چهار وضعیت متفاوت را برای حرکت جسمی نشان می‌دهد. در وضعیت الف، جسم از حال سکون سقوط می‌کند و در سه وضعیت دیگر جسم از حال سکون روی مسیری بدون اصطکاک و رو به پایین حرکت می‌کند.

نندی جسم را در نقطه B برای هر چهار وضعیت با هم مقایسه کنید.



۰-۲  
وکلی  
پروردگار

۱۵-۲  
دستی آن

۱۶-۲  
لاین  
۴ جرم  
۸g  
بندان در سط  
دراخان نقطه به

۱۷-۲  
دستی  
برخدازد

۱۸-۲  
جنبشی  
جهت

۱۹-۲  
لاین  
میرک از دو

۲۰-۲  
امونیاکی هوا  
آنکه شده توپ

۲۱-۲  
آنکه شده

لندی جسم در  
 نقطه A در همه  
 وضعیت‌ها یکسان  
 است

ایران گرانشی  
B آزاد  
در همه حالات  
یکسان است

ایران گرانشی  
B آزاد  
در همه وضعیت‌ها  
برابر است

در همه حالات  
جسم بدون اسکال  
ارتفاع جسم ثابت  
و جسم از حالت  
سکون رها شده  
است

نقطه B در همه  
حالات هم تراز  
است

۴۸

تمرین ۱۳-۲

در مثال ۱۲-۲، میدآیی پتانسیل گرانشی را در ارتفاع  $h_1$  بگیرید و براین اساس لندی توپ را هنگام رسیدن به دهانه سبد حساب کنید.

$$h_1 = 0, \quad v_1 = \sqrt{2 \frac{m}{s}}, \quad h_T = ۳ - ۱/۳ = ۲/۳ m, \quad v_T = ?$$

$$E_1 = E_T \rightarrow K_1 + U_1 = K_T + U_T \rightarrow \frac{1}{2} mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2} mv_T^2 + mgh_T$$

$$\rightarrow \frac{1}{2} v_1^2 + gh_1 = \frac{1}{2} v_T^2 + gh_T \rightarrow \frac{1}{2} \times (2)^2 + ۹/۸ \times ۲/۳ + ۰ = \frac{1}{2} v_T^2 + ۹/۸ \times ۲/۳$$

$$\rightarrow ۲/۳ = \frac{1}{2} v_T^2 + ۹/۸ \rightarrow \frac{۱۶}{۲۷} = \frac{1}{2} v_T^2 \rightarrow \frac{۳۲}{۲۷} = v_T^2 \rightarrow v_T = \frac{۴\sqrt{2}}{3}$$

$$\rightarrow v_T = \sqrt{32/27} = ۲/3 = v_T = ۲\sqrt{2}/3$$

نتیجه: با در نظر گرفتن هر لحظه ای احتمالی گرانشی، تقدیر می‌شود که توپ با این شدیده اینجا نمی‌شود.

چاچه دهم ریاضی - تئوری (دوره دوم متوسطه)

۴۹

تمرین ۱۴-۲

توپ مطابق شکل از سطح زمین با لندی  $v_1 = ۴۲ / ۰ m/s$  به طرف صخره‌ای پرتاب می‌شود. اگر توپ با لندی نادیده بگیرید. ( $g = ۹/۸ m/s^2$ )



$$v_1 = ۴۲ \frac{m}{s}, \quad h_1 = ۰, \quad v_T = ? \frac{m}{s}, \quad h_T = ?$$

$$E_1 = E_T \rightarrow K_1 + U_1 = K_T + U_T \rightarrow \frac{1}{2} mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2} mv_T^2 + mgh_T \rightarrow \frac{1}{2} v_1^2 + gh_1 = \frac{1}{2} v_T^2 + gh_T$$

$$\rightarrow \frac{1}{2} \times ۴۲^2 + ۰ = \frac{1}{2} \times ۴۲^2 + ۹/۸ \times h_T \rightarrow ۸۸۸ = ۸۸۸ + ۹/۸ h_T \rightarrow ۸۸۸ - ۸۸۸ = ۹/۸ h_T \rightarrow ۰ = ۹/۸ h_T$$

$$\rightarrow ۰ = ۹/۸ h_T \rightarrow h_T = \frac{۰}{۹/۸} = ۰ / ۹/۸ \rightarrow h_T = ۰ / ۹/۸ m$$

۱۵-۲  
رسانی  
لوب در

۱۵-۲  
لوبین  
زین به جرم  
اصلیکاک در  
ایران نقطه

۱۵-۲  
درصد  
پنهانی از  
جهت ارزی جنب

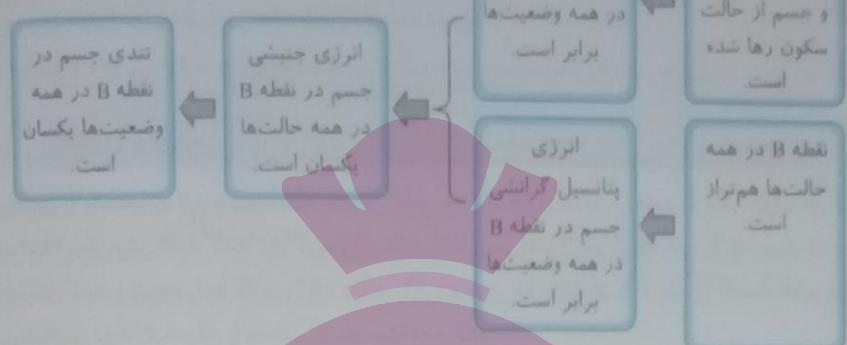
۱۵-۲  
فریاد  
۹۷×۱۰۸  
از بیوهرهای

کار نجامند

بوده به این

۱۵-۲  
آب ذخیره  
سیمچر خاند  
پیوی گرانش  
خوش مولود

با استفاده  
از



۴۸

## تمرین ۱۳-۲

در مثال ۱۲-۲، مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را در ارتفاع  $h_1$  بگیرید و براین اساس تندی توب را هنگام رسیدن به دهانه سبد حساب کنید.

$$h_1 = 0, \quad v_1 = \sqrt{2} \frac{m}{s}, \quad h_2 = 3 - 1/9 = 1/1m, \quad v_2 = ?$$

$$E_1 = E_2 \rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \rightarrow \frac{1}{2} \rho \pi v_1^2 + \rho \pi g h_1 = \frac{1}{2} \rho \pi v_2^2 + \rho \pi g h_2$$

$$\rightarrow \frac{1}{2} v_1^2 + gh_1 = \frac{1}{2} v_2^2 + gh_2 \rightarrow \frac{1}{2} \times (\sqrt{2})^2 + 0 = \frac{1}{2} v_2^2 + 9/10 \times 1/1$$

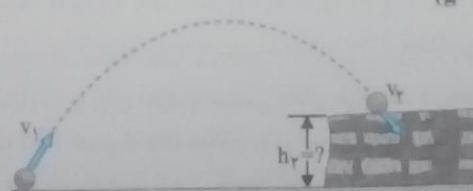
$$\rightarrow 25/9 = \frac{1}{2} v_2^2 + 10/10 \rightarrow 25/9 - 10/10 = -\frac{1}{2} v_2^2 \rightarrow 15/10 = \frac{1}{2} v_2^2 \rightarrow v_2^2 = 30/25$$

$$\rightarrow v_2 = \sqrt{30/25} = 5/10 \frac{m}{s} \rightarrow v_2 = 5/10 \frac{m}{s}$$

نتیجه: با در نظر گرفتن هر نقطه دلخواه به عنوان مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی، عبارتی در راسخ مسئله ایجاد نمی‌شود.

## تمرین ۱۴-۲ توشه‌ای برای موفقیت

توبی مطابق شکل از سطح زمین با تندی  $v_1 = 42/0 m/s$  به طرف صخره‌ای پرتاگ می‌شود. اگر توب با تندی  $v_2 = 24/0 m/s$  به بالای صخره برخورد کند، ارتفاع  $h_2$  را به دست آورید. مقاومت هوا را هنگام حرکت توب نادیده بگیرید. ( $g = 9/81 m/s^2$ )



$$v_1 = 42 \frac{m}{s}, \quad h_1 = 0, \quad v_2 = 24 \frac{m}{s}, \quad h_2 = ?$$

$$E_1 = E_2 \rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \rightarrow \frac{1}{2} \rho \pi v_1^2 + \rho \pi g h_1 = \frac{1}{2} \rho \pi v_2^2 + \rho \pi g h_2 \rightarrow \frac{1}{2} v_1^2 + 0 = \frac{1}{2} v_2^2 + 9/10 \times h_2$$

$$\rightarrow \frac{1}{2} \times 42^2 + 0 = \frac{1}{2} \times 24^2 + 9/10 \times h_2 \rightarrow 882 = 288 + 9/10 h_2 \rightarrow 882 - 288 = 9/10 h_2$$

$$\rightarrow 594 = 9/10 h_2 \rightarrow h_2 = \frac{594}{9/10} = 60/6 m \rightarrow h_2 = 60/6 m$$

۴۹

۱۵-۲ پرسش توپ در حال حرکت را با دست خود می‌گرد (شکل رو به رو). پس از توقف توپ، انرژی جنبش آن کجا رفته است؟



انرژی جنبشی آن به انرژی درونی توپ، دست و محیط تبدیل شده و سبب گرمتر شدن آنها می‌شود.

۵۰

تمرین ۱۵-۳ یک جرم  $45\text{ kg}$  با تندی  $45\text{ m/s}$  از نقطه A می‌گذرد (شکل رو به رو). نیروی مقاومت هوا و نیروی اصطکاک در سطح تماس توپ با زمین، ۲۰ درصد انرژی جنبشی توپ را رسیدن به نقطه B تلف می‌کند. تندی توپ را در این نقطه به دست آورید.

$$K_A = \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2} \times 45 \times 45^2 = 45 \times 2025 = 90975 \text{ J} \rightarrow K_A = 90975 \text{ J}$$

آندا انرژی جنبشی اولیه توپ را محاسبه می‌کنیم؛ چون ۲۰ درصد از انرژی جنبشی توپ در مسیر تلف شده است؛ بنابراین  $80$  درصد از انرژی جنبشی اولیه توپ به نقطه B می‌رسد. در

$$K_B = \frac{80}{100} \times 90975 = 72780 \text{ J} \rightarrow K_B = 72780 \text{ J}$$

نتیجه انرژی جنبشی توپ در نقطه B برابر است با:

$$K_B = \frac{1}{2}mv_B^2 \rightarrow 72780 = \frac{1}{2} \times 45 \times v_B^2 \rightarrow 72780 = 225v_B^2 \rightarrow v_B^2 = \frac{72780}{225} = 324 \text{ m}^2 \rightarrow v_B = \sqrt{324} = 18 \text{ m/s}$$

۵۴

۵۱

تمرین ۱۶-۲ ۱۵۷ هر یک از دو موتور جت یک هواپیمای مسافربری بوئینگ ۷۶۷، پیشانه‌ای (نیروی جلوبر هواپیما) برابر از موتورهای هواپیما چند اسب بخار است؟

$$F = 157 \times 10^5 \text{ N}, \Delta t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}, d = 15 / 6 \text{ km} = 15600 \text{ m}, \bar{P} = ?$$

$$W = Fd = 157 \times 10^5 \times 15600 = 2.4732 \times 10^9 \text{ J} \rightarrow W = 2.4732 \times 10^9 \text{ J}$$

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{2.4732 \times 10^9}{60} = 412 \times 10^7 \text{ W} \rightarrow \bar{P} = 412 \times 10^7 \text{ W}$$

با توجه به اینکه هر اسب بخار برابر  $746$  وات است، توان متوسط هر یک از موتورها بر حسب اسب بخار برابر است با:

$$\bar{P} = 412 \times 10^7 + 746 = 68632 / 7 \text{ hp} \rightarrow \bar{P} = 686 \times 10^2 \text{ hp}$$

۵۲

تمرین ۱۷-۲ آب ذخیره شده در پشت سد یک نیروگاه برق آبی، از ارتفاع  $90\text{ m}$  متري روی پرده‌های توربین می‌ریزد و آن را صورت خاند. با چرخش توربین، مولد می‌چرخد و انرژی الکتریکی تولید می‌شود (شکل رو به رو). اگر  $85\text{ %}$  درصد کار نیروی گرانش به انرژی الکتریکی تبدیل شود، در هر ثانية چند مترمکعب آب باید روی توربین برسد تا توان الکتریکی خروجی مولد نیروگاه به  $200\text{ MW}$  برسد؟ جرم هر مترمکعب آب را  $1 \times 10^3 \text{ kg}$  در نظر بگیرید.

$$h_1 = 90 \text{ m}, h_2 = 0, Ra = \frac{85}{100} = 0.85, P_{خروجی} = 200 \text{ MW} = 200 \times 10^6 \text{ W}$$

$$\Delta t = 1 \text{ s}, \rho_{آب} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, V = ?$$

۵۴

۹۷۹

آندا با استفاده از توان خروجی و زمان، انرژی خروجی را محاسبه می‌کنیم:

$$P_{خروجی} = \frac{E_{خروجی}}{\Delta t} \rightarrow E_{خروجی} = P_{خروجی} \times \Delta t = 200 \times 10^6 \times 1 = 200 \times 10^6 \text{ J} \rightarrow E_{خروجی} = 200 \times 10^6 \text{ J}$$

حال با استفاده از انرژی خروجی و بازده، انرژی ورودی به توربین را محاسبه می‌کنیم:

$$Ra = \frac{E_{خروجی}}{E_{ورودی}} \rightarrow E_{ورودی} = \frac{E_{خروجی}}{Ra} = \frac{۲۰۰ \times ۱۰^۶}{۰ / ۳۱۵} = ۲۳۵ / ۲۶ \times ۱۰^۶ J \rightarrow E_{ورودی} = ۲۳۵ \times ۱۰^۶ J$$

انرژی ورودی به توربین همان کاربروی وزن آب است، بنابراین:

$$E_{جذب} = W_{جذب} = -\Delta U = -(U_۲ - U_۱) = U_۱ = mgh_۱ \rightarrow E_{ورودی} = mgh_۱$$

$$\rightarrow ۲۳۵ \times ۱۰^۶ = m \times ۱۰ \times ۹۰ \rightarrow m = \frac{۲۳۵ \times ۱۰^۶}{۹۰} = ۰ / ۲۶۱ \times ۱۰^۶ kg \rightarrow m = ۲۶۱ \times ۱۰^۳ kg$$

حجم آب

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{۲۶۱ \times ۱۰^۳}{۱۰۰۰} = ۲۶۱ m^۳ \rightarrow V = ۲۶۱ m^۳$$

**فعالیت ۲-۲**

شکل زیر طرح‌واره‌ای از درصد انرژی مفید و انرژی تلف شده در یک نیروگاه سوخت فسیلی با هسته‌ای را از آغاز تا مصرف در یک لامپ رشته‌ای نشان می‌دهد.

(الف) یک نیروگاه سوخت فسیلی را در نظر بگیرید که با مصرف گازوئیل، انرژی الکتریکی تولید می‌کند. با سوختن هر لتر گازوئیل ۲/۳۴ مگاژول انرژی گرمایی تولید می‌شود. برای این که یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ واتی در طول یک ماه به مدت ۱۸۰ ساعت روشن بماند (به طور میانگین هر شبانه روز ۶ ساعت)، چقدر گازوئیل باید در نیروگاه مصرف شود؟

انرژی تلف شده

زمان مصرف را بر حسب ثانیه محاسبه می‌کنیم، می‌دانیم هر ساعت ۳۶۰۰ ثانیه است:

$$\Delta t = ۱۸۰ h = ۱۸۰ \times ۳۶۰۰ = ۶ / ۴۸ \times ۱۰^۳$$

بازده کل در فاصله تولید تا مصرف انرژی الکتریکی برابر است با:

$$Ra = ۰ / ۳۱۵ \times ۰ / ۹ = ۰ / ۳۱۵$$

توان خروجی نیز برابر است با:

$$P_{خروجی} = ۱۰۰ W$$

اپندا با استفاده از توان خروجی و زمان، انرژی خروجی را محاسبه می‌کنیم:

$$P_{خروجی} = \frac{E_{خروجی}}{\Delta t} \rightarrow E_{خروجی} = P_{خروجی} \times \Delta t = ۱۰۰ \times ۶ / ۴۸ \times ۱۰^۳ = ۶ / ۴۸ \times ۱۰^۷ J \rightarrow E_{خروجی} = ۶ / ۴۸ \times ۱۰^۷ J$$

حال با استفاده از انرژی خروجی و راندمان، انرژی ورودی را محاسبه می‌کنیم:

$$Ra = \frac{E_{خروجی}}{E_{ورودی}} \rightarrow E_{ورودی} = \frac{E_{خروجی}}{Ra} = \frac{۶ / ۴۸ \times ۱۰^۷}{۰ / ۳۱۵} = ۲۰ / ۵۷ \times ۱۰^۷ J \rightarrow E_{ورودی} = ۲۰ / ۶ \times ۱۰^۷ J$$

با فرض اینکه همه انرژی گرمایی تولیدی گازوئیل به انرژی الکتریکی تبدیل شود، داریم:

$$\frac{\text{انرژی مصرفی}}{\text{انرژی گازوئیل}} = \frac{۲۰ / ۶ \times ۱۰^۷}{۳۴ / ۲ \times ۱۰^۶} = ۰ / ۶۰۲ \times ۱۰^۰ = ۶ / ۰۲ L$$

(ب) با توجه به نتیجه قسمت (الف)، درک خود از هشدار معروف «لامپ اضافی خاموش!» را بیان کنید.

با توجه به اتفاق انرژی در مسیر تولید تا مصرف و مشکلات استفاده از سوخت‌های فسیلی در تولید انرژی الکتریکی مانند تجدیدناپذیر بودن، هزینه گران استخراج و استفاده، آلودگی و ...، صرفه‌جویی در مصرف برق امری ضروری است.

۱- آندر سراسر ایران، هر خانه در طول یک ماه، معادل انرژی الکتریکی مصرف شده در قسمت الف، صرفه جویی کند. هزینه بزرگی گازوئیل صرفه جویی شده را تخمین بزنید.

$2 \times 10^7 - 10^7 = 10^7$  : تعداد خانوار در سراسر کشور  
 $10^1 - 10^1 = 10^0$  : گازوئیل صرفه جویی شده هر خانوار  
 $10^7 \times 10^1 = 10^8$  : کل گازوئیل صرفه جویی شده

۵۵

۳-۲ فعالیت  
 مدت زمانی را که طول می کشد تا با دویدن به بالای یک راه پله بررسید اندازه بگیرید. آهنگ انجام این کار را محاسبه کنید. پاسخ خود را بر حسب وات و اسپ بخار بیان کنید.

$$W = \Delta U = (U_2 - U_1) = mg(h_2 - h_1) = mgh = 70 \times 10 \times 6 = 4200 \text{ J} \rightarrow W = 4200 \text{ J}$$

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{4200}{12} = 350 \text{ W} \rightarrow \bar{P} = 350 \text{ W}$$

کار انجام شده برابر است با تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی:

$$W = \Delta U = (U_2 - U_1) = mg(h_2 - h_1) = mgh = 70 \times 10 \times 6 = 4200 \text{ J} \rightarrow W = 4200 \text{ J}$$

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{4200}{12} = 350 \text{ W} \rightarrow \bar{P} = 350 \text{ W}$$

$$\bar{P} = 350 + 746 = 1096 \text{ W} \rightarrow \bar{P} = 1096 \text{ W}$$

۵۶

## پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۲

۱- تقریباً بیشتر شهاب‌سنگ‌هایی که وارد جو زمین می‌شوند به دلیل اصطکاک زیاد با ذرات تشکیل دهنده جو، به دمای بالایی می‌رسند و می‌سوzenد. شکل رویه رو شهاب سنگی به جرم  $1/35 \times 10^5 \text{ kg}$  را نشان می‌دهد که با تندی  $4/12 \text{ km/s}$  وارد جو زمین شده است. انرژی جنبشی این شهاب‌سنگ را به دست آورید. این انرژی را با انرژی  $936 \text{ km/h}$  با تندی  $10^4 \text{ kg}$  مقایسه کنید.

اندیانرژی جنبشی شهاب‌سنگ را محاسبه می‌کنیم:

$$m = 1/35 \times 10^5 \text{ kg}, \quad v = 4/12 \text{ km/s} = 4/12 \times 10^3 \text{ m/s}, \quad K_1 = ?$$

$$K_1 = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 1/35 \times 10^5 \times (4/12 \times 10^3)^2 = \frac{1}{2} \times 1/35 \times 10^5 \times (4/12)^2 \times 10^6 = 11/46 \times 10^{11} \text{ J}$$

$$\rightarrow K_1 = 11/46 \times 10^{11} \text{ J}$$

۲- انرژی جنبشی هوایی‌مای مسافربری برابر است با:

$$m = 7/25 \times 10^4 \text{ kg}, \quad v = 936 \times \frac{10}{36} = 260 \text{ m/s}, \quad K_2 = ?$$

$$K_2 = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 7/25 \times 10^4 \times (260)^2 = 24500 \times 10^9 = 2/45 \times 10^9 \text{ J} \rightarrow K_2 = 0/0245 \times 10^{11}$$

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{11/46 \times 10^{11}}{0/0245 \times 10^{11}} = 469$$

انرژی جنبشی شهاب‌سنگ تقریباً  $469$  برابر انرژی جنبشی هوایی‌مای مسافربری است.  
 ۲- حدود  $50000$  سال پیش شهاب‌سنگی در نزدیکی آریزونای آمریکا به زمین برخورد کرده و چاله‌ای بزرگ از خود به جای گذاشته است (شکل رویه رو). با اندازه‌گیری‌های جدید ( $200 \times 5$  میلادی) برآورد شده است که جرم این شهاب‌سنگ حدود  $1/40 \times 10^8 \text{ kg}$  بوده و با تندی  $12/\text{km/s}$  به زمین برخورد کرده است. انرژی جنبشی این شهاب‌سنگ هنگام برخورد به زمین چقدر بوده است؟ (خوب است بدانید انرژی آزاد شده توسط هر تن TNT برابر  $J = 4/18 \times 10^9$  است).

$$m = 1/4 \times 10^8 \text{ kg}, \quad v = 12 \text{ km/s} = 12 \times 10^3 \text{ m/s}, \quad K = ?$$

$$K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 1/4 \times 10^8 \times (12 \times 10^3)^2 = \frac{1}{2} \times 1/4 \times 10^8 \times 12^2 \times 10^6 = 100/8 \times 10^{14} \rightarrow K = 1/01 \times 10^{14}$$

۳- در شکل های (الف) و (ب)، جرم ازابه های بکسان است. برای اینکه تندی ازابه ها از صفر به مقدار معین  $\tau$  برسد کم انجام شده در هر دو حالت را با هم مقایسه کنید.



$$K_1 = K_7 - K_3$$

طیق قضیه کار و الرزی حبیشی داریم:

$$W_p = K_f - K_i = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow W_p = \frac{1}{2}mv^2$$

کار انجام شده در قسمت الف:

$$W_{fr} = K_f - K_i = \frac{1}{2}(m)v_f^2 - \frac{1}{2}(m)v_i^2 = mv^2 \rightarrow W_{fr} = mv^2$$

### کار انجام شده در قسمت ب:

کار انجام شده در قسمت (ب) دو برابر کار انجام شده در قسمت (الف) است.  
 ۴- ورزشکاری سعنی می‌کند توب پیسالی به جرم  $145\text{g}$  را با بیشترین تندی ممکن پرتاب کند. به این منظور، ورزشکار نیزیوی به بزرگی  $N = 75\text{F}$  تا لحظه پرتاب توب و در امتداد جایه جایی ( $d = 1/45\text{m}$ ) برآن وارد می‌کند (شکل رویه روا). تندی توب هنگام جدا شدن از دست ورزشکار چقدر است؟

$$m = \gamma \Delta g = \gamma / \gamma \Delta g \text{ kg} \quad , \quad F = \gamma \Delta N \quad , \quad d = \gamma / \gamma \Delta m \quad , \quad v_x = \gamma \quad , \quad v_y = ?$$

$$W_t = K_T - K_1 \rightarrow W_E + W_{mg} = K_T - K_1$$

نیوی وزن عمود بر جایه حاصل است، بنابراین:  $W_{mg} = 0$ ، همچنان انرژی جنبشی اولیه تپ صفر است:  $K_1 = 0$ .

$$W_F + \cancel{W_{mg}} = K_f - K_i \rightarrow W_F = K_f \rightarrow F \cdot d = \frac{1}{2}mv_f^2 \rightarrow v_f = \sqrt{\frac{F \cdot d}{m}} = \sqrt{\frac{F \cdot s}{m}} = \sqrt{\frac{F \cdot s}{m}} = \sqrt{\frac{F \cdot s}{m}}$$

۵- آیا کار کل انعام شده بر یک جسم در یک جایه‌جایی می‌تواند منفی باشد؟ توضیح دهید.

به، اگر در جایه جایی یک جسم نیروهای مقاوم بیشتر از نیروهای محرک باشد، جسم پس از طی مسافتی متوقف و کار کل انجام شده بر روی جسم منفی می شود. به یاد دیگر طبق قضیه کار و نیروی جنبشی اگر سرعت جسم کاهش یابد، انرژی حینش آن، نیز کاهش را فتحه و مطالقه (یعنی  $K_f = K_i - W$ ) کار کل نیروهای وارد بر جسم منفی می شود.

۶- برای آنکه نیوی خالص، متواترد تندی جسم را از صفر به  $\lambda$  برساند باید کار W را روی آن انجام دهد. اگر قرار باشد

تندی این جسم از صفر به ۷ پرسد کاری که روی جسم پایه انجام شود چنین برابر است؟

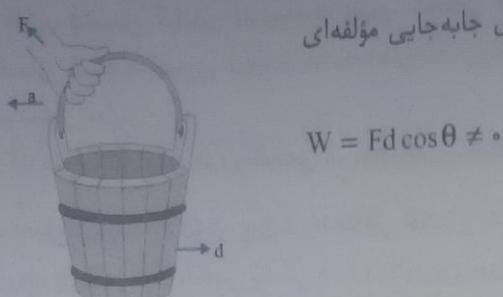
طبقه قضیه کار و ارزشی جنسیت، کار نیروی حاصل وارد بی جسم برای است با تغییر ارزشی جنسیتی حسم.

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= 0, \quad v_T = v, \quad W_1 = K_T - K_1 = \frac{1}{2}mv_T^2 - \cancel{\frac{1}{2}mv_1^2} = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow W_1 = \frac{1}{2}mv^2 \\ v_1 &= 0, \quad v_T = \tau v, \quad W_T = K_T - K_1 = \frac{1}{2}mv_T^2 - \cancel{\frac{1}{2}mv_1^2} = \frac{1}{2}m(\tau v)^2 = \frac{q}{r}mv^2 \end{aligned} \right\} \rightarrow W_T = qW_1$$

۷- گرمطابق شکل رویه رو سطل را در دست نگه دارید. آیا نیروی دست شما هنگام که با تندی ثابت در مسیر افقی قدم می‌زنید روی سطل کاری انعام می‌دهد؟ اگر تندی حرکت شما در طول مسیر کم و زیاد شود چطور؟ پاسخ خود را در هر مورد توضیح دهید.

هنگامی که سطل را در دست نگه می‌داریم باید نیرویی برابر با وزن سطل و رو به بالا به جسم وارد کنیم.





بله‌گامی که تندی تغییر کند، شتاب و در نتیجه نیرو در راستای جابه‌جایی مؤلفه‌ای نیرو نداشت. این نیرو روی سطل کار انجام می‌دهد.

$$W = Fd \cos \theta \neq 0$$

۱۲/۴m/s شخص گلوله‌ای برفی به جرم ۱۵۸g را از روی زمین برمی‌دارد و تا ارتفاع ۱۸۵cm بالا می‌برد و سپس آن را با تندی ۱۲/۴m/s پرتاب می‌کند. کار انجام شده توسط شخص روی گلوله برف جقدر است؟

$$m = ۱۵۸g = ۰/۱۵۸kg, h = ۱۸۵cm = ۱/۸۵m, v = ۱۲/۴m/s, W = ?$$

شخص روی گلوله‌ای برفی در دو مرحله کار انجام داده است.

$$W_{mg} = -mgh = -۰/۱۵۸ \times ۱۰ \times ۱/۸۵ = -۲/۹۲J \rightarrow W_{mg} = -۲/۹۲J$$

مرحله اول: بالابردن گلوله برفی

مرحله دوم: پرتاب گلوله

$$W = \Delta K = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = -\frac{1}{2} \times ۰/۱۵۸ \times (۱۲/۴)^2 = -۱۲/۱J \rightarrow W = -۱۲/۱J$$

$$\Rightarrow W_t = W_{mg} + W = -۲/۹۲ - ۱۲/۱ = -۱۵J \rightarrow W_t = -۱۵J$$

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



۱۰- آیا انرژی جنبشی یک جسم می‌تواند هنوز باشد؟ انرژی پتانسیل گرانشی یک سامانه چطور؟ توضیح دهید.

خیر، طبق رابطه  $\frac{1}{2}mv^2 = \text{انرژی جنبشی به جرم جسم (m)} + \text{مجدور سرعت (v)^2}$  دارد، چون هردوی این

عوامل کمیت‌های مثبت هستند، بنابراین انرژی جنبشی جسم همواره مثبت است.

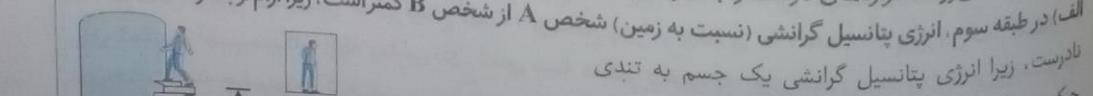
همچنین طبق رابطه  $U = mgh$ ، انرژی پتانسیل گرانشی نیز به جرم جسم (m)، شتاب گرانشی (g) و ارتفاع (h) بستگی دارد. همه این عوامل مثبت هستند، بنابراین انرژی پتانسیل گرانشی یک سامانه نیز همواره مثبت است.

نکته: تغییرات انرژی جنبشی ( $\Delta K$ ) و تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی یک سامانه ( $\Delta U$ ) می‌تواند منفی باشند.

۱۱- دو شخص هم جرم A و B به طبقه سوم ساختمانی می‌روند. شخص A با آسانسور و شخص B به آرام از پله‌های ساختمان بالا می‌روند. گزاره‌های درست را با ذکر دلیل مشخص کنید.

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

نادرست، زیرا انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم به تندی حرکت بستگی ندارد و به جرم و ارتفاع جسم بستگی دارد.



ب) انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) شخص A کمتر از شخص B است. زیرا برای رسیدن به طبقه سوم ساختمان مسافت کمتری پیموده است. نادرست، زیرا انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم به مسافت پیموده شده توسط جسم بستگی ندارد.

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

درست، می‌دانیم که کار نیروی وزن در جایه‌جایی جسم رو به بالا برابر است با:  $W_{mg} = mgh \cos 180^\circ = -mgh$  چون  $m$ ,  $g$  و  $h$  در هر دو شخص یکسان هستند، کار نیروی وزن نیز در هر دو شخص برابر است.

ت) انرژی پتانسیل گرانشی هر دو شخص در طبقه سوم ساختمان یکسان است. درست، طبق رابطه  $U = mgh$  چون  $m$ ,  $g$  و  $h$  برای هر دو شخص برابر است، انرژی پتانسیل گرانشی هر دو شخص یکسان است.

۱۲- در سه شکل زیر اجسامی از حالت سکون و ارتفاع  $h$  نسبت به سطح افق رها می‌شوند و نیروی اصطکاک و مقاومت هوا بر آنها وارد نمی‌شود. در کدام حالت، جسم

الف) بیشترین تندی را هنگام رسیدن به سطح افقی دارد؟

$$h_1 = h, v_1 = 0, h_2 = 0, v_2 = v, m$$

$$E_1 = E_2 \rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \rightarrow mg h_2 = \frac{1}{2} mv_2^2$$

$$\rightarrow gh = \frac{v^2}{2} \rightarrow v^2 = 2gh \rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

$$h_1 = h, v_1 = 0, h_2 = 0, v_2 = v, 2m$$

$$E_1 = E_2 \rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \rightarrow (2m)gh = \frac{1}{2}(2m)v^2$$

$$\rightarrow v^2 = 2gh \rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

$$h_1 = h, v_1 = 0, h_2 = 0, v_2 = v, m$$

$$E_1 = E_2 \rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \rightarrow mg h = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\rightarrow v^2 = 2gh \rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

در هر سه شکل، جسم با تندی یکسان  $\sqrt{2gh}$  به زمین می‌رسد.

ب) تا هنگام رسیدن به پایین مسیر، بیشترین مقدار کار نیروی وزن روی آن انجام شده است؟

$$W = -\Delta U = -(mgh_2 - mgh_1) = mgh$$

کار نیروی وزن به جرم و ارتفاع جسم بستگی دارد، در شکل‌هایی که جرم جسم  $m$  است، کار به صورت  $W = mgh$  و در شکلی که جرم جسم  $2m$  است، کار به صورت  $W = 2mgh$  است، پس در شکل وسط، بیشترین کار انجام شده است.

۱۳- در شکل رو به رو هواپیمایی که در ارتفاع  $225m$  از سطح زمین و با تندی  $h / t = 198 \text{ km/h}$  پرواز می‌کند، بسته‌ای را برای کمک به آسیب‌دیدگان زلزله رها می‌کند. تندی بسته هنگام برخورد به زمین چقدر است؟ (از تأثیر مقاومت هوا روی حرکت بسته چشم پوشی کنید).

$$h_1 = 225m, v_1 = 198 \times \frac{10}{36} = 55 \frac{m}{s}, h_2 = 0, v_2 = ?$$

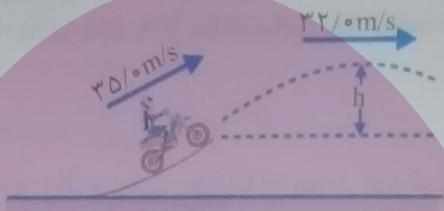
با مرور زمان مقاومت هوا در طول مسیر، انرژی مکانیکی اولیه و نهایی بسته برابر است:

$$E_1 = E_2 \rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 \rightarrow \frac{1}{2}v_1^2 + gh_1 = \frac{1}{2}v_2^2$$

$$\rightarrow \frac{1}{2}(55)^2 + 10 \times 225 = \frac{1}{2}v_2^2 \rightarrow 1512.5 + 2250 = 0.5v_2^2 \rightarrow 3762.5 = 0.5v_2^2$$

$$\rightarrow v_2 = \frac{3762.5}{0.5} = 7525 \rightarrow v_2 = \sqrt{7525} = 86.7 \frac{m}{s} \rightarrow v_2 = 86.7 \frac{m}{s}$$

۱۴- موتورسواری از انتهای سکویی مطابق شکل روبرو، پرشی را با تندی  $35.0 \text{ m/s}$  انجام می‌دهد. اگر تندی موتورسوار در بالاترین نقطه مسیرش به  $32.0 \text{ m/s}$  برسد، ارتفاع  $h$  را پیدا کنید. اصطکاک و مقاومت هوا را در طول سری حرکت موتورسوار نادیده بگیرید.



$$v_1 = 35 \frac{m}{s}, \quad h_1 = 0, \quad v_2 = 32 \frac{m}{s}, \quad h_2 = h = ?$$

$$E_1 = E_2 \rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 \rightarrow \frac{1}{2}v_1^2 + gh_1 = \frac{1}{2}v_2^2 + gh_2$$

$$\rightarrow \frac{1}{2} \times (35)^2 = \frac{1}{2} \times (32)^2 + 10 \times h \rightarrow 612.5 = 512 + 10 \times h \rightarrow h = \frac{100.5}{10} = 10.0 \text{ m}$$

۱۵- سه توپ مشابه، از بالای ساختمانی با تندی یکسانی پرتاب می‌شوند (شکل روبرو). توپ (۱) در امتداد افق، توپ (۲) با زاویه‌ای بالاتر از امتداد افق و توپ (۳) با زاویه‌ای پایین‌تر از امتداد افق پرتاب می‌شود. با نادیده گرفتن مقاومت هوا، انرژی جنبشی توپ‌ها را هنگام برخورد با سطح زمین، با یکدیگر مقایسه کنید. جرم، ارتفاع و تندی اولیه توپ‌ها یکدیگر برابر است، بنابراین:



## توشه‌ای برای موفقیت

$$\left. \begin{array}{l} K_1 = K_2 = K_3 \\ U_1 = U_2 = U_3 \end{array} \right\} \Rightarrow E_1 = E_2 = E_3 \rightarrow$$

با نادیده گرفتن مقاومت هوا، انرژی‌های مکانیکی اولیه و نهایی هر یک از توپ‌ها برابر است، درنتیجه:

$$E'_1 = E'_2 = E'_3 \rightarrow U'_1 + K'_1 = U'_2 + K'_2 = U'_3 + K'_3 \xrightarrow{\text{در لحظه برخورد به زمین}} U'_1 = U'_2 = U'_3 = 0 \rightarrow K'_1 = K'_2 = K'_3$$

پس انرژی جنبشی توپ‌ها هنگام برخورد با زمین برابر است.

۱۶- گلوله‌ای به جرم  $45.0 \text{ g}$  از دهانه تفنگ با تندی  $1/22 \text{ km/s}$  ارتفاع  $1/62 \text{ m}$  از سطح زمین شلیک می‌شود. اگر گلوله با تندی  $425 \text{ km/s}$  به زمین برخورد کند.

(الف) در مدت حرکت گلوله کار نیروی مقاومت هوا چقدر است؟

$$m = 45g = 0.045 \text{ kg}, \quad v_1 = 1/22 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 1/22 \times 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 120 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad h_1 = 1/62 \text{ m}$$

$$v_2 = 0/425 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 0/425 \times 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 425 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad h_2 = 0, \quad g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \quad W_f = ?$$

$$W_f = E_f - E_i$$

$$E_i = K_i + U_i = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgh_i = \frac{1}{2} \times 0 / 0.45 \times (1220)^2 + 0 / 0.45 \times 10 \times 1 / 62 = 33489 + 0 / 729$$

$$\rightarrow E_i = 33490 \text{ J}$$

$$E_f = K_f + U_f = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgh_f = \frac{1}{2} \times 0 / 0.45 \times (425)^2 = 4064 \text{ J} \rightarrow E_f = 4064 \text{ J}$$

$$W_f = E_f - E_i = 4064 - 33490 = -29426 \text{ J} \rightarrow W_f = -29426 \text{ J}$$

ب) مقدار به دست آمده در قسمت (الف) را با کار نیروی وزن مقایسه کنید.

$$W_{\text{وزن}} = mgh = 0 / 0.45 \times 10 \times 1 / 62 = 0 / 729 \text{ J} \rightarrow W_{\text{وزن}} = 0 / 729 \text{ J}$$

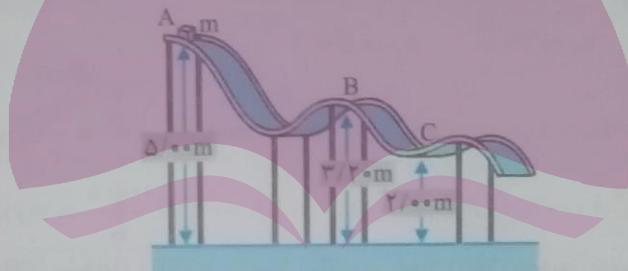
کار نیروی وزن در این حرکت بسیار ناچیز و قابل صرف نظر است.

۱۷- جسمی به جرم  $m = 12 / 5 \text{ kg}$  در نقطه A از حالت سکون رها می شود و در مسیری بدون اصطکاک شر

می خورد (شکل زیر). تعیین کنید:

(الف) تندی جسم را در نقطه B

$$m = 12 / 5 \text{ kg}, v_A = 0, h_A = \Delta m, h_B = 3 / 2 m, v_B = ?, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



$$E_A = E_B \rightarrow U_A + K_A = U_B + K_B \rightarrow mgh_A = mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2 \rightarrow 10 \times 5 = 10 \times 3 / 2 + \frac{1}{2}v_B^2$$

$$\rightarrow 50 - 32 = \frac{v_B^2}{2} \rightarrow v_B^2 = 36 \rightarrow v_B = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ب) کار نیروی گرانش را در حرکت جسم از نقطه A تا نقطه C تعیین کنید

$$W = -\Delta U = -(U_C - U_A) = -(mgh_C - mgh_A) = -12 / 5 \times 10 \times (2 - 5) = -375 \text{ J}$$

$$\Rightarrow W = -375 \text{ J}$$

۱۸- شکل رو به رو گلوله ای را نشان می دهد که از سقف کلاسی آویزان شده و دانش آموزی آن را از وضعیت تعادل خارج کرده و در برابر نوک بینی خود گرفته است.

(الف) وقتی دانش آموز گلوله را رها می کند هنگام برگشت به او برخورد نمی کند. چرا؟ (این تجربه ساده ولی هیجان انگیز را در صورت امکان در کلاستان انجام دهید).

چون بخشی از انرژی مکانیکی اولیه گلوله در طول مسیر رفت و برگشت صرف غلبه بر نیروهای مقاوم می شود. انرژی مکانیکی گلوله در مسیر برگشت کاهش یافته و تارتفاع کمتری بالا می آید.

ب) اگر دانش آموز هنگام رها کردن گلوله، آن را هل دهد، هنگام برگشت آن، چه اتفاقی می افتد؟ در این حالت با افزایش انرژی مکانیکی اولیه گلوله نسبت به حالت قبل، گلوله می تواند در مسیر برگشت تارتفاع اولیه و حتی بیشتر از آن نیز بالا بیاید.

۱۹- بالایری با تندی ثابت، باری به جرم  $10 \times 10^2 \text{ kg}$  را در مدت  $18.6 \text{ s}$  تا ارتفاع  $18.6 \text{ m}$  بالا منبرد. اگر جرم بالایر  $10^2 \times 10^2 \text{ kg}$  باشد، توان متوسط موتور آن چند وات و چند اسب بخار است؟

$$m = 68 + 32 = 100 \text{ kg}, \Delta t = 18.6 \text{ s}, h = 18.6 \text{ m}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

کار انجام شده توسط آسانسور برابر است با تغییر انرژی پتانسیل گرانشی:

$$W = mgh = 100 \times 10 \times 78 / 4 = 78 / 4 \times 10^3 J$$

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{78 / 4 \times 10^3}{186} = 421 W \rightarrow \bar{P} = 421 W$$

یاتوده به اینکه هر اسب بخار ۷۴۶ وات است، توان متوسط آسانسور بر حسب بخار برابر است با:

$$\bar{P} = 421 + 746 = 1164 hp$$

۲- شخص به جرم  $78 / 5 kg$  در مدت زمان  $8 / 5 s$  از تعداد ۵ پله بالا می‌رود. توان متوسط مفید او چند وات است؟ ارتفاع هر پله را  $28 / 5 cm$  فرض کنید.

$$m = 78 / 5 kg, \Delta t = 8 / 5 s, h = 5 \times 28 / 5 = 1425 cm = 14 / 25 m, g = 10 \frac{N}{kg}$$

کار مفید انجام شده توسط شخص برابر است با تغییر انرژی پتانسیل گرانشی شخص:

$$W_{\text{مفید}} = mgh = 78 / 5 \times 10 \times 14 / 25 = 11186 / 25 J$$

$$\bar{P}_{\text{مفید}} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{11186 / 25}{8 / 5} = 133 W \rightarrow \bar{P}_{\text{مفید}} = 133 W$$

۳- شکل زیر هوایپیمایی به جرم  $7 / 20 \times 10^3 kg$  را نشان می‌دهد که از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از  $2 / 05 \times 10^3 m$  جابه‌جایی در امتداد باند هوایپیما، به تندی برخاستن  $h = 254 km / h$  می‌رسد.

(الف) کار کل نیروهای وارد برهوایپیما را در این جابه‌جایی حساب کنید.

$$m = 7 / 20 \times 10^3 kg, v_1 = 0, d = 2050 m, v_2 = 254 \times \frac{10}{36} = 70 / 5 \frac{m}{s}, W_t = ?$$

$$W_t = K_2 - K_1 = \frac{1}{2} mv_2^2 = \frac{1}{2} \times 7 / 20 \times 10^3 \times (70 / 5)^2 = 17892 / 9 \times 10^3 J$$

$$\rightarrow W_t = 17892 \times 10^3 J = 17892 \times 10^7 J$$

یک دقیقه پس از برخاستن، هوایپیما تا ارتفاع  $565 m$  از سطح زمین اوج می‌گیرد و تندی آن به  $328 km / h$  می‌رسد. در این مدت،

$$h = 565 m, W_t = ?$$

(ب) کار نیروی وزن چقدر است؟

$$W_t = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = -(mgh_2 - mgh_1) = -mg(h_2 - h_1) = -mg \cdot 565 = -7 / 2 \times 10^3 \times 10 \times 565 = -40680 \times 10^3 J \rightarrow W_t = -40680 \times 10^3 J$$

(پ) به جز نیروی وزن، چه نیروهای دیگری بر هوایپیما اثر می‌کنند (با این نیروها در علوم سال ششم آشنا شدید)؟ کار

کدام یک از این نیروها مثبت و کار کدامیک از آنها منفی است؟

علاوه بر نیروی وزن، نیروی رانشی، نیروی مقاومت هوا و نیروی بالابر برهوایپیما اثر می‌کند. چون در این مدت هوایپیما رو به جلو و رو به بالا حرکت می‌کند، کار نیروی رانشی و نیروی بالابر مثبت و کار نیروی مقاومت هوا منفی است.

(ت) کار کل نیروهای وارد برهوایپیما چقدر است؟

$$v_1 = 254 \times \frac{10}{36} = 70 / 5 \frac{m}{s}, v_2 = 328 \times \frac{10}{36} = 91 / 1 \frac{m}{s}, W_t = ?$$

$$W_t = K_2 - K_1 = \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2 = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2) = \frac{1}{2} \times 7 / 2 \times 10^3 \times (91 / 1)^2 - (70 / 5)^2 = \frac{1}{2} \times 7 / 2 \times 10^3 \times 3328 / 96 = 11984 / 25 \times 10^4 J \rightarrow W_t = 11984 \times 10^4 J = 11984 \times 10^7 J$$

(ث) توان کل انجام کار توسط نیروهای غیر از وزن را بیابید.

$$W_t = W_{\text{غیر وزن}} + W_{\text{وزن}} \rightarrow W_{\text{غیر وزن}} = W_t - W_{\text{وزن}} = 11 / 9 \times 10^7 - (-40 / 6 \times 10^7) = 11 / 9 \times 10^7 + 40 / 6 \times 10^7 = 52 / 5 \times 10^7 J$$

$$P = \frac{W_{\text{غیر وزن}}}{\Delta t} = \frac{52 / 5 \times 10^7}{6} = 8 / 875 \times 10^7 = 8 / 75 \times 10^6 W \rightarrow P_{\text{غیر وزن}} = 8 / 75 MW$$

۴۴- سالانه هریک به  $25 \times 10^4$  km<sup>3</sup> خطوط لوله در نقاط مختلف کشور توزیع می شود ..... اگر بازده هریک از پمپ های این مرکز ۲۸ درصد باشد توان هریک از آنها بمحاسبه میگیرد.

$$h_1 = 2/05 \times 10^7 \text{ m}, h_2 = 2/70 \times 10^7 \text{ m}, \Delta h = \frac{28}{100} = 0/28, \rho = 1/6 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, P = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 1/6 \times 10^3 \times 1 = 1/6 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$W_{\text{خروجی}} = \Delta U = U_2 - U_1 = mgh_2 - mgh_1 = mg(h_2 - h_1) = 1/6 \times 10^3 \times 10(2/70 \times 10^7 - 2/05 \times 10^7)$$

$$= 1/6 \times 10^3 \times 0/65 \times 10^7 = 5/59 \times 10^6 \text{ J} \Rightarrow W_{\text{خروجی}} = E_{\text{خروجی}} = 5/59 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{وارد}}} = \frac{5/59 \times 10^6}{10/28} = 19/9 \times 10^6 \text{ J}$$

$$P = \frac{E_{\text{وارد}}}{t} = \frac{19/9 \times 10^6}{1} = 19/9 \times 10^6 \text{ W}$$

$$\frac{19/9 \times 10^6}{2} = 9/95 \times 10^6 \text{ W} \rightarrow 9/95 \times 10^6 \div 746 = 1/23 \times 10^4 \text{ hp}$$

## اوژنیا مستمر

۱- درست با نادرست بودن جمله های زیر را مشخص کنید. (۱ نمره)

- الف) انرژی جنبش و کار کمیت های نرده ای هستند.
- ب) اگر تیروی خالص غیر صفری بر جسم وارد شود انرژی جنبش ثابت باقی می ماند.
- ج) اگر کار کل انجام شده تیروی جسم متن باشد انرژی جنبش جسم افزایش یافته است.
- د) اگر فری را یکشیم باشند کمی کار تیروی فندر این جایه جایی مثبت است.

۲- حاهای حالی را با گلمه های مطابق بفرمایید. (۱ نمره)

الف) هرچه تعداد ذرات سازنده جسم بیشتر و انرژی هر ذره زیادتر باشد انرژی آن بیشتر است.

ب) هر اسب بخار برابر وات است.

ج) نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی یک دستگاه را می گویند.

د) کار تیروهای برابر است با تغییر انرژی مکانیکی جسم.

۳- گزینه درست را مشخص کنید. (۱)

الف) اگر جرم جسم را ۴ برابر و نتدی آن را نصف کیم انرژی جنبش آن چند برابر می شود؟

ب) نصف

الف) ۲ برابر

ج) ۴ برابر

ب) اگر توان متوسط ماشین A دو برابر توان متوسط ماشین B باشد دریک زمان ثابت کار ماشین B چند برابر کار ماشین A است؟

الف) ۲ برابر

د) ۳ برابر

ج) نصف

ب) ۴ برابر

۴- مفاهیم زیر را تعریف کنید. (۱)

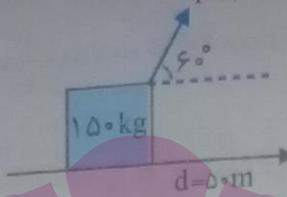
الف) قضیه کار و انرژی جنبش:

ب) انرژی پتانسیل کشسان:

۵. شخصی باری به جرم  $150\text{ kg}$  را توسط طنابی که با افق راویه  $60^\circ$  می‌سازد، با نیروی  $100\text{ N}$  به اندازه  $50\text{ m}$  متر من کشد.

اگر کار کل انجام شده در طول مسیر  $500\text{ m}$  باشد، نیروی اصطکاک جنبشی چقدر است؟  $(1/25)$

$$(\cos 60^\circ = \frac{1}{2}) \quad F = 100\text{ N}$$



۶. بسته‌ای به جرم  $80\text{ kg}$  با طنابی که به بالگردی متصل است از روی زمین بلند می‌شود. اگر بالگرد نیروی  $1200\text{ N}$

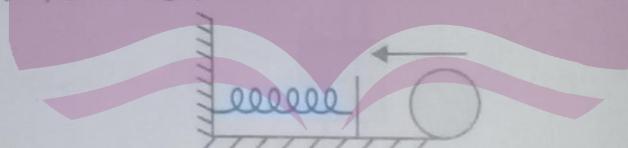
را در راستای قائم بربسته وارد و سرعت رو به بالای آن در ارتفاع  $45\text{ m}$  برساند، کار نیروی مقاومت هوا

$$\text{در طول مسیر چقدر است؟ } (\frac{N}{kg}) (g = 10) (1/25)$$

۷. موتورسوواری با جرم  $20\text{ kg}$  از بالای تپه‌ای به ارتفاع  $5\text{ m}$  به بالای تپه‌ای دیگر به ارتفاع  $8\text{ m}$  می‌پردازد. کار نیروی

$$\text{وزن موتورسوار در این جایه‌جایی چقدر است؟ } (\frac{N}{kg}) (g = 10) (1/25)$$

۸. مطابق شکل زیر جسمی با انرژی کشسانی فتر  $30^\circ$  باشد، کار نیروی اصطکاک جنبشی در این جایه‌جایی چقدر است؟  $(1/75)$



۹. توبی از ارتفاع  $4\text{ m}$  سطح زمین با سرعت  $10\text{ m/s}$  رو به بالا پرتاب می‌شود. با نادیده گرفتن نیروی مقاومت هوا،

$$\text{سرعت پرتاب توب در ارتفاع } 8\text{ m} \text{ از سطح زمین چقدر است؟ } (\frac{m}{kg}) (g = 10) (1/75)$$

۱۰. توان ورودی یک پمپ آب  $10\text{ kW}$  و بازده آن  $70\text{ l/s}$  درصد است. این پمپ در هر دقیقه چند کیلوگرم آب را از عمق

$$28\text{ mتری یک چاه باتندی ثابت بالا می‌آورد؟ } (\frac{N}{kg}) (g = 10) (1/5)$$

### پاسخ ارزشیابی مستمر

۱. الف) نادرست  $(1/25)$ ، ب) نادرست  $(1/25)$ ، ج) نادرست  $(1/25)$ ، د) نادرست  $(1/25)$

۲. الف) درونی  $(1/25)$ ، ب)  $746\text{ N}$ ، ج) بازده  $(1/25)$ ، د) مقاومت  $(1/25)$

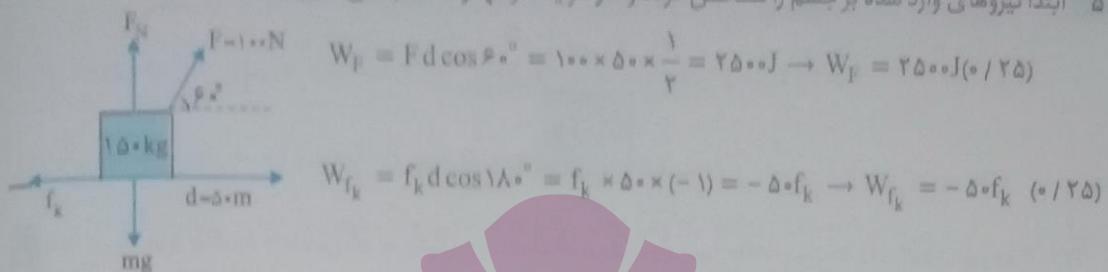
$$m_2 = 4m_1, \quad v_2 = \frac{1}{2}v_1, \quad \frac{K_2}{K_1} = ?$$

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{1}{2}m_2v_2^2}{\frac{1}{2}m_1v_1^2} = \frac{m_2v_2^2}{m_1v_1^2} = \frac{4m_1 \times \left(\frac{1}{2}v_1\right)^2}{m_1v_1^2} = \frac{4m_1 \times \frac{1}{4}v_1^2}{m_1v_1^2} = 4 \times \frac{1}{4} = 1 \rightarrow \frac{K_2}{K_1} = 1 \rightarrow K_1 = K_2$$

$$\bar{P}_A = 2\bar{P}_B, \quad \Delta t_A = \Delta t_B, \quad \frac{W_B}{W_A} = ?$$

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} \rightarrow W = \bar{P} \times \Delta t \rightarrow \frac{W_B}{W_A} = \frac{\bar{P}_B \times \Delta t_B}{\bar{P}_A \times \Delta t_A} = \frac{\bar{P}_B}{\bar{P}_A} = \frac{\bar{P}_B}{2\bar{P}_A} = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{W_B}{W_A} = \frac{1}{2}$$

- ۴) الف) کار کل انجام شده بر روی جسم برایراست با تغییر انرژی جنبشی جسم  
 ب) انرژی که به دلیل تغییر طول در یک فنر ذخیره می شود را انرژی پتانسیل کنتسانی می گویند.  
 ۵) ابتدا نیروهای وارد شده بر جسم را مشخص کرده و کار هر یک از آنها را محاسبه می کنید:

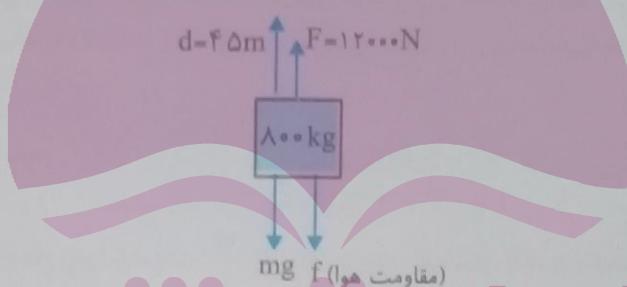


چون نیروهای وزن و عمودی سطح، عمود بر جایه جایی هستند،  $(\circ / 2\Delta)$  کار این نیروها صفر است:

$$W_{F_N} = W_{mg} = 0 (\circ / 2\Delta)$$

$$W_t = \cancel{W_{F_N}} + \cancel{W_{mg}} + W_F + W_{f_k} = W_F + W_{f_k} \rightarrow \Delta \circ = 2\sqrt{3} - 5 \cdot f_k \rightarrow -2\sqrt{3} = -5 \cdot f_k$$

$$\rightarrow f_k = \frac{-2\sqrt{3}}{-5} = 40 N \rightarrow f_k = 40 N (\circ / 2\Delta)$$



$$m = 10 \text{ kg}, v_i = 0, F = 1200 \text{ N}, d = 5 \text{ m}, v_f = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}, W_{\text{ مقاومت هوایی}} = ?$$

نیروهایی که به این بسته وارد می شوند عبارتند از: نیروی بالگرد، نیروی وزن و نیروی مقاومت هوایی.

## ابرازهای برای موفقیت

$$W_t = K_f - K_i \rightarrow W_F + W_{mg} + W_f = K_f - \cancel{K_i} \rightarrow W_f = K_f - W_F - W_{mg} (\circ / 2\Delta)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K_f = \frac{1}{2} mv_f^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^2 = 5000 \text{ J} (\circ / 2\Delta) \\ W_F = F \cdot d = 1200 \times 5 = 6000 \text{ J} (\circ / 2\Delta) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{mg} = mgd \cos 180^\circ = 10 \times 10 \times 5 \times (-1) = -5000 \text{ J} (\circ / 2\Delta) \end{array} \right.$$

$$\rightarrow W_f = 5000 - 6000 - (-5000) = -1000 \text{ J} \rightarrow W_f = -1000 \text{ J} (\circ / 2\Delta)$$

$$m = 10 \text{ kg}, h_i = 5 \text{ m}, h_f = 10 \text{ m}, W_{\text{ وزن}} = ?$$

$$W_{\text{ وزن}} = -\Delta U = -(U_f - U_i) = -mg(h_f - h_i) = -10 \times 10 \times (10 - 5) = -5000 \text{ J} \rightarrow W_{\text{ وزن}} = -5000 \text{ J} (\circ / 2\Delta)$$

نیروهایی که به جسم وارد می‌شوند عبارتند از: نیروی فتر ( $F_e$ ) و نیروی اصطکاک جنبشی ( $f_k$ )

جسم:  $K_1 = 5\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ ,  $K_2 = 0$   
فتر:  $U_1 = 0$ ,  $U_2 = 40\text{J}$

$$W_{F_e} = -\Delta U_{کشسانی} = -(U_2 - U_1) = -(40 - 0) = -40\text{J} (\circ / 25)$$

$$W_t = K_2 - K_1 \rightarrow W_{F_e} + W_{f_k} = K_2 - K_1 (\circ / 25) \rightarrow -40 + W_{f_k} = 0 - 50$$

$$\rightarrow W_{f_k} = -50 + 40 = -10\text{J} (\circ / 25)$$

$h_1 = 4\text{m}$ ,  $v_1 = 10\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $h_2 = \lambda\text{m}$ ,  $v_2 = ?$   
با تابیده گرفتن نیروی مقاومت هوا داریم:

$$E_1 = E_2 \rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

$$(\circ / 25) \rightarrow \frac{1}{2}v_1^2 + gh_1 = \frac{1}{2}v_2^2 + gh_2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 10^2 + 10 \times 4 = \frac{1}{2} \times v_2^2 + 10 \times \lambda \rightarrow 50 + 40 = \frac{1}{2} \times v_2^2 + 10$$

$$(\circ / 25) \rightarrow 90 - 80 = \frac{1}{2}v_2^2 \rightarrow 10 = \frac{1}{2}v_2^2 \rightarrow v_2^2 = 20 \rightarrow v_2 = \sqrt{20} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2\sqrt{5} (\circ / 25)$$

$P_{ورودی} = 2\text{kW} = 2000\text{W}$ ,  $Ra = \frac{V_2}{V_1} = 0 / 4$ ,  $\Delta t = 1\text{min} = 60\text{s}$ ,  $h = 2\lambda\text{m}$ ,  $m = ?$

ابتدا با استفاده از توان ورودی، انرژی ورودی را محاسبه می‌کنیم:

$$P_{ورودی} = \frac{E_{ورودی}}{\Delta t} \rightarrow E_{ورودی} = P_{ورودی} \times \Delta t = 2000 \times 60 = 120000\text{J} (\circ / 25) \rightarrow E_{خروجی} = 120000\text{J} (\circ / 25)$$

با استفاده از انرژی ورودی و راندمان، انرژی خروجی را بدست آوریم:

$$Ra = \frac{E_{خروجی}}{E_{ورودی}} \rightarrow E_{خروجی} = Ra \times E_{ورودی} = 0 / 4 \times 120000 = 80000\text{J} (\circ / 25) \rightarrow E_{خروجی} = 80000\text{J} (\circ / 25)$$

انرژی خروجی با تغییر انرژی پتانسیل گرانشی آب برابر است، بنابراین:

$$E_{خروجی} = \Delta U = mgh \rightarrow 80000 = m \times 10 \times 2\lambda \rightarrow m = \frac{80000}{20} = 4000\text{kg} \rightarrow m = 400\text{kg} (\circ / 25)$$



## ویرگی‌های فیزیکی مواد



### کلیدوازه

حالات های هاده - حرکت براونی - بلائما - کشش سطحی - اثر موینیک - ترشولمگ - هم‌چسی و دگرچسی - قشار شاید - فشار سنج - اصل ارالهیدس - شاوری - اصل براونی

### منابع آموزش

#### حالات های ماده

- (الف) جامد: خصوصیات یک جسم جامد عبارت است از:
- ۱- شکل و حجم معینی دارد.
  - ۲- نیروی بین اتم‌های آن از نوع الکتریکی است.
  - ۳- اتم‌ها در مکان‌های مشخصی قرار دارند و حول این مکان‌ها نوسان می‌کنند.
  - ۴- در اثر گرمای دامنه نوسان‌ها بیشتر شده و جسم جامد منبسط می‌شود.
  - ۵- نیروی بین اتم‌ها شبیه فنرهایی است که اتم‌ها را کنار هم نگهداشت و مانع از آن می‌شود که اتم‌ها از حد معینی به هم نزدیک یا از هم دور شوند.

#### انواع جامد‌ها:

- ۱- جامد‌های بلورین: در این جامد‌ها اتم‌ها در طرح‌های منظمی کنار هم قرار گرفته و جسم چامد از تکرار این طرح پدید می‌آید. جامد‌های بلورین معمولاً از سرد کردن تدریجی مایع مذاب و یا محلول آنها پدید می‌آیند، زیرا در این حالت مولکول‌ها فرستاده تا در طرح‌های منظم، خود را مرتب کنند. مثال: انواع فلزات، نمک‌ها، الماس و سنتگ‌های معدنی.

- ۲- جامد‌های بی‌شکل (آمورف): در این جامد‌ها، مولکول‌ها در طرح منظمی کنار هم قرار ندارند و معمولاً از سرد کردن سریع مایع مذاب پدید می‌آیند؛ زیرا در این حالت مولکول‌ها فرستاده تا در طرحی منظم قرار گیرند و در نتیجه در وضعیت نامنظمی که در حالت مایع داشتند باقی می‌مانند؛ مثال شیشه، قیر و ...

## توشه ای برای موفقیت

#### ب) مایع

مولکول‌های مایع نظم و تقارن اتمی جامد‌های بلورین را ندارند و به صورت نامنظم کنار هم قرار می‌گیرند. مایع‌ها به راحتی جاری می‌شوند و شکل ظرف را به خود می‌گیرند.

**نکته:** فاصله ذرات در حالت جامد و مایع تقریباً یکسان است.

**نکته:** در مایع‌ها پدیده پخش رخ می‌دهد. این پدیده ناشی از حرکت نامنظم و کاتورهای مولکول‌های مایع است، مانند پخش شدن جوهر در آب.

**نکته:** مایع‌ها تراکم ناپذیر هستند.

#### ج) گاز

اتم‌ها و مولکول‌ها در گاز، آزادانه و با تندی زیاد، حرکت و با یکدیگر و دیواره ظرف برخورد می‌کنند. در گازها فاصله بین مولکول‌ها نسبت به اندازه مولکول‌ها بسیار زیاد است.

حرکت براونی حرکت نامنظم و کاتورهای مولکول‌های یک گاز را «حرکت براونی» می‌گویند.

**نکته:** پدیده پخش در گازها نیز وجود دارد. مثل پخش شدن مولکول‌های عطر در هوای.

**نکته:** گازها برخلاف جامد‌ها و مایع‌ها تراکم ناپذیر هستند.

اگر ماده در دهانهای بسیار بالا ایجاد می شود، در این حالت بک با چند الکترون لازم جدا نشود و مادهای شامل مجموعه ای از الکترون های ازاد بیون ها و آنم های خلیل که حاوی مقادیر برابر بازبازهای مشت و منفی هستند، تشکیل می شود که به آن «پلاسم» می گویند.

ویراگی های فیزیکی تمام مواد از قبیل نعلمه ذوب، رسانیدگی المتریکی و گرمایش، شفافیت، استحکام و ... در مقیاس نانو تغییر می کند.

بنده برای تفسیر ویراگی های فیزیکی مواد در مقیاس نانو لازم نیست همه ابعاد ماده در مقیاس نانو باشد بلکه اگر یک بعد ماده را نیز در مقیاس نانو محدود کنیم، ویراگی های فیزیکی تغییر می کند، مثل نانو لایه ها.

### لیروهای بین مولکولی

نیروی هم چیزی؛ نیروی جاذبه بین مولکول های بک باشد را «نیروی هم چیزی» می گویند.

نیروی دگرچیزی؛ نیروی جاذبه بین مولکول های بمانده، مختلف را «نیروی دگرچیزی» می گویند.

گلش سطحی؛ ناشی از نیروی هم چیزی بین مولکول های سطح مایع است، به این ترتیب که جاذبه بین مولکول های سطح مایع آن را همیشه یک پوسته کشیده می کند که مانع از تفوت اجسام سارچ به داخل مایع می شود، مثل شناور ماندن گیره بروزی آب، تشکیل حباب صابون، تشکیل قطرات کروی آب جکام سقوط و راه رفتن برخی حشرات بروزی آب.

تریوندگی؛ هرگاه مایع در تماس با حامد باشد، دو حالت ممکن است ایجاد شود:

۱- اگر نیروی دگرچیزی بین مولکول های مایع و جامد از نیروی هم چیزی بین مولکول های مایع بیشتر باشد، مایع حامد را تر می کند، مثل آب بر سطح شیشه.

۲- اگر نیروی هم چیزی بین مولکول های مایع از نیروی دگرچیزی بین مولکول های مایع و جامد بیشتر باشد، مایع حامد را تر نمی کند، مثل جیوه بر سطح شیشه.

### از مویینگی

الف) لوله مویین در ظرف آب دارای ویراگی های زیر است:

۱- آب در لوله مویین بالا می رود و سطح آن بالاتر از سطح آب در ظرف قرار می گیرد.

۲- هر چه قطر لوله کمتر باشد، ارتفاع ستون آب در آن بیشتر است.

۳- سطح آب در لوله مویین فرورفته است.

# ایران توشه

تجهیه فیزیکی این پدیده: چون نیروی دگرچیزی بین مولکول های آب و شیشه بیشتر از نیروی هم چیزی بین مولکول های آب است، آب تغایر به چسبیدن به دیواره شیشه را دارد، در نتیجه آب در لوله مویین از این نظر:

۱) جیوه در لوله مویین بالا می رود و سطح آن بالاتر از سطح آب در ظرف قرار می گیرد.

۲) هر چه قطر لوله کمتر باشد، ارتفاع ستون جیوه در آن کمتر است.

۳) سطح جیوه در لوله مویین برآمده است.

تجهیه فیزیکی این پدیده: چون نیروی هم چیزی بین مولکول های جیوه و شیشه بیشتر است، جیوه سطح شیشه را تر نمی کند، در نتیجه سطح جیوه در لوله مویین پایین تر از سطح جیوه در ظرف است.

در لوله های مویین وزن مایع جایه جا شده نسبت به سطح با برآیند بیرون های هم چیزی با دگرچیزی برابر است.

فشار در شاره ها: به مایع ها و گازها شاره می گویند.

لکن اگر جسمی داخل شاره ای قرار گیرد، نیروی از طرف شاره بر هر سطح جسم وارد می شود که ناشی از برخورد مولکول های شاره با سطح است.

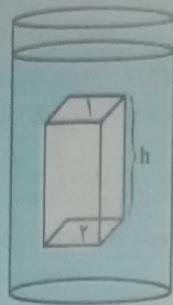
لکن: شاری که بر یک سطح درون شاره وارد می شود از رابطه مقابله می داشت می آید:

مثال: اگر فشار هواي داخل یک هوایما  $10^5 \text{ Pa}$  باشد، چه نیروی از طرف هواي داخل، بر پنجه راهی دایره ای شکل به شما

$$P = \frac{F}{A} \quad A = \pi r^2 = \pi \times (0.03)^2 = \pi \times 0.009 = 0.028 \text{ m}^2 \quad F = ?$$

$(\pi = 3)$  وارد می شود؟

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow F = P.A = 10^5 \times 0.028 = 27000 \text{ N} \rightarrow F = 27000 \text{ N}$$



۱- اختلاف فشار در نقطه از یک شاره با اختلاف ارتفاع  $h$  برابر است با:

$$P_2 - P_1 = \rho gh \rightarrow P_2 = P_1 + \rho gh$$

در این رابطه:

$P_2$ : فشار در سطح پایین بر حسب  $P_1$  ،  $P_1$ : فشار در سطح بالا بر حسب

$$\rho = \frac{N}{kg} , g = \frac{kg}{m^2}$$

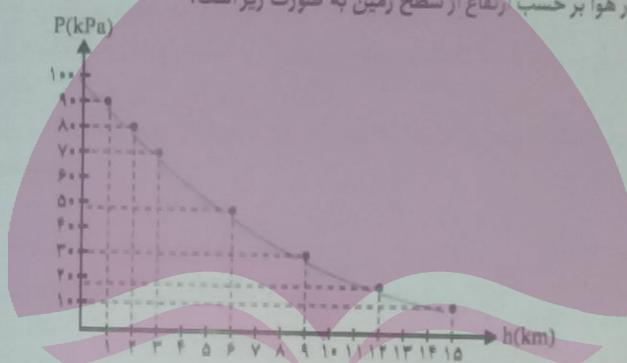
$h$ : اختلاف ارتفاع بر حسب

در مورد رابطه فوق توجه به دو نکته زیر ضروری است:

۱- این رابطه برای هر شاره ساکن در حال تعادل، چه مایع و چه گاز برقرار است.

۲- چون با افزایش ارتفاع، چگالی هوا ثابت نبوده و به شدت کاهش می‌یابد، برای محاسبه اختلاف فشار در نقطه از هوا اگر اختلاف ارتفاع زیاد باشد از رابطه  $P_2 = P_1 + \rho gh$  نمی‌توان استفاده کرد.

نمودار تغییرات فشار هوا بر حسب ارتفاع از سطح زمین به صورت زیر است:



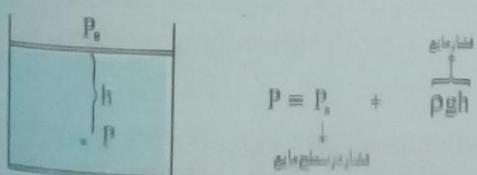
مثال: مخزنی استوانه‌ای شکل به ارتفاع ۵۰cm درون شاره‌ای غوطه‌ور است. اگر فشار شاره در بالا و نه مخزن به لرتبه

$$(g = 10 \frac{N}{kg}) \quad 150 \text{ kPa} \quad 120 \text{ kPa}$$

$$h = 50\text{cm} = 0.5\text{m} \quad P_2 = 150 \times 10^3 \text{ Pa} \quad P_1 = 120 \times 10^3 \text{ Pa} \quad \rho = ?$$

$$P_2 = P_1 + \rho gh \rightarrow 150000 = 120000 + \rho \times 10 \times 0.5 \rightarrow 30000 = \rho \cdot 5 \rightarrow \rho = \frac{30000}{5} = 6000 \frac{kg}{m^3}$$

۳- فشار در عمق  $h$  از یک مایع برابر است با:



$$P = P_0 + \rho gh$$

۴- فشار هوا در سطح دریای آزاد  $P_0 = 1013 \times 10^3 \text{ Pa}$  است که به آن پک اتمسفر (atm) می‌گویند.

۵- با توجه به کم بودن چگالی گازها، در محضله‌های گاز احتلاف فشار در نقاط مختلف بسیار ناچیز است و می‌توان فشار گاز یک محضله را در تمام نقاط آن ثابت در نظر گرفت.

مثال: اگر چگالی آب دریاچه‌ای  $\rho_a = 1/2 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$  و فشار هوا در سطح دریاچه  $P_0 = 101 \times 10^3 \text{ Pa}$  باشد، فشار در عمق ۵ متری

$$(g = 10 \frac{N}{kg}) \quad 101 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$\rho_a = 1/2 \times 10^3 \frac{kg}{m^3} \quad P_0 = 101 \times 10^3 \text{ Pa} \quad h = 5\text{m} \quad P = ?$$

$$P = P_0 + \rho gh = 101 \times 10^3 + 1/2 \times 10^3 \times 10 \times 5 = 101 \times 10^3 + 5 \times 10^3 = 101 \times 10^3 \rightarrow P = 101 \times 10^3 \text{ Pa}$$

مثال ۲: غواص در عمق ۱۰ متری آب دریاچه‌ای شنا می‌کند. اگر مساحت سراین غواص  $200\text{cm}^2$  فرض شود، اندازه نیروی آن که برین غواص وارد می‌شود چند نیوتن است؟

$$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, P_0 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, P_i = 10^5 \text{Pa})$$

$$h = 10\text{m}, A = 200\text{cm}^2 = 200 \times 10^{-4}\text{m}^2$$

پس باید فشار وارد بر سر غواص را در این عمق محاسبه کنیم:

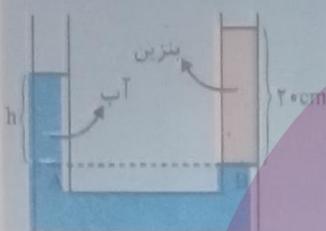
$$P = P_i + \rho gh = 10^5 + 1000 \times 10 \times 10 = 10^5 + 10^5 = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow F = P \cdot A = 2 \times 10^5 \times 200 \times 10^{-4} = 400 \times 10 = 4000 \text{ N} \rightarrow F = 4000 \text{ N}$$

مثال ۳: در یک لوله U شکل مقداری آب قرار دارد. در شاخه سمت راست آنقدر بزرگی می‌ریزیم تا ارتفاع آن به ۲۰ cm برسد.

$$\text{اختلاف ارتفاع آب در دو شاخه چقدر است? } (\rho_{بزرگ} = 700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_{آب} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

فشار در نقاط هم‌تراز یکسان است، بنابراین:

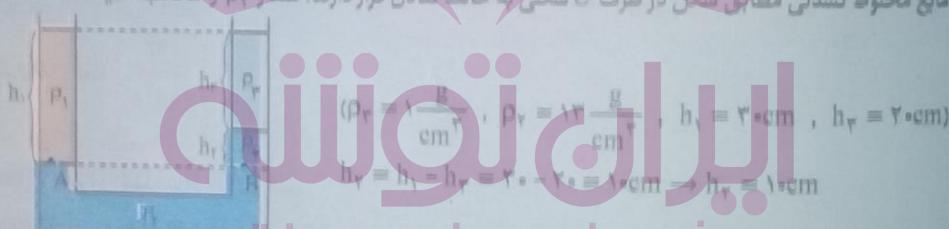


$$P_i + \rho_{آب}gh_{آب} = P_{بزرگ} + \rho_{بزرگ}gh_{بزرگ} \rightarrow \rho_{آب}gh_{آب} = \rho_{بزرگ}h_{بزرگ}$$

$$\rightarrow \rho_{آب}h_{آب} = \rho_{بزرگ}h_{بزرگ} \rightarrow 1000 \times h_{آب} = 700 \times 20 \rightarrow h_{آب} = \frac{14000}{700} = 20 \text{ cm} \rightarrow h_{آب} = 20 \text{ cm}$$

نکته پنوند:  $h_{آب}$  بر حسب ساخته مترنوشته شده،  $h_{بزرگ}$  بر حسب ساختی متر به دست می‌آید.

مثال ۴: نه مایع مخلوط نشدنی مطابق شکل در فلزی L شکلی به حالت تعادل قرار دارند. مقدار  $P_A$  را محاسبه کنید.



## ایران توشه

توشه‌ای برای موفقیت

$$P_A = P_B \Rightarrow P_i + \rho_1 gh_1 = P_i + \rho_2 gh_2 + \rho_3 gh_3 \rightarrow \rho_1 gh_1 = g(\rho_2 h_2 + \rho_3 h_3)$$

$$\rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3 \rightarrow \rho_1 \times 20 = 10 \times 10 + 10 \times 20 \rightarrow 20\rho_1 = 100 \rightarrow \rho_1 = \frac{100}{20} = 5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

مثال ۵: فشار در گف پک استخیر پر از آب به عمق ۱۰ متر برای  $10^5 \text{ Pa}$  است.

$$(P_i = 10^5 \text{ Pa}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$$

$$P = P_i + \rho gh \rightarrow 10^5 + 10 \times 10 \times 10 = 10^5 + 10000 = 10^5 + 10^4 = 110^4 \text{ Pa}$$

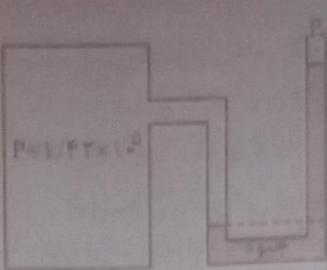
$$\rightarrow \rho = \frac{10^5}{10000} = 1000 \rightarrow \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

(۱) اگر استخیر مکعب مستطیلی با مساحت قاعده  $50\text{cm}^2$  فرض شود، جرم آب داخل استخیر چند کیلوگرم است؟

$$(\rho_{آب} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

$$V = 50 \times 10 = 500\text{cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 1000 \times 500 = 500000 \text{ kg} \rightarrow m = 500000 \text{ kg}$$



$$P = P_0 + \rho_{\text{liquid}} gh$$

$$\rightarrow 1 / 42 \times 10^5 = 1 / 9 \times 10^3 + 13000 \times 10 \times h$$

$$13000 = 9000 + 13000h \rightarrow 52000 = 13000h$$

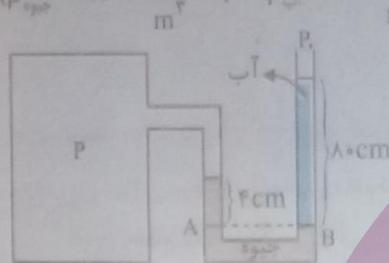
$$\rightarrow h = \frac{52000}{13000} = \frac{4}{1} = 1 / 4 \text{ m} \rightarrow h = 4 \text{ cm}$$

$$P_g = P - P_0 = 142000 - 10000 = 142000 \text{ Pa} \rightarrow P_g = 142000 \text{ Pa}$$

پ) فشار پیمانه‌ای گاز چقدر است؟

پ) فشار سنج زیرا

(ق) حجم مخزن را محاسبه کنید.

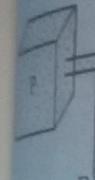


$$P_A = P_B \rightarrow P + \rho_{\text{liquid}} gh = P_B + \rho_{\text{liquid}} gh$$

$$P + 13000 \times 10 \times 1 / 4 = 10000 + 13000 \times 10 \times 1 / 4$$

$$\rightarrow P + 52000 = 10000 + 52000$$

$$\rightarrow P = 10000 - 52000 = 102000 \text{ Pa} \rightarrow P = 102000 \text{ Pa}$$

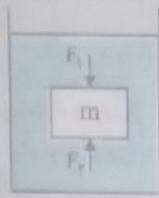


پ) فشار پیمانه‌ای مخزن چندراست؟

$$P_g = P - P_0 = 102000 - 10000 = 20000 \text{ Pa} \rightarrow P_g = 20000 \text{ Pa}$$

اصل ارشمیدس

وقت نام با قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فرو رود، نیروی رو به بالا به اندازه وزن شاره جایه‌جا شده توسط جسم، به جسم وارد می‌شود.



لکن: چون فشار شاره در قسمت‌های عمودی بین هشتاد است، نیروی که از طرف شاره به

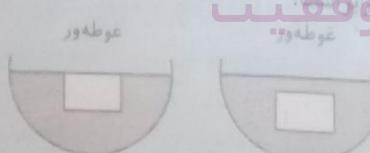
بخش‌های عمیق‌تر وارد می‌شود، بیشتر است؛ در نتیجه نیروی بالاسوی خالصی به

جسم وارد شده که با وزن شاره جایه‌جا شده برابر است.

$$F_2 > F_1$$

نیروی شناوری: به نیروی بالاسوی خالص که به جسم درون شاره وارد شده و با وزن شاره جایه‌جا شده برابر است، «نیروی شناوری» می‌گویند و آن را  $F_b$  نیز می‌دانند.

لکن: اگر جسم در شاره غوطه‌ور ماند، نیروی شناوری که در شاره ماند شده باشد، نیز ماند.



$$V_{\text{شاره جایه‌جا شده}} = V_{\text{جسم}}$$

لکن: اگر جسم بروی شاره شناور باشد، حجم جسم بیشتر از حجم شاره جایه‌جا شده است.

$$V_{\text{شاره جایه‌جا شده}} > V_{\text{جسم}}$$



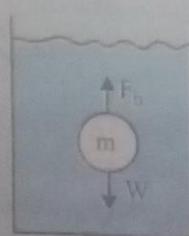
لکن: بروای جسمی که درون یک شاره قرار دارد، اگر نیروی شناوری بیشتر از وزن جسم باشد، جسم در شاره بالا آمد و شناور می‌ماند.

$$F_b > W_{\text{جسم}}$$

اگر نیروی شناوری برابر با وزن جسم باشد، جسم در شاره غوطه‌ور می‌ماند.

$$F_b = W_{\text{جسم}}$$

غوطه‌ور



اگر نیروی شناوری کمتر از وزن جسم باشد، جسم در شاره فرو رفت.

$$F_b < W_{\text{جسم}}$$

فرو رفت

اصل برونوی: در مسیر حرکت شاره فشار داخل یک شاره با افزایش تندی شاره، کاهش می‌یابد.

نکته: طبق اصل برونوی فشار و تندی یک شاره نسبت عکس دارند.

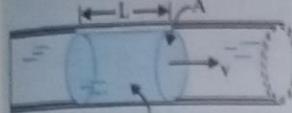
نکته: به جریانی که در آن سرعت همه ذراتی که از نقطه معینی می‌گذرند،

ثابت باشد، جریان پایا می‌گویند.

نکته: اصل برونوی بر طبق این فرضیات است:

۱- شاره تراکم ناپذیر است. ۲- هنگام حرکت شاره اما اتفاق انرژی وجود ندارد. ۳- حرکت شاره پایا است (متلاطم نیست).

آنچه جریان شاره: نسبت حجم شاره جایه‌جا شده به زمان را، آهنگ جریان شاره می‌گویند. اگر سطح مقطع لوله را با  $A$  و حجم شاره‌ای که در زمان  $t$  از این سطح مقطع عبور می‌کند را با  $AL$  نشان دهیم، آهنگ جریان شاره از طریق رابطه زیر بدست می‌آید:



$$\text{آنچه جریان شاره} = \frac{\text{حجم شاره}}{\text{زمان}} = \frac{AL}{t} = A \frac{L}{t} = A v$$

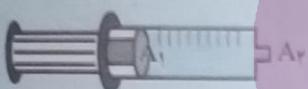
حجم این بخش از شاره برابر  $AL$  است.

نکته: نسبت سافت به زمان ( $\frac{L}{t}$ ) در حرکت یکنواخت شاره برابر تندی شاره ( $v$ ) است.

معادله پیوستگی: در شاره تراکم ناپذیر، آهنگ حرکت شاره در سطح مقطع‌های متقاضی پیوستگی است.

مثال: سطح مقطع یک سرینگ پر از آب  $4\text{cm}^2$  و سطح مقطع دهانه خروجی آن  $3\text{mm}^2$  است. اگر سرینگ با تندی

$$1/5 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$



$$A_1 = 4\text{cm}^2, v_1 = 1/5 \frac{\text{cm}}{\text{s}},$$

$$A_2 = 3\text{mm}^2 = 3 \times 10^{-2} \text{cm}^2, v_2 = ?$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow 4 \times 1/5 = 3 \times 10^{-2} \times v_2 \rightarrow v_2 = \frac{1/5}{3 \times 10^{-2}} = 1/5 \times 10^2 = 150 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 1/5 \text{m}$$

نکته: در معادله پیوستگی باید یکاهای  $A$  و  $v$  در دو طرف معادله یکسان باشند.

مثال: یک لوله آبری با قطر داخلی  $2\text{cm}$  به یک آپاش که سرن  $5\text{mm}$  روزه با قطر  $2\text{mm}$  دارد وصل شده است. اگر تندی آب

$$\text{در لوله } \frac{cm}{s} \text{ باشد، تندی آب در زمان خروج را آپاش چندراست? } (\pi = 3)$$

$$\text{سطح مقطع لوله} = \pi r^2 = 3 \times 1^2 = 3\text{cm}^2 \rightarrow A_1 = 3\text{cm}^2 \rightarrow r_1 = 1\text{cm} \rightarrow L = 2\text{cm}$$

$$\text{سطح مقطع لوله} = \pi r^2 = 3 \times 10^{-2} \text{cm}^2 \rightarrow A_2 = 3 \times 10^{-2} \text{cm}^2 \rightarrow r_2 = 0.1\text{mm} = 1 \times 10^{-4} \text{cm} \rightarrow r_{r_2} = 3 \times (1 \times 10^{-4})^2 = 3 \times 10^{-8} \text{cm}^2$$

$$\text{سطح مقطع هر روزه} = A \cdot t = 3 \times 10^{-8} \text{cm}^2 \cdot 24 \text{h} = 7.2 \times 10^{-7} \text{cm}^3$$

$$\text{مساحت روزه} = 150 \times 3 \times 10^{-7} \text{cm}^3 = 4.5 \times 10^{-6} \text{cm}^3$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow 3 \times 90 = 3 \times 10^{-4} \times v_2$$

$$\rightarrow v_2 = \frac{3 \times 90}{3 \times 10^{-4}} = \frac{270}{10^{-4}} = 1/10 \times 10^4 = 18000 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 180 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

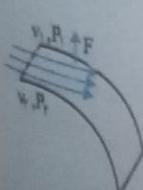
کاربردهایی از اصل برونوی

۱- چرا وقتی سطح بالائی یک ورق کاغذ را فوت می‌کنیم، ورق کاغذ به سمت بالا حرکت می‌کند؟

با فوت کردن، هوای بالای کاغذ سریع تر جریان می‌یابد و بنا به اصل برونوی فشار آن

کاهش می‌یابد. در نتیجه فشار هوای سطح زیرین که بیشتر است کاغذ را به طرف بالا

حرکت می‌دهد.



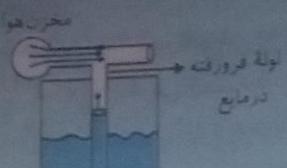
۲- نیروی بالابر وارد بر هواییما در حین حرکت چگونه ایجاد می‌شود؟

طراحی بال هواییما به گونه‌ای است که تندی هوای در بالای بال بیشتر از زیر آن است.

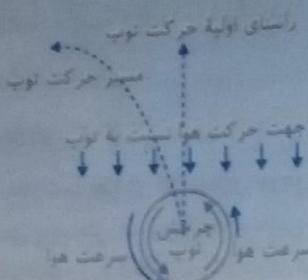
در نتیجه فشار هوای بالای بال کمتر از فشار هوای زیر آن شده و نیروی بالابر خالصی به

بال هواییما وارد می‌شود.

$$v_1 > v_2 \rightarrow P_1 < P_2$$



این سمعان معمولی یا شیشه عطر چگونه کار می کند؟  
و از این مخزن هوا پا اهرم، جریان سریع هوا در بالای لوله فرورفته در مابین ایجاد و  
کاهش فشار های بالای لوله می شود، بنابراین شاره در لوله بالا آمده و با  
جزئی هوا مخلوط و از طریق روزنه به بیرون پاشیده می شود.



۱-۳ حرکت گات دار توب فوتیال چگونه ایجاد می شود؟  
برهک گات دار ضربه پا به گونه ای به توب وارد می شود که توب در حین جلو رفت  
درین چهت خاص می چرخد، چرخش توب باعث چرخش های اطراف توب شده و  
بنی هوا در یک سمت توب بیشتر از سمت دیگر می شود در نتیجه طبق اصل برنولی  
بنی دو طرف توب در حین حرکت اختلاف فشار ایجاد شده و توب به یک سمت  
سnel می گردد. با کاهش سرعت چرخش توب در طول حرکت اختلاف فشار  
کاهش، توب پس از طی مسیری خمیده، به راستای اولیه خود باز می گردد.

۴۲

علم زنی یکی از هنرهای صنعتی ایران و با قدمنش چندین هزار ساله است. تحقیق کنید صنعتگران قلم زن، چگونه از هنر  
و سلت شدن قیر کمک می کنند تا بدون سوراخ شدن فلز، بروی آن نقش و نگارهای متنوعی ایجاد کنند.  
صنعتگران برای تنظیم گودی و برجستگی های ایجاد شده بر روی فلز و جلوگیری از سوراخ شدن سطح فلز با هربات چکش، قیر  
را گرمادان شل کرده و داخل ٹلووف کار خود می ریزند تا سطح داخلی آن را به طور کامل بپوشاند. هر چه قیر داغ تر باشد فلز در  
بنی ضربه بیشتر فرو می رود. از قیر سفت شده نیز برای استحکام بخش و جلوگیری از فرو رفتن بیش از حد سطح و شکستن فلز  
در برای ضربه و همچنین کاهش سروحدا استفاده می کنند. در برخی از موارد نیزیه قیر گچ اضافه می کنند. تا ثرد و شکنده شده  
و بعد از کار به آسانی از سطح جدا شود.

۴۳

بک سرنگ، مثلاً سس اختیار کنید. پسستون آن را بگشید تا هوا وارد سرنگ شود، انگشت خود را محکم روی دهانه  
طروحی سرنگ قرار دهید و تا جایی که می توانید پیستون را حرکت دهید تا های درون سرنگ متراکم شود. هوا درون  
سرنگ را خالی و آن را تا نیمه از آب پر کنید. مامسدود نمودن انتهای سرنگ سعی کنید تا جایی که ممکن است مایع درون  
آن را متراکم کنید. از این آزمایش ساده چه نتیجه ای در مورد تراکم پذیری گازها و مایعها می گیرید؟ توضیح دهید. چون  
ناقصه بین مولکولی در مایع ها کم است (تقریباً به اندازه جامدات است)، نیروی دافعه بین مولکولی اجراه نمی دهد که این فاصله را  
ازد کردن فشار کاهش داد. ولی در گازها فاصله بین مولکول ها بسیار زیاد است. بنابراین مولکول های گاز را می توان تحت فشار به  
بکیگر نزدیک و متراکم کرد. در نتیجه می توانیم بگوییم مایع ها تراکم نپذیر و گازها تراکم پذیرند.

۴۴

ا) وقتی در شیشه عطری را در گوشه ای از اتاق باز می کنید، پس از چند ثانیه ذرات عطر در همه جای اتاق پخش و  
لای آن حس می شود. با توجه به شکل رویه رو این پدیده را چگونه توجیه می کنید؟ چرا پدیده پخش در گازها سریع تر  
از مایع ها رخ می دهد؟ حرکت نامنظم و کاتورهای مولکول های عطر و هوا در فضای اتاق و برخورد آنها با یکدیگر و اتحاد  
سپریمان باعث پراکنده شدن این مولکول ها در فضای اتاق می شود. حرکت مولکول ها در گازها سریع تر از مایع ها است بنابراین  
پدیده پخش در گازها با سرعت بیشتری رخ می دهد.

ب) هوا اطراف کره زمین، آمیزه ای از نیتروژن (۷۸ درصد)، اکسیژن (۲۱ درصد)، کربن دی اکسید، بخار آب و مقدار کمی  
گازهای ایثر (کربنیتون، نتون و هلیوم) است. این مولکول ها به طور کاتورهای و با تندی زیاد همواره در حرکت اند. برخورد  
مولکول های هوا به یکدیگر سبب پخش آنها می شود. اهمیت این پدیده را برای حیات روی کره زمین توضیح دهید.  
اکسیژن تولید شده توسط گیاهان در جنگل ها طی فرآیند پخش و با وزش بادها در سراسر کره زمین پراکنده می شود. همچنین کربن  
دی اکسید و گازهای مضر تولید شده توسط ماشین آلات و کارخانه ها با فرآیند پخش پراکنده و در محل تولید باقی نمی ماند.

۶۶

### تمرین ۱-۳

در مکعبی به ابعاد یک نانومتر، چه تعداد اتم را می‌توان جای داد؟ اگر ابعاد مکعب  $10^{-9}$  نانومتر باشد چطور؟ قطره اتم را  $10^{-10} \times 10^{-10} \text{ m}$  فرض کنید. تعداد اتم‌هایی که در هر یک از ابعاد طول و عرض و ارتفاع این مکعب جای می‌گیرند برابر است با:

$$\frac{10^{-9}}{10^{-10} \times 10^{-10} \text{ m}} = \frac{1 \times 10^{-9}}{1 \times 10^{-10} \text{ m}} = 10$$

بنابراین تعداد کل اتم‌هایی که در این مکعب جای می‌گیرند برابر است با:  $10 \times 10 \times 10 = 10^3$  تعداد کل اتم‌ها اگر ابعاد مکعب  $10 \text{ nm}$  (۱۰ برابر) شود تعداد اتم‌هایی که در هر یک از ابعاد طول و عرض و ارتفاع این مکعب جای می‌گیرند  $10^6$  است: تعداد کل اتم‌ها می‌شود بنابراین:

۶۷

### پرسش ۲-۳

به نظر شما چرا در کتاب‌های مرجع دمای ذوب طلا را  $1064^\circ\text{C}$  ذکر کرده‌اند؟ زیرا این دمای ذوب برای تمام کاربردهای علمی و صنعتی صحیح است و تمامی قطعه‌هایی از طلا که می‌توان آنها را با چشم دید در این دما ذوب می‌شوند. اما در مقایسه نانو، هرچه ذره کوچک‌تر باشد دمای ذوب کمتری دارد بنابراین نمی‌توان دمای ذوب ثابتی را برای طلا در نظر گرفت.

۶۸

### فعالیت ۳-۳

علوم و فناوری نانو دستاوردهای فراوانی در عرصه‌های مختلف، از جمله: پزشکی و داروسازی، رایانه‌ها، ذخیره‌سازی داده‌ها و گوششای تلفن همراه، صنایع هوایپیماسازی و خودروسازی، پوشاس و خوردانی‌ها و ... داشته است، تأثیر علوم نانو را در یکی از این حوزه‌های در گروه خود، به عنوان موضوع تحقیق انتخاب کرده و نتیجه تحقیق را به کلاس ارائه دهید. دانش آموزان عزیز می‌توانند با مراجعته به سایت [www.nano.ir](http://www.nano.ir) و جستجوی شماره‌های مختلف ماهنامه «فن آوری نانو»، آخرين پيشرخت‌های اين فناوری در علوم مختلف آشنا شوند.

۶۶

۶۹

### پرسش ۳-۳

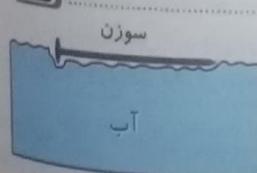
وقتی شیشه می‌شکند با نزدیک کردن قطعه‌های آن به هم نمی‌توان اجزای شیشه را دوباره به هم چسباند؛ ولی اگر قطعه‌های شیشه را آنقدر گرم کنیم که نرم شوند می‌توان آنها را به هم چسباند. این پدیده‌ها را با توجه به کوتاهی بودن نیروهای بین مولکولی توجیه کنید.

چون نیروهای بین مولکولی کوتاه برد هستند با نزدیک کردن قطعات شیشه نمی‌توان آنها را در فاصله بین مولکولی یکدیگر فراز داده و به هم چسباند ولی بعد از گرم کردن شیشه و اتصال آنها به هم، جنبش بین مولکول‌ها باعث قرار گرفتن آنها در فاصله‌های بین مولکولی شده و جاذبه بین مولکول‌ها سبب اتصال دوباره قطعات به یکدیگر می‌شود.

۷۰

### فعالیت ۴-۳

الف) سعی کنید یک سوزن ته گرد یا گیره کاغذ را مطابق شکل روی سطح آب شناور کنید. برای این منظور می‌توانید از یک تکه دستمال کاغذی استفاده کنید.  
ب) پس از شناور شدن سوزن یا گیره، سطح آب را به دقت مشاهده کنید و مشاهدات خود را به کلاس گزارش دهید.



سوزن یا گیره در محل تماس با سطح آب سطح آب مانع از فرو رفتن جسم در آب می‌شود. سطحی ناشی از هم‌چسبی مولکول‌های سطح آب شناور بوده و به زیر آب نمی‌رود. (کشش پ) اکنون یک دو قطره شوینده را به آرامی به آب درون ظرف بیفزاویید. مشاهدات خود را به کلاس گزارش کنید. دلیلی برای آن ارائه دهید. با افزودن مایع خلرفسویی سوزن یا گیره در آب فرو می‌رود. زیرا مایع خلرفسویی نیروی هم‌چشم مولکول‌های سطح آب و در نتیجه کشش سطحی آن را کاهش می‌دهد.

### ایستگاه یادگیری

کشش سطح جیوه حدود  $6/5$  برابر آب و آب حدود  $3$  برابر آب صابون و آب صابون حدود  $2$  برابر آنکه یا بزرگ است. همان‌طوری سریع تغییرشود کشش سطح آن ضعیف‌تر است.



## ۴-۳ پرسش

شکل رو به رو خروج قطره های روغن با دمای متفاوت را از دهانه دو قطره چکان نشان می دهد.

(الف) توضیح دهید در کدام شکل دمای قطره های روغن کمتر است.

در شکل سمت چپ - زیرا هر قدر روغن سردتر باشد نیروی هم چسبی آن قوی تر است و در زمان جدا شدن از قطره چکان قطرات بزرگ تری را تشکیل می دهد. (با قوی ترشدن نیروی هم چسبی، قطره برای فروافتادن و غلبه بر این نیرو باید جرم بیشتری داشته باشد.)

(ب) افزایش دما چه تأثیری بر نیروی هم چسبی مولکول های یک مایع می گذارد؟

افزایش دما باعث افزایش جنبش مولکولی و در نتیجه ضعیف تر شدن نیروی هم چسبی مولکول های یک مایع می شود.

(ب) چرا هنگام شستن ظروف، افزون بر استفاده از مایع ظرف شویی، ترجیح می دهیم از آب گرم نیز استفاده کنیم؟

گرما باعث افزایش جنبش مولکولی و در نتیجه غلبه بر نیروی دگرچسبی چربی ها و ظروف شده و ظروف راحت تر شسته می شوند.

## ۵-۱ فعالیت

یک طرف یک تکه شیشه کوچک (با ابعادی حدود ۱۰cm در ۱۰cm) را کمی بالاتر از شعله یک شمع بگیرید تا سطح شیشه به طور کامل دود انداود شود. شیشه را از طرف تمیز آن روی سطح افقی قرار دهید و سپس روی سطح دود آندود شده آن چند قطره آب بریزید. آنچه را مشاهده می کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید. چون نیروی هم چسبی بین مولکول های آب از نیروی دگرچسبی مولکول های آب و دوده بیشتر است آب دوده را تر نمی کند و قطرات آب بر روی دوده به شکل کروی باقی می مانند و به صورت قطره های کوچک روی سطح شیشه قرار می گیرد. بار دیگر سطح شیشه را به جای دود آندود کردن، با روغن چرب کنید و آزمایش را تکرار کنید. مشاهده خود را توضیح دهید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید. (پس از بحث کافی در خصوص این فعالیت، دوباره به تصویر و پرسش شروع فصل باز گردید و پاسخی قانع کننده ارائه دهید).

چون نیروی هم چسبی بین مولکول های آب از نیروی دگرچسبی بین مولکول های آب و روغن بیشتر است آب بر سطح شیشه چرب شده با روغن پخش نمی شود و به صورت قطره های کوچک روی سطح شیشه قرار می گیرد.

## ۶-۱ فعالیت

این فعالیت به شما کمک می کند تا در گرفته از نیروی دگرچسبی به دست آورید. به این منظور از یک لیوان پر از آب، یک کارت باتکی و تعدادی وزنه چند گرمی یا سکه های پول استفاده کنید. اینها مطابق شکل الف، کارت را طوری روی لبه لیوان قرار دهید که تنها نیمی از آن با آب در تماس باشد. وزنه های چند گرمی را روی قسمت از کارت قرار دهید که با آب در تماس نیست (اینها وزنه ۵ گرمی، سپس ۱۰ گرمی و ...). تیغه مشاهده خود را با توجه به مفاهیمی که تاکنون فراگرفته اید توضیح دهید.

چون نیروی دگرچسبی آب و کارت بشتر از نیروی هم چسبی بین مولکول های آب است با افزودن وزنه ها در یک سمت کارت، سوی دیگر علاوه بر اینکه از سطح اولیه خود بالاتر می اید سطح آب در تماس با خود را نیز بالا می برد. بنا بر این کارت از سطح آب جدا نمی شود با افزایش تعداد وزنه ها، نیروی وزن آنها بر نیروی دگرچسبی آب و کارت غلبه کرده و کارت از سطح آب جدا می گردد. یکی دو قطره مایع شوینده به آب اضافه کنید و آزمایش را تکرار کنید. نتیجه مشاهده خود را در گروه خود به بحث بگذارید. با افزودن مایع ظرفشویی به آب، نیروی دگرچسبی کاهش یافته و کارت با قرار دادن وزنه ها به راحتی از سطح آب جدا می شود.

## ۷-۱ فعالیت

در ساختن دیوارهای ساختمان باید اثر مویینگ در نظر گرفته شود، زیرا تراویش آب از منفذهای مویین در این دیوارها ممکن است باشد. معمولاً با مواد ناتراوا (مانند قیر) می پوشانند.

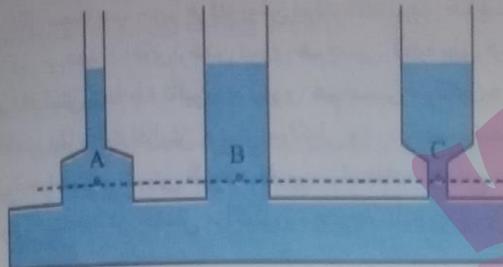
تحقیق کنید در معماری سنتی ایران به جای قیر آندود کردن، چگونه از نفوذ آب به داخل سازه ها جلوگیری می کردند. در نواحی بسیار مرطوب کرانه های نزدیک دریا خانه ها بر روی پایه های چوبی بنا می شد، شب بندی مناسب باهم نیز از عوامل مؤثر در جلوگیری از نفوذ آب بوده است. استفاده از کاهگل و روغن به عنوان آندود بر روی کاهگل ها، ملات های آهکی و ملات قیر چارو (ساروچ گچ) که ترکیبی از گچ، گل رس، شیره سوخته انگور یا خرما، خاکستر و مواد الیافی (امفر و پرزهای نوعی نی) است از جمله عایق های رطوبتی معماری سنتی ایران بوده است. (به طور کلی موادی که نیروی دگرچسبی آنها با آب کمتر از نیروی هم چسبی مولکول های آب باشند ناتراوا بوده و عایق های رطوبتی خوبی هستند).

الف) آموان خلیل رشته تحریر برای مطالعه آموزن پایان دی ماه به اتفاقی کتاب قسمت فلزیک کتاب، قسمت آموزن پایان مراجعت نمایید.



## پرسش ۵-۳

در علوم سال نهم دیدید که فشار در نقاط هم تراز یک مایع ساکن مانند نقاط A، B و C در شکل یکسان است و به شکل ظرف پستگی ندارد. این موضوع را با رابطه ۳-۳ توضیح دهید.



طبق رابطه  $P = P_0 + \rho gh$  عوامل مؤثر بر فشار یک مایع عبارتند از: فشار در سطح مایع، چگالی مایع، عمق مایع و شتاب گرانشی. چون همه این عوامل در نقاط A، B و C یکسان است، فشار در این نقاط نیز با هم برابر است.

## ۷۶

شناگری در عمق ۵/۰ از سطح آب در راههای شنا می‌گذرد. فشار کل در این عمق چقدر است؟  
اگر مساحت پرده گوش را یک سانتی‌متر مربع ( $1\text{ cm}^2$ ) فرض کنیم، بزرگ نیروی که به پرده گوش این شناگر وارد می‌شود چند نیوتون است؟ فشار هوای محیط را  $1\times 10^5 \text{ Pa}$  بگیرید.

$$P_{\text{آب}} = 1 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \quad P_0 = 1/10 \times 10^5 \text{ Pa} = 10/1 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$A = 1\text{ cm}^2 = 1 \times 10^{-4} \text{ m}^2, \quad h = 5\text{m}$$

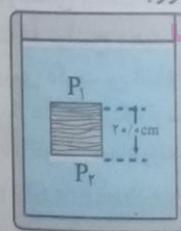
$$\text{فشار شاره در عمق ۵ متری} = P_{\text{شاره}} = 5 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$P = P_0 + \rho gh = P_0 + P_{\text{شاره}} = 10/1 \times 10^3 + 5 \times 10^3 = 15/1 \times 10^3 \text{ Pa} \rightarrow P = 15/1 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$F = PA = 15/1 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-4} = 15/1 \text{ N} \rightarrow F = 15/1 \text{ N}$$

## ۷۶

جسم مکعبی به طول ضلع  $2\text{ cm}$  درون شاره‌ای غوطه‌ور در حال تعادل است (شکل رو به رو). فشار در بالا و زیر جسم به ترتیب  $105/0$  و  $106/8$  کیلوپاسکال است. چگالی شاره چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟ (راهنمایی: از رابطه ۳-۳ استفاده کنید).



$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \quad \rho = ?$$

$$P_1 = 105 \text{ kPa} = 105 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 106/8 \text{ kPa} = 106/8 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$P_2 = P_1 + \rho gh$$

$$106/8 \times 10^3 = 105 \times 10^3 + \rho \times 10 \times 0/2 \rightarrow 106/8 \times 10^3 - 105 \times 10^3 = 2\rho \rightarrow 1/8 \times 10^3 = 2\rho$$

$$\rho = \frac{1/8 \times 10^3}{2} = 0.9 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow \rho = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

## ۷۷

در هواشناسی و روی نقشه‌های آب و هوا، معمولاً از یکای بار (bar) برای فشار هوا استفاده می‌کنند. به طوری که داریم:  $1\text{ bar} = 1/1000 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 1/1000 \times 10^5 \text{ Pa}$

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

$$A = 1\text{ m}^2, \quad P_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}, \quad g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \quad m = ?$$

## تمرين ۴-۳

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

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

$$A = 1\text{ m}^2, \quad P_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}, \quad g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \quad m = ?$$

بیرونی که ستون هوا به سطح مقطع وارد می کند برابر است با:

$$P_i = \frac{F}{A} \rightarrow F = P_i A = 1 \times 10^5 \times 1 = 1 \times 10^5 N \rightarrow F = 1 \times 10^5 N$$

این نیرو برابر وزن هوا در داخل ستون است بنابراین:  $F = mg \rightarrow m = \frac{F}{g} = \frac{1 \times 10^5}{10} = 1 \times 10^4 kg \rightarrow m = 10000 kg$

باوجه به شکل ۱۸-۳ ب، چند درصد این جرم تا ارتفاع ۹ کیلومتری این ستون فشار هوا ۳۰ KPa است.

طبق نمودار در ارتفاع ۹ کیلومتری از سطح زمین فشار هوا ۳۰ KPa است. لذا جرم ستون هوا را از ارتفاع ۹ کیلومتری تا انتهای جو محاسبه می کنیم:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA = 30 \times 10^3 \times 1 = 3 \times 10^4 N \rightarrow F = 3 \times 10^4 N$$

$$F = mg \Rightarrow m = \frac{F}{g} = \frac{3 \times 10^4}{10} = 3 \times 10^3 = 3000 kg \Rightarrow m = 3000 kg$$

بنابراین جرم ستون هوا از سطح زمین تا ارتفاع ۹ کیلومتری برابر است با:

$$\frac{7000}{10000 - 3000} = \frac{x}{100} \Rightarrow x = \frac{100 \times 7000}{10000} = 70\%$$

۷۸

### پرسش ۶-۳

(الف) توضیح دهد چرا توریچلی در آزمایش خود ترجیح داد به جای آب از جیوه استفاده کند؟ (ممکن است شکل الف بتواند در پاسخ به این پرسش به شما کمک کند). چون چگالی جیوه بسیار بیشتر از چگالی آب است، ارتفاع ستون جیوه در آزمایش بسیار کمتر از ارتفاع ستون آب می شود. بنابراین انجام آزمایش و اندازه گیری ارتفاع راحت تر است.

(ب) برای لوله های غیرموبین، اگر سطح مقطع و طول لوله ها مقاومت باشد، ارتفاع ستون جیوه تغییر نمی کند (شکل

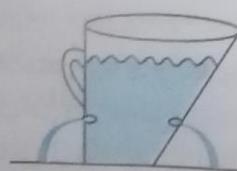
ب) علت را توضیح دهد. با توجه به رابطه  $h = \frac{P_0}{\rho g}$  ارتفاع ستون جیوه از رابطه  $P = \rho gh$  به دست می آید، چون  $P_0$  و

$\rho$  و در همه لوله ها ثابت هستند پس ارتفاع  $h$  بیز مقادیر ثابت است. (پ) در قلم خودکار، جوهر از طریق یک لوله وارد نوک قلم شده و در آنجا توسط یک گوی فلزی ضد زنگ غلتان، روی ورقه کاغذ پخش می شود. در بدنه لاکر یا در پوش بالای این نوع قلم های خودکار، سوراخ ریزی ایجاد می کنند (شکل پ). دلیل این کار را توضیح دهد. فشار هوا از طریق این روزنه به سطح جوهر وارد و جوهر را به سمت گوی غلتان می فشارد.

## توشه ای برای موفقیت

تمرین ۸-۳

آزمایش طراحی و سپس اجرا کنید که به کمک آن بتوان نشان داد فشار در یک عمق معین از مایع به جهت گیری سطحی که فشار به آن وارد می شود بستگی ندارد.



ظرفی را مطابق شکل مقابل در نظر می گیریم و دو روزنے در محل های مشخص شده و با عمق های یکسان بر روی بدنه آن ایجاد می کنیم. اگر ظرف را از آب پر کرده و روزنے ها را باز کنیم، شدت خروج آب در هر دو روزنے برابر است. بنابراین فشار وارد شده از طرف مایع در هر دو نقطه یکسان است. (برای پی بردن به درستی این ادعا اگر آب خروجی از روزنے ها را جمع آوری کرده و مقایسه کنیم، مشاهده کنیم که حجم آب خروجی از دو روزنے برابر است).

۸۰

تمرین ۵-۳

شکل روبه رو یک کیسه پلاستیکی حاوی محلول رانشان می دهد که در حال تزریق به یک بیمار است. سوزن سرنگ را به قسمت خالی از مایع بالای این کیسه وارد می کنند طوری که فشار هوا در این بخش از کیسه همواره با فشار بیرون برابر بماند. اگر فشار پیمانه ای در سیاهرگ  $h$  چقدر باشد تا محلول در سیاهرگ نفوذ کند؟ چگالی محلول را  $45 kg/m^3$  میگیرید.

در ارتفاع کمینه فشار پیمانه ای سیاهرگ برابر با  $P_{سیاهرگ} = \rho gh$  می باشد. سیاهرگ می باشد تا محلول برابر باشد.

۸۱

### فعالیت ۹-۳

- ۱ درون یک ظرف مقداری آب پریزید. یک فویل آلومینیم به ابعاد تقریبی  $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$  اختیار کنید و آن را مجاله کنید پیش بینی کنید. با قرار دادن فویل مجاله شده روی سطح آب، چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را انجام دهید.

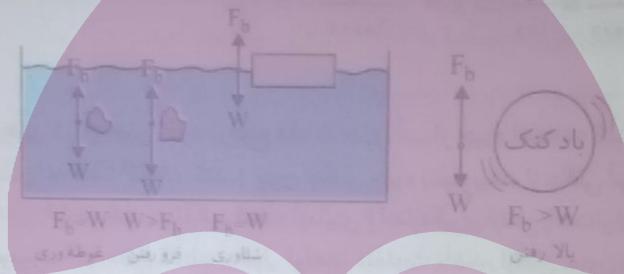
فویل مجاله شده برروی آب شناور می‌ماند.

اگر فویل مجاله شده را آن قدر فشار دهید تا تقریباً مشابه یک قوب کروی شود. اگر این توب آلومینیم را روی سطح آب قرار دهید، پیش بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را انجام دهید. در این حالت فویل مجاله شده در آب فرو می‌رود. از این آزمایش نتیجه می‌گیریم شناور شدن یا فرورفتن جسم در یک مایع به جرم جسم بستگی نداشته باشد که به چگالی جسم وابسته است. اگر چگالی جسم کمتر از چگالی مایع باشد، جسم برروی مایع شناور می‌ماند و اگر چگالی جسم بیشتر از چگالی مایع باشد، جسم در مایع فرو می‌رود.

۸۱

### پرسش ۷-۳

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



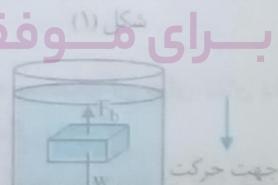
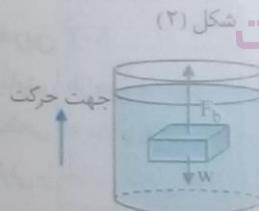
۸۲

### پرسش ۸-۳

- ۱- در شکل (الف) نیروهای وارد بردو جسم با حجم بکسان و چگالی متفاوت نشان داده است که در شاره‌ای ساکن قرار دارند. جهت حرکت دو جسم را روی شکل تعیین کنید. هجده من چگالی مر جسم را با چگالی آب مقایسه کنید.  
در شکل (۱) چون نیروی وزن بیشتر از نیروی شناوری ( $F_b$ ) است، جسم به سمت پائین فرو می‌رود و در شکل (۲) چون نیروی شناوری ( $F_b$ ) بیشتر از نیروی وزن است جسم در مایع بالا می‌رود.

# ایران توشه

## توشه‌ای برای موفقیت

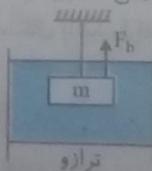


در شکل (۱) چون جسم داخل آب فرو می‌رود چگالی آن بیشتر از آب است و در شکل (۲) چون جسم به سمت بالا می‌رود چگالی آن کمتر از آب است.

- ۲- شکل (ب) ظرفی محتوی آب را نشان می‌دهد که روی یک ترازوی عقربه‌ای قرار دارد. شخص انگشت خود را وارد آب می‌کند. توضیح دهید عقربه ترازو چه تغییری می‌کند. ترازو عدد بیشتری را در این حالت نشان می‌دهد. چون انگشت داخل آب قرار دارد طبق اصل ارشمیدس آب به انگشت نیروی بالاسویی وارد می‌کند ( $F_b$ ) و مطابق قانون سوم نیوتون انگشت نیز نیرویی در خلاف جهت و رو به پایین به آب وارد می‌کند. در نتیجه نیروی خالصی که از طرف آب به ترازو وارد می‌شود افزایش یافته و ترازو عدد بیشتری را نشان می‌دهد.

### ایستگاه یادگیری

اگر جسم را به رسمانی هاتصل و آن را در آب شناور گذرم نیروی که آب به نه طرف وارد می‌کند افزایش می‌یابد.



۴. جرم قطعه‌های آهنی در شکل (پ) با یکدیگر برابر است. دریافت خود را از این شکل بیان کنید. برای دو جسم با هرم پیکان جسمی که حجم بیشتری دارد چون در زمان قرار گرفتن در مایع، حجم بیشتری از مایع را جابه جا می‌کند طبق اصل زیمبارس نیروی شناوری وارد برآن بیشتر است. اگر نیروی شناوری بیشتر از وزن جسم باشد، جسم بر روی مایع شناور می‌ماند و اگر نیروی شناوری کمتر از وزن جسم باشد جسم در مایع فرو می‌رود.

۴. توضیح دهید چرا یک کشتی هواپی که با گاز هلیم (که چگالی آن کمتر از چگالی هو است) پرشده است نمی‌تواند به طور نامحدود به بالا رفتن ادامه دهد. چون چگالی هلیم کمتر از چگالی هوا است کششی هواپی در هوا به سمت بالا حرکت می‌کند. با افزایش ارتفاع، هوا ریقق ترشده و چگالی آن کمتر می‌شود تا در ارتفاع معینی چگالی کشتی و چگالی هوا برابر می‌شود، درنتیجه کشتی در هوا غوطه ورمی ماند.

### ۱۰-۳ فعالیت

ب) 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). پیش‌بینی کنید در کدام تجربه، چوب بیشتر در آب فرو می‌رود؟ آزمایش را انجام دهید. پیش‌بینی و نتایج مشاهده (آزمایش) خود را در گروه‌تان به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید. اگر وزنه بر روی چوب قرار گیرد چوب بیشتر در آب فرو می‌رود؛ زیرا اگر وزنه را از زیر چوب آویزان کنیم، نیروی شناوری وارد بر وزنه نیروی خالص را کاهش داده و باعث می‌شود چوب کمتر در آب فرو رود.

### ۹-۳ پرسش

الف) شیر آبی را کمی باز کنید و آب به آرامی جریان یابد، مشاهده می‌شود که باریکه آب با نزدیک‌تر شدن به زمین، باریک‌تر می‌شود (شکل روبه رو). دلیل این پدیده را با توجه به معادله پیوستگی توضیح دهید.

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

معادله پیوستگی را می‌توان بصورت مقابله نوشت:

طبق معادله پیوستگی سطح مقطع و تندی شاره نسبت عکس دارند.

چون با نزدیک‌تر شدن باریکه آب به زمین تندی آن افزایش می‌یابد، طبق معادله پیوستگی سطح مقطع آن کاهش خواهد یافت.

### ۱۱-۳ فعالیت

الف) یک نی نوشابه را به طور عمودی درون ظرفی محتوی آب قرار دهید به طوری که تنی با کف ظرف آب در تماس نباشد. مطابق شکل الف، درون یک نی افقی به گونه‌ای بدینید که جریان هوای خروجی درست از بالای سرنی عمودی بگذرد. مشاهده خود را گزارش کنید و دلیل آن را به کمک اصل برنولی توضیح دهید. با دینی افقی سطح آب در نی عمودی بالا می‌آید. زیرا با افزایش تندی جریان هوا در بالای نی طبق اصل برنولی فشار هوای بالای نی کاهش یافته و اختلاف فشار هوای بیرون و هوای بالای نی باعث بالا آمدن آب در نی می‌شود.

ب) این فعالیت را می‌توانید در ظرف شویی آشپرخانه منزلتان یا یک تشت بزرگ در حیاط مدرسه انجام دهید. مطابق شکل یک چفت قایق اسباب بازی را روی سطح آب قرار داده و شل کنار هم بینندید. سپس جریانی از آب را بین آنها برقرار کنید. به حرکت قایق‌ها نسبت به یکدیگر توجه کنید (شکل ب). با توجه به اصل برنولی توضیح دهید چرا قایق‌ها به طرف هم کشیده می‌شوند. با افزایش تندی جریان آب بین قایق‌ها، فشار آب در بین آنها کاهش یافته و اختلاف فشار آب ایجاد شده بین دو طرف قایق‌ها باعث کشیده شدن آن‌ها به سمت هم می‌شود.

### ۱۰-۳ پرسش

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

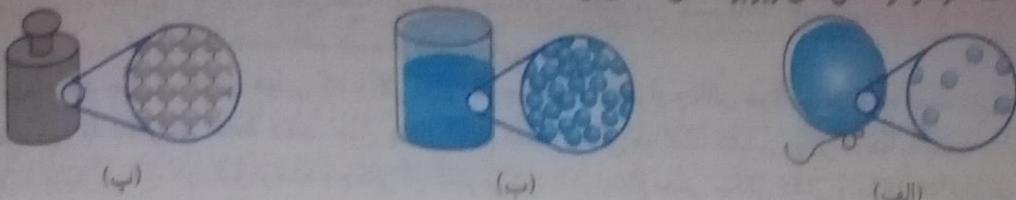
با وزش باد، فشار هوای بالای سطح آب کاهش یافته و در نتیجه امواج می‌توانند تا ارتفاع بیشتری بالا بیایند.

ب) شکل روبه رو کامیون را در دو وضعیت سکون و در حال حرکت نشان می‌دهد. با استفاده از اصل برنولی توضیح دهید چرا وقق کامیون در حال حرکت است پوشش برزنی آن پُف می‌کند؟

با حرکت کامیون، تندی جریان هوا در بالای پوشش برزنی افزایش یافته و طبق اصل برنولی فشار هوا در آن قسمت کاهش می‌یابد، درنتیجه اختلاف فشار هوای داخل و بیرون پوشش برزنی باعث پُف کردن آن می‌شود.

### پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۳

۱- دریافت خود را از شکل‌های زیر براساس مفاهیمی که از سه حالت معمول ماده فراگرفته‌اید بیان کنید.



(الف) در گارها فاصله بین مولکول‌ها بسیار زیاد و مولکول‌ها نسبت به هم در وضعیت نامنظم قرار دارند.

(ب) در مایعات فاصله بین مولکول‌ها کم و مولکول‌ها به صورت نامنظم در گنار یکدیگر قرار دارند.

(پ) در جامدات فاصله بین مولکول‌ها کم و مولکول‌ها به صورت منظم در گنار هم قرار دارند.

۲- توضیح دهید از سه حالت مختلف ماده در چه پخش‌هایی از یک دوچرخه و به چه دلیلی استفاده شده است.

- از حالت جامد در ساخت بدنه و به دلیل استحکام زیاد استفاده شده است.

- از حالت مایع (روغن) در زنجیر و چرخ دنده به جهت روانگاری و کاهش اصطکاک استفاده شده است.

- از حالت گاز در باد لاستیک‌ها به جهت کاهش ضربه وارد شده به بدنه در حین حرکت و کاهش وزن استفاده شده است.

۳- هنگام پاک کردن تخته سیاه، ذرات گچ به طور نامنظم در هوای اطراف پراکنده شده و حرکت می‌کنند. این حرکت نامنظم ذرات گچ، مطابق شکل رو به رو مدل سازی شده است.

(الف) چه عاملی باعث حرکت نامنظم ذره‌های گچ می‌شود؟ برخورد مولکول‌های هوایه ذرات گچ.

(ب) مولکول‌های هوا بسیار کوچک‌تر و سبک‌تر از ذره‌های گچ هستند و توسط میکروسکوب هم دیده نمی‌شوند. توضیح دهید چگونه این تجربه ساده، شاهدی بر وجود مولکول‌های هواست. در مولکول‌های هوا جهت و تعداد برخوردهای انجام شده در هر راستا متفاوت و تندی حرکت مولکول‌ها بسیار زیاد است؛ بنابراین حرکت نامنظم در ذرات گچ ایجاد می‌شود.

اگر مولکول‌های هوا وجود نداشتند، ذرات گچ باشتاب ثابت باشند، در اثر نیروی وزن خود به سمت زمین سقوط می‌کردند.

۴- توضیح دهید چرا

(الف) پدیده پخش در گازها، سریع تراز مایع‌ها انجام می‌شود. در توضیح خود به چند مثال نیز اشاره کنید.

۱- تندی حرکت مولکول‌های گاز بیشتر از مایعات است. ۲- تراکم مولکول‌های گاز در محیط کمتر است بنابراین حرکت

مولکول‌های گاز در محیط باسهولت بیشتری انجام می‌کند. بدیده پخش به دو دلیل بالا در گازها سریع تراز مایعات انجام می‌گیرد.

مثلاً وقتی گلی خوشبو را به یاری می‌بریم بوي گل در همه جای آنچ سرمه شود ول وقتی مقداری شکر را در آب می‌ریزیم تا زمانی که آن هم نزدیم همه آب به طور گامی شیرین شود.

(ب) یک بادکنک پر از پاشتی اگر دهانه آن نیز کاملاً بسته بشدی باشد هر چند بسته باشد

فاصله بین مولکول‌های دیواره بادکنک بزرگ‌تر از اندازه مولکول‌های هوا است. بنابراین مولکول‌های هوا می‌توانند با برخورد به

دیواره بادکنک از آن عبور کرده و در نتیجه بادکنک رفته رفته کم باد می‌شود.

۵- هر یک از موارد زیر را توضیح دهید.

(الف) علوم و فناوری نانو دانش و ابزاری است که ما را قادر به بررسی، مشاهده و به کارگیری مواد در مقیاس نانو می‌کند.

همچنین علم نانو شاخه‌ای از علوم است که تغییر در ویژگی‌های فیزیکی مواد را در مقیاس نانو بررسی می‌کند.

(ب) ابعاد مواد بررسی در علوم و فناوری نانو و اهمیت بررسی مواد در ابعاد نانو ابعاد مواد بررسی در مقیاس نانو

بسته به نوع ماده و ویژگی‌های فیزیکی آن می‌تواند حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد. در این ابعاد ویژگی‌های فیزیکی مواد از قبیل

نقشه ذوب، رسانندگی گرمایی و الکتریکی، شفافیت، استحکام، رنگ و ... تغییر می‌کند. فناوری نانو در واقع از ویژگی‌های

خاصی از مواد که در ابعاد نانو تغییر می‌کند بهره‌برداری می‌نماید.

(پ) تفاوت نانو ذره و نانو لایه در نانو ذره هر سه بعد ماده در مقیاس نانو است ولی در نانو لایه فقط یک بُعد از ماده در مقیاس نانو است.

۶- شیشه‌گران برای چسباندن تکه‌های شیشه به یکدیگر، آنها را آنقدر گرم می‌کنند که نرم شوند. این کار را با توجه به

کوتاه‌بُرد بودن نیروی جاذبه بین مولکولی توضیح دهید. چون نیروهای بین مولکولی کوتاه بُرد هستند، برای اتصال دو قطعه

شیشه‌ای به هم باید مولکول‌های این دو قطعه را در فاصله مناسبی از هم قرار دهیم تا این نیروها بین مولکول‌های دو قطعه به وجود

آید. افزایش حرارت باعث بیشتر شدن جنبش مولکولی می‌شود و در نتیجه مولکول‌های دو قطعه شیشه‌ای می‌توانند در لایه‌ای هم و در

فاصله مناسبی از یکدیگر قرار گرفته تا نیروی جاذبه بین مولکولی سبب اتصال دو قطعه به هم شود.

(الف) توضیح دهد چرا قلم موی را از آب بیرون می کنیم (شکل الف)، موهای آن به هم می چسبند. (اشاره به پدیده کشش سطحی در مایع‌ها توجه کنید).

ب) بیرون کشیدن قلم از آب چون سطح خارجی موها با آب پوشیده می شود نیروی کشش سطحی که بین مولکول‌های آب وجود دارد این موها را در کنار هم قرار داده و به هم می چسبند.

پ) شکل (ب) دو لوله موبین هم جنس را نشان می دهد که درون مایع قرار دارند. چرا ارتفاع مایع درون لوله (ا) از دو لوله دیگر کمتر است؟ با توجه به شکل، نیروی هم چسبی مایع را نیروی دگرچسبی مایع و لوله‌های موبین مقایسه کنید. لوله‌های موبین هر قدر قطر لوله بیشتر باشد تغییر ارتفاع مایع در لوله نسبت به سطح مایع ظرف کمتر است. در اینجا نیز چون ظرف لوله (ب) بیشتر است ارتفاع مایع در آن کمتر است.

ب) بیرون دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و مولکول‌های شیشه بیشتر از نیروی هم چسبی بین مولکول‌های مایع است. نفیرات اقلیمی سال‌های اخیر در کشورهای غرب ایران، پدیده خطرناک ریزگردها را به مناطق وسیعی از کشورمان گسترش داده است. چگالی ریزگردها در حالتی که تنفس شده باشد تقریباً دو برابر چگالی آب است.

الف) چرا بادهای نسبتاً ضعیف قادرند توده‌های بزرگی از ریزگردها را به حرکت درآورند در حالی که توفان‌های شدید دریابی تنها مقدار اندکی آب را به صورت قطره‌های ریز به طرف بالا می‌پاشند؟

ب) بیرونی کشش سطحی آب مانع از جدا شدن قطرات ریز آب از سطح آن می شود ولی این نیرو در بین ذرات ریزگردها وجود ندارد. ب) بررسی کنید برای مقابله با این پدیده و مهار آن، چه تدبیری را می‌توان اندیشید.

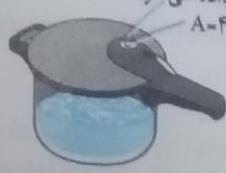
هر لذر رطوبت سطح زمین بیشتر باشد جدا شدن این ریزگردها از سطح زمین کمتر است؛ بنابراین مقابله با خشکسالی و بردشت‌های بی‌رویه منابع آبی زمین و کاشت گیاهان از جمله عواملی است که می‌تواند رطوبت سطح زمین را حفظ و مانع از چنین پدیده‌هایی شود.

۹- نوعی ماهی به نام ماهی کمان‌گیر با جمع کردن آب در دهان خود و پرتاب آن به سوی حشراتی که در بیرون از آب، روی گیاهان نشسته‌اند. آنها را شکار می‌کنند و می‌خورد (شکل الف). هدف‌گیری آنها به اندازه‌ای دقیق است که معمولاً در این کار انتباخت نمی‌کنند. کدام ویژگی فیزیکی آب این امکان را به ماهی کمان‌گیر برای شکار می‌دهد؟

برای این کار انتباخت نمی‌کنند. کدام ویژگی فیزیکی آب این امکان را به ماهی کمان‌گیر برای شکار می‌دهد؟ در این کار انتباخت نمی‌کنند. کدام ویژگی فیزیکی آب این امکان را به ماهی کمان‌گیر برای شکار می‌دهد؟

۱۰- مساحت روزنه خروج بخار آب را در یک زودپزی  $4/00 \text{ mm}^2$  است (شکل روبه‌رو). جرم وزنه‌ای که روی این روزنه باید گذاشت چقدر باشد تا فشار داخل آن در  $2\text{ atm}$  نگه داشته شود؟ فشار بیرون **دیگر** زودپزرا  $1\text{ atm}$  بگیرید.

وزنه‌ای که روی روزنه خروج بخار آب قرار داده می‌شود



ب) بخار آب

$$A = 4/00 \text{ mm}^2$$

$$A = 4 \text{ mm}^2 = 4 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$P = 2\text{ atm} - 1\text{ atm} = 1\text{ atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

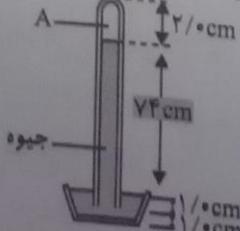
$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, m = ?$$

برای ثابت ماندن فشار داخل زودپز باید نیروی ناشی از اختلاف فشار داخل و بیرون ظرف با وزن وزنه برابر باشد:

$$F = mg \rightarrow PA = mg \rightarrow 1 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-6} = m \times 10 \rightarrow 0/4 = 10m \rightarrow m = 0/04 \text{ kg}$$

$$\rightarrow m = 40 \text{ g}$$

۱۱- شکل روبه‌رو یک جوسنج ساده جیوه‌ای را نشان می‌دهد. (ضخامت دیواره شیشه‌ای را نادیده بگیرید).



الف) در ناحیه A چه چیزی وجود دارد؟

مقدار بسیار ناچیزی بخار جیوه

ب) چه عاملی جیوه را درون لوله نگه می‌دارد؟

فشار هوای محیط

ب) فشار هوا محیطی که این جوسنج در آنجا قرار دارد چقدر است؟

$$P_{جوسنج} = 12600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, h = 74\text{cm} = 0.74\text{m}$$

$$P_e = \rho gh = 12600 \times 10 \times 0.74 = 100640 \text{Pa} \rightarrow P_e = 100640 \text{Pa}$$

ت) اگر این جوسنج را بالای کوهی بیریم چه تغییری در ارتفاع ستون جوہ درون لوله خ می‌دهد؟ دلیل آن را توضیح دهید.  
در ارتفاعات با کاهش فشار هوا محیط طبق رابطه  $P_e = \rho gh$  و با توجه به اینکه  $\rho$  و  $g$  تقریباً ثابت هستند ارتفاع ستون جیوه (h) کاهش می‌یابد.

۱۲- الف) ارتفاع چهار شهر مرتفع ایران از سطح دریا، به شرح زیر است:

$$\text{فريدون شهر: } 2612\text{m} \quad \text{سميرم: } 2434\text{m} \quad \text{بروجن: } 2265\text{m} \quad \text{شهرکرد: } 2072\text{m}$$

با توجه به نمودار شکل ۱۸-۳-ب، فشار تقریبی هوا را در این شهرها بیسید.

$$\text{فريدون شهر: } 74\text{kPa}, \text{سميرم: } 78\text{kPa}, \text{بروجن: } 80\text{kPa}, \text{شهرکرد: } 76\text{kPa}$$

ب) چگالی میانگین هوا تا ارتفاع ۳ کیلومتری از سطح دریا آزاد حدود  $\bar{\rho} = 1/0.1 \text{ kg/m}^3$  است. با استفاده از رابطه  $P = P_e - \rho gh$  فشار هوا را در این شهرها حساب کنید و مقادیر بدست آمده را با توجه قسمت الف مقایسه کنید.

$$P = P_e - \bar{\rho}gh = 101000 - 1/0.1 \times 10 \times 2612 = 101000 - 26281/2 = 74619 \text{Pa} = 74.619 \text{kPa}$$

$$P = P_e - \bar{\rho}gh = 101000 - 1/0.1 \times 10 \times 2434 = 101000 - 24383/2 = 76417 \text{Pa} = 76.417 \text{kPa}$$

$$P = P_e - \bar{\rho}gh = 101000 - 1/0.1 \times 10 \times 2265 = 101000 - 22875/2 = 78124 \text{Pa} = 78.124 \text{kPa}$$

$$P = P_e - \bar{\rho}gh = 101000 - 1/0.1 \times 10 \times 2072 = 101000 - 2072/2 = 80072 \text{Pa} = 80.072 \text{kPa}$$

۱۳- غواص‌ها می‌توانند با قرار دادن یک سروله‌ای در دهان خود، در حالی که سر دیگران از آب بیرون است، تا عمق بیشینه‌ای در آب فرود و نفس بکشند (شکل رو). با گذشت این عمق، اختلاف فشار درون و بیرون ریه غواص

افزایش می‌یابد و غواص را ناراحت می‌کند. جون هوا درون ریه از طریق لوله با هوا بیرون ارتباط دارد. فشار هوا درون ریه، همان فشار جو است در حالی که فشار وارد بر قفسه سینه او، همان فشار در عمق آب است. در عمق

$15\text{m}$  از سطح آب اختلاف فشار درون ریه غواص با فشار وارد بر قفسه سینه او چقدر است؟ (خوب است بدانید

که غواص‌های مجهز به مخزن هوا می‌توانند قابل بسته باشند تا در آب قرار گرفته باشند تا فشار هوا درون ریه آنها با

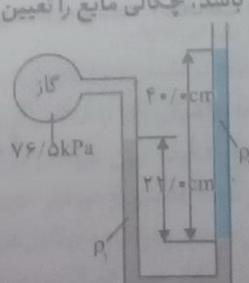
افزایش عمق، همپای فشار آب پرسطح بیرونی بدن زیاد می‌شود).

$$P_{آب} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, h = 15\text{m}$$

چون فشار هوا درون ریه غواص همان فشار جو ( $P_e$ ) و فشار وارد بر قفسه سینه غواص همان فشار در عمق آب ( $P$ ) است، اختلاف فشار درون ریه با فشار وارد بر قفسه سینه به صورت زیر بدست می‌آید:

$$P = P_e + \rho gh \rightarrow P - P_e = \rho gh = 1000 \times 10 \times 15/15 \rightarrow P - P_e = 6/15 \times 10^3 \text{ Pa}$$

درون لوله U شکلی که به یک مخزن محتوی گاز وصل شده است جیوه ( $P_1 = 13/6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ) و مایعی با چگالی نامعلوم  $P_2$  وجود دارد (شکل رو).  
اگر فشار هوا درون لوله U شکل  $101\text{kPa}$  باشد، چگالی مایع را تعیین کنید.



$$P_{\text{بخار}} = 76 / \Delta kPa = 76500 \text{ Pa} , P_0 = 12 / 6 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} , h_c = 22 \text{ cm} = 0.22 \text{ m}$$

$$\rho_T = ? , h_T = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m} , P_0 = 101 \text{ kPa} = 101000 \text{ Pa} , g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$P_{\text{بخار}} + P_{\text{بخار}} = P_0 + P_e \rightarrow P_{\text{بخار}} + \rho_1 gh_1 = P_0 gh_T + P_e$$

$$\rightarrow 76500 + 13600 \times 10 \times 0.22 = P_T \times 10 \times 0.2 + 101000 \rightarrow 76500 + 29920 = 101000 + 101000$$

$$\rightarrow 4p_T = 5420 \rightarrow p_T = \frac{5420}{4} = 1355 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow P_T = 1 / 1355 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

در شکل زیر به مقدار  $h$  چند سانتی‌متر است؟ فشارهای محیط را  $101 \text{ kPa}$  و جگال آب را  $1 / 1000 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  بگیرید.

$$P_0 = 101 \text{ kPa} = 101 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$\rho_A = 1 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_A = 0.12 \text{ MPa} = 0.12 \times 10^6 \text{ Pa} = 120 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$h_c = 112 \text{ cm} = 1.12 \text{ m}$$

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

$$h_B = ?$$

$$P_A + P_{\text{بخار}} = \rho g h_B + P_{\text{بخار}}$$

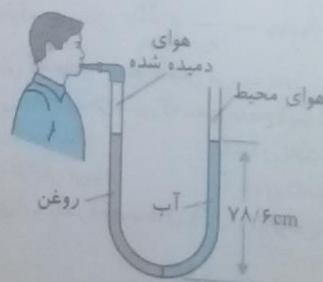
$$P_B + P_{\text{بخار}} = \rho g h_c + P_e \rightarrow P_{\text{بخار}} = \rho g h_B + \rho g h_c + P_e \rightarrow$$

$$120 \times 10^3 = 1 \times 10^3 \times 10 \times h_B + 1 \times 10^3 \times 10 \times 1.12 + 101 \times 10^3$$

$$120 = 10h_B + 112 + 101 \rightarrow 120 - 112 - 101 = 10h_B \rightarrow 10h_B = 10 \rightarrow h_B = \frac{10}{10} = 1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$\rightarrow h_B = 10 \text{ cm}$$

فأولاً این شکل را در نظر بگیرید. محبوی حجم ساوه از آب و روغن است (شکل رویه رو). با توجه به اطلاعات این شکل، فشارهای محیط را  $101 \text{ kPa}$  و جگال آب را  $1 / 1000 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  بگیرید. چقدر است؟ چگالی روغن را  $1.05 \text{ kg/m}^3$  بگیرید.



$$h_{\text{آب}} = 10.6 \text{ cm} = 10.6 \times 10^{-2} \text{ m} ,$$

$$\rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} ,$$

$$\rho_{\text{روغن}} = 1.05 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} , g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

گردنی از فرد را با  $P$  نشان دهیم می‌توان نوشت:

$$P + P_{\text{روغن}} = P_{\text{آب}} + P_e \rightarrow P - P_e = P_{\text{آب}} - P_{\text{روغن}} = \rho_{\text{آب}} gh_{\text{آب}} - \rho_{\text{روغن}} gh_{\text{روغن}}$$

$$\frac{h = h_{\text{آب}} = h_{\text{روغن}}}{\rightarrow P_g = gh(\rho_{\text{آب}} - \rho_{\text{روغن}}) = 10 \times 10.6 \times 10^{-2} \frac{105}{1000} = 1.06 \text{ m}}$$

$$\rightarrow P_g = 1 / 1000 \times 10^3 \times 10 = 1060 \text{ Pa} = 1.06 \text{ kPa}$$

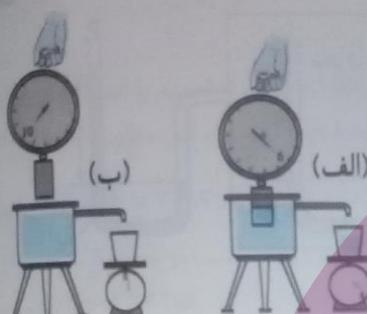
آن حجم آب و روغن برابر و سطح مقطع لوله ثابت است از اتفاق آب روغن برابر است: روغن

دو قوطی نوشابه، یکی معمولی و دیگری رژیمی را در ظرفی محتوی آب بگذارید. متوجه خواهد شد که نوشابه رژیمی شناور می‌ماند در حالی که نوشابه معمولی فرو می‌رود. با استفاده از اصل ارشمیدس، این تئیجه را توضیح دهید.  
(اشاره: چگالی شیرین‌کننده‌های مصنوعی مورد استفاده در نوشابه‌های رژیمی کمتر از شکر است.)

هر دو نوشابه حجم ثابتی دارند، وقتی داخل آب قرار می‌گیرند وزن شاره جابه‌جا شده توسط آنها یکسان و در نتیجه طبق اصل ارشمیدس نیروی شناوری هر دو برابر است؛ از طرفی چون چگالی نوشابه رژیمی کمتر از چگالی نوشابه معمولی است ( $\rho_{\text{رژیمی}} < \rho_{\text{معمولی}}$ ) وزن نوشابه رژیمی نیز کمتر از وزن نوشابه معمولی است ( $\text{وزن}_{\text{رژیمی}} < \text{وزن}_{\text{معمولی}}$ ) پس نیروی خالص که به نوشابه رژیمی وارد می‌شود رو به بالا و نیروی خالصی که به نوشابه معمولی وارد می‌شود رو به پایین است که باعث شناور شدن نوشابه رژیمی و فرو رفتن نوشابه معمولی در آب می‌شود.

## ۱۸- دریافت خود را از شکل‌های الف و ب بتوانید.

با توجه به شکل (ب) وزن جسم  $N = 10\text{ N}$  است؛ از طرفی چون نیروسنج نیروی خالص رو به پایین جسم را نشان می‌دهد در شکل (الف) می‌توان نوشت:



$$\text{نیروی شناوری} - \text{وزن جسم} = \text{عدد نیروسنج}$$

$$N - W = 10 - F_b \rightarrow F_b = 4\text{ N}$$

با توجه به ترازوی شکل (الف) نتیجه می‌گیریم نیروی شناوری با وزن مایع جابه‌جا شده توسط جسم برابر است.

۱۹- سه جسم a, b و c با چگالی‌های متفاوت، مطابق شکل رو به رو درون آب شناورند. چگالی این سه جسم را با یکدیگر مقایسه کنید.

هر قدر چگالی جسم نسبت به آب بیشتر باشد حجم بیشتری از جسم در آب فرو می‌رود بنابراین:

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

برای جسمی که در شاره قرار دارد چون فشار وارد بر سطح پائینی جسم از سوی شاره بیشتر از فشار وارد بر سطح بالایی جسم از طرف شاره است نیروی خالص رو به بالایی به جسم وارد می‌شود که همان نیروی شناوری است.

۲۱- توضیح دهید چه موقع نیروی شناوری وارد بر یک شناکر به بیشینه عقدار خود می‌رسد. وقتی بدن شناکر به طور کامل درون آب قرار می‌گیرد از آنجا که وزن مایع جاهه‌جا شده بیشترین مقفار است طبق اصل ارشمیدس نیروی شناوری نیز بیشینه خواهد بود.

۲۲- در لوله‌ای پراز آب مطابق شکل زیر، آب از چپ به راست در جریان است. روی این لوله ۵ قسمت (A, B, C, D, E) نشان داده شده است.

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

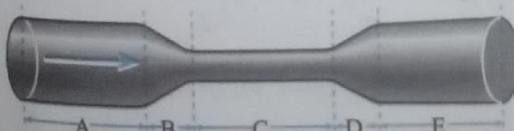
طبق معادله پیوستگی  $\frac{A_1}{v_1} = \frac{A_2}{v_2} = \dots = \frac{A_n}{v_n}$  تندی شاره و سطح مقطع نسبت عکس دارند، بنابراین در

محل‌هایی که سطح مقطع کاهش می‌یابد تندی افزایش و در محل‌هایی که سطح مقطع افزایش می‌یابد تندی جریان آب کاهش می‌یابد. در محل‌هایی که سطح مقطع ثابت است تندی جریان آب نیز ثابت است. بنابراین:

A: تندی ثابت است.      C: تندی ثابت است.      E: تندی ثابت است.

B: تندی افزایش می‌یابد.      D: تندی کاهش می‌یابد.

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



$$v_A = v_E < v_C$$

۲۳- دو نوار کاغذی به طول تقریبی  $1\text{ cm}$  را مطابق شکل (الف) به انتهای یک نی نوشابه بچسبانید. وقتی که مطابق شکل (ب) به درون نی دمیده می‌شود نوارهای کاغذی به طرف یکدیگر جذب می‌شوند. با توجه به اصل برنولی دلیل این پدیده را توضیح دهید.

با دمیدن در نی تندی هوا در بین کاغذها افزایش و طبق اصل برنولی فشار هوا در بین آنها کاهش می‌یابد؛ در نتیجه فشار هوا خارج باعث لزدیکاتر شدن نوارهای کاغذی به یکدیگر می‌شود.

ب) لکل زیر کاربراتور بک موتور بتریس قدیم را نشان می‌دهد. حجم هوایی که وارد کاربراتور می‌شود توسط دریچه پرولای که به سیم گاز خودرو وصل شده، قابل تنظیم است. با توجه به کاربرد اصل برنولی در ساختمان بک کاربراتور، یوچ زیند چرا با فشردن بیشتر پدال گاز، دور موتور خودرو افزایش می‌باشد و خودرو می‌تواند سریع‌تر حرکت کند.

لکل زیند پدال گاز، دریچه پرولای ای بازو و هوا به داخل کشیده می‌شود. در قسمت میانی لوله یون سطح مقطع کاهش می‌باشد. بعل معادله پیوستگی تندی جریان هوا افزایش و در نتیجه طبق اصل برنولی فشار هوا کاهش می‌باشد. اختلاف فشار ایجاد شده میان سوخت و قسمت میانی لوله باعث انتقال سوخت به لوله می‌شود. هر قدر پدال بیشتر فشرده شود اختلاف فشار پشتی ایجاد شده و سوخت بیشتری وارد و دور موتور افزایش می‌باشد.

شکل (الف) آتش نشانی را در حال خاموش کردن آتش از فاصله نسبتاً دوری نشان می‌دهد. نمایی بزرگ شده از نیزه شده به انتهای لوله آتش نشانی در شکل (ب) نشان داده شده است. اگر آب با تندی  $v_1 = 1/5 \text{ m/s}$  از پنهان شیر شود و قطر ورودی شیر  $d_1 = 9/6 \text{ cm} = 9/6 \times 10^{-2} \text{ m}$  و قطر قسمت خروجی آن  $d_2 = 2/5 \text{ cm} = 2/5 \times 10^{-2} \text{ m}$  باشد، تندی خروج آب را از شیر پیدا کنید.

$$\text{شعاع ورودی شیر } v_1 = 1/5 \frac{\text{m}}{\text{s}}, d_1 = 9/6 \text{ cm} \rightarrow r_1 = 9/6 \text{ cm} + 2 = 4/8 \text{ cm} = 4/8 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{شعاع خروجی شیر } v_2 = ?, d_2 = 2/5 \text{ cm} \rightarrow r_2 = 2/5 \text{ cm} + 2 = 1/25 \times 10^{-2} \text{ m}$$

با استفاده از معادله پیوستگی می‌توان نوشت:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow \pi r_1^2 v_1 = \pi r_2^2 v_2 \rightarrow v_2 = \frac{r_1^2 v_1}{r_2^2} = \frac{(4/8 \times 10^{-2})^2 \times 1/5}{(1/25 \times 10^{-2})^2} = \frac{24/56 \times 10^{-4}}{1/5625 \times 10^{-4}}$$

$$v_2 = 22/11 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

## آزمایش معمولی

۱- درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید. (۱ نمره)

الف) فاصله ذرات در جامدات کمتر از مانع‌ها است  نادرست  درست

ب) هر چه قطر لوله موبین کمتری باشد، انتفاع آب در آن بیشتر است.  نادرست  درست

ج) برای تغییر وزنی فیبرکی مواد در مقیاس موقته ابعاد ماده باشد در مقیاس ثابت باشد.  نادرست  درست

د) اگر نیروی شناوری بسته‌داشته باشد جسم در شاره غوطه ور می‌شود.  نادرست  درست

۲- جاهای حالی را با کلمه‌های مناسب پر کنید. (۱ نمره)

الف) حرکت نامنظم و کاتورهای مولکول‌های یک گاز را حرکت من گویند.

ب) نیروی جاذبه بین مولکول‌های یک ماده را نیروی است.

ج) سطح آب در لوله موبین است.

د) اختلاف فشار یک شاره با فشار جو را فشار من گویند.

۳- از داخل پرانتز عبارت درست را انتخاب کنید. (۱ نمره)

الف) آب سطح شیشه چرب شده با روغن را تر (من کند - نم کند).

ب) از نتایج نیروی هم چسبی (اکشن سطح) - خاصیت موبینگی است.

ج) طبق اصل (ارشمیدس - برنولی) فشار و تندی شاره نسبت عکس دارند.

۴- گزینه درست را مشخص کنید. (۱ نمره)

الف) در یک لوله اگر سطح مقطع ۳ برابر شود، تندی جریان آب چند برابر می‌شود؟

ب)  $\frac{1}{9}$  برابر  ۳ برابر  ۱ برابر  ۹ برابر

ب) در یک جوسنج ارتفاع ستون  $740 \text{ mmHg}$  است. فشار جو چند پاسکال است؟

ب)  $13000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$   $105200 \text{ (3)}$

ب)  $102500 \text{ (2)}$

الف)  $96200 \text{ (1)}$

۱۰- مفاهیم زیر را تعریف کنید: (۱)

الف) جامد‌های بین شکل

۶- جرا وقی سطح بالائی یک کاغذ را قوت می‌کنیم، ورق کاغذ به سمت بالا حرکت می‌کند؟ (۰/۵)

۷- جرا وقی قطعات گرم شده شوشه را در گنار هم قرار می‌دهیم، به هم می‌چسبند؟ (۰/۵)

۸- جرا وقی اینکلت خود را در ظرف آبی که بروی یک ترازو قرار دارد، فرو می‌بریم، ترازو عدد بیشتری را نشان می‌دهد؟ (۰/۵)

۹- جرا حجم حباب هوا در مسیر رسیدن به سطح آب افزایش می‌یابد؟ (۰/۵)

۱۰- در شکل زیر اگر فشار جو  $P_1 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$  باشد،  $P_2 = ?$

الف) فشار گاز درون مخزن چقدر است؟

ب) فشار پیمانه‌ای گاز مخزن چقدر است؟

$$P_1 = 1 \times 10^5 \text{ Pa} \quad , \quad P_2 = ? \quad , \quad g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$\rho = \frac{P_1 - P_0}{g \cdot \Delta h}$$

۱۱- یک زیردریایی در اعماق اقیانوس ساکن است. اگر فروی وارد بر پنجه‌ای به مساحت  $40 \text{ cm}^2$  از این زیردریایی

۱۲- در شکل زیر  $h_1$  و  $h_2$  به ترتیب عمق آب و نفت است که روی جیوه ریخته شده‌اند و دو سطح جیوه هم تراز

است. اگر چگالی آب  $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  باشد، چگالی نفت چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟ (سراسری تجربی - ۸۲)

# ایران توشه

توشه‌ای برای موفقیت

- ۱- الف) نادرست (۰/۰)، ب) درست (۰/۰)، ج) نادرست (۰/۰)، د) نادرست (۰/۰)، پ) براوی (۰/۰)
- ۲- الف) براوی (۰/۰)، ب) هم چسبی (۰/۰)، ج) فرورفته (۰/۰)، د) پیمانه‌ای (۰/۰)، ه) کشش سطحی (۰/۰)
- ۳- الف) نمی‌کند، ب) نمی‌کند، ج) بزرگ (۰/۰)، د) کشش سطحی (۰/۰)
- ۴- الف) گزینه (۰/۰)، ب) طبق معادله پیوستگی سطح مقطع لوله و تندی نسبت عکس دارند، ج) گزینه (۰/۰)
- ۵- در جوسنج فشار جو برابر فشار ستون جیوه است بنابراین:  $P_0 = \rho_{\text{جيوه}} gh = 13000 \times 10 \times 0.74 = 96200 \text{ Pa}$
- ۶- الف) در این جامد‌های مولکول‌ها در طرح منظمی کنار هم قرار نداشته و معمولاً از سرد کردن سریع مایع مذاب پدید می‌آیند. زیرا در این حالت مولکول‌ها فرصت کافی ندارند تا در طرحی منظم قرار گیرند، در نتیجه در وضعیت نامنظمی که در حالت مایع داشتند باقی می‌مانند. ب) وقتی تمام یا قسمی از یک جسم در شاره‌ای فرو می‌رود، با نیرویی به اندازه وزن شاره جایه‌جا شده توسط جسم، به بالا رانده می‌شود.
- ۷- با قوت کردن، تندی جریان هوا در بالای کاغذ افزایش یافته و بنابراین اصل بینولی فشار هوا در این قسمت کاهش می‌یابد، در نتیجه اختلاف فشار هوا ایجاد شده بین سطح زیرین و سطح فوقانی کاغذ، آن را به سمت بالا حرکت می‌دهد.
- ۸- وقتی شیشه را گرم می‌کنیم با نزدیک کردن قطعات آن به یکدیگر جنبش مولکولی سبب قرار گرفتن مولکول‌ها در فاصله بین مولکولی شده و جاذبه بین مولکول‌ها باعث اتصال دوباره آنها می‌شود.
- ۹- وقتی اینکشت داخل آب قرار می‌گیرد، طبق اصل ارشمیدس، آب به اینکشت نیروی شناوری و رو به بالای ( $F_b$ ) را وارد می‌کند، طبق قانون سوم نیوتون، اینکشت نیز نیرویی هم اندازه و در خلاف جهت و رو به پایین به آب وارد می‌کند، در نتیجه نیروی خالصی که از طرف آب به ترازو وارد می‌شود، افزایش یافته و ترازو عدد بیشتری را نشان می‌دهد.
- ۱۰- جیوه هوا، فشاری که از طرف مایع بر آن وارد می‌شود، کاهش یافته و در نتیجه حجم جیوه افزایش می‌یابد. (۰/۰)

$$\rho_1 = 10 \frac{g}{cm^3} = 1000 \frac{kg}{m^3}, \rho_2 = 4 \frac{g}{cm^3} = 4000 \frac{kg}{m^3}, h_1 = 5cm = 0.05m, h_2 = 2cm = 0.02m$$

$$P_{\text{مخزن}} + \rho_1 gh_1 = P_0 + \rho_2 gh_2 \rightarrow P_{\text{مخزن}} = P_0 + \rho_2 gh_2 - \rho_1 gh_1 \quad (1)$$

$$\rightarrow P_{\text{مخزن}} = 10^5 + 4000 \times 10 \times 0.02 - 10000 \times 10 \times 0.05 Pa \quad (1/25)$$

$$\rightarrow P_{\text{مخزن}} = 100000 + 8000 - 5000 = 103000 Pa \rightarrow P_{\text{مخزن}} = 103000 Pa \quad (1/25)$$

$$P_g = P - P_0 = 103000 - 100000 = 3000 Pa \rightarrow P_g = 3000 Pa \quad (1/25) \quad (2)$$

ابتدا فشار وارد بر پنجه را محاسبه می‌کنیم:

$$F = 10^4 N, A = 400 cm^2 = 400 \times 10^{-4} m^2 = 4 \times 10^{-4} m^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{10^4}{4 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^8 Pa \rightarrow P = 2 \times 10^8 Pa \quad (1/25)$$

$$P = 2 \times 10^8 Pa, P_0 = 10^5 Pa, \rho = 1000 \frac{kg}{m^3}, g = 10 \frac{N}{kg}$$

$$P = P_0 + \rho gh \rightarrow 2 \times 10^8 = 10^5 + 1000 \times 10 \times h \rightarrow 20 \times 10^7 = 10^5 + 10^7 h \rightarrow 20 \times 10^7 - 10^5 = 10^7 h$$

$$19 \times 10^7 = 10^7 h \rightarrow h = \frac{19 \times 10^7}{10^7} = 190m \rightarrow h = 190cm \quad (1/25)$$

$$\text{آب: } h_1 = 10cm, \rho_1 = 1 \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{نفت: } h_2 = 10cm, \rho_2 = ?$$

## ایران توشه

### توشه‌ای برای موفقیت

چون دو سطح جیوه در دو شاخه هم تراز هستند، بنابراین:

$$\rho_1 gh = \rho_2 gh \rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \rightarrow 1 \times 10 = \rho_2 \times 10 \rightarrow \rho_2 = \frac{10}{10} = 1 \frac{g}{cm^3} \quad (1/25)$$

$$\rightarrow \rho_2 = 1 \frac{g}{cm^3} \quad (1/25)$$

دش آموزان خلیل شاهزادی برای مطالعه آموزن پایانی دی ماه به اینها کتاب قسمت آزمون پایانی مراجعه نمایند.



## فصل دما و گرما

### کلیدوازه

کلوین - سلسیوس - فارنهایت - البساط گرمایی - البساط غیرعادی آب - گرمای ویله - ظرفیت گرمایی - مول و عدد آزوگارو - ظرفیت گرمایی مول - گرمای سنج - گرمایی نخان ذوب - گرمایی نخان تبخیر - رسالش گرمایی - هففت تابش گرمایی - اثر گلخانه‌ای - قانون آزوگارو - قانون کارهای کامل

نمی‌دانیم که میزان سردی و گرمی اجسام را مشخص می‌کند.

کمیت دماست که مشخصه قابل اندازه‌گیری که با گرمی و سردی جسم تغییر کند را «کمیت دماست» می‌گویند. مقیاس‌های دما: مقیاس‌های مهم در اندازه‌گیری دما عبارتند از مقیاس درجه سلسیوس، کلوین و فارنهایت.

(الف) درجه سلسیوس این مقیاس مبتنی بر دو نقطه ثابت است:

۱- دمای را که در آن آب خاک در فشار ۱ atm شروع به بخ زدن می‌کند، صفر در نظر می‌گیرند.

۲- دمای را که در آن آب خاک در فشار ۱ atm شروع به جوشیدن می‌کند، ۱۰۰ در نظر می‌گیرند.

۳- فاصله بین این دو نقطه را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم کرده و هر قسمت را یک درجه سلسیوس می‌نامند.

نکته: درجه سلسیوس همان سانتی گراد است.

نکته: یکای درجه سلسیوس را  $C$  و دما بر حسب درجه سلسیوس را با  $\theta$  نمایش می‌دهند. به عنوان مثال:  $0 = 20^{\circ}C$

ب) کلوین از دیگر مقیاس‌های اندازه‌گیری دما است که آن را بانداد K نشان می‌دهند. دما بر حسب کلوین را معمولاً با  $T = 10K$  نمایش می‌دهند. به عنوان مثال:

نکته: رابطه دما در مقیاس درجه سلسیوس و کلوین به صورت زیر است:

$$T = \theta + 273 / 15 \rightarrow T = 0 + 273 / 15 + \text{دما در مقیاس سلسیوس} = \text{دما در مقیاس کلوین}$$

مثال ۱: صفر کلوین بر حسب درجه سلسیوس حداقت است:

$$T = 0 \rightarrow \theta = -273 / 15^{\circ}C$$

نکته: دمای  $15^{\circ}C$  را بر کلوین می‌گویند که کمترین دمای ممکن است، اما برای دما حد بالای وجود ندارد.

نکته: از این پس در محاسبات مقدار دما را به طور تقریبی  $C = 273^{\circ} - 15^{\circ}$  در نظر می‌گیریم.

مثال ۲: دمای  $37^{\circ}C$  را بر حسب کلوین به دست آورید.

$$\theta = 37^{\circ}C \quad T = \theta + 273 = 37 + 273 = 310K$$

مثال ۳: دمای  $423K$  را بر حسب درجه سلسیوس محاسبه کنید.

$$T = 423K \quad T = \theta + 273 \rightarrow 423 = \theta + 273 \rightarrow \theta = 150^{\circ}C$$

نکته: فارنهایت از دیگر مقیاس‌های اندازه‌گیری دماست که در صنعت و هواشناسی کاربرد دارد. یکای فارنهایت را با  $F$  و دما بر حسب

فارنهایت را با F نشان می‌دهند.

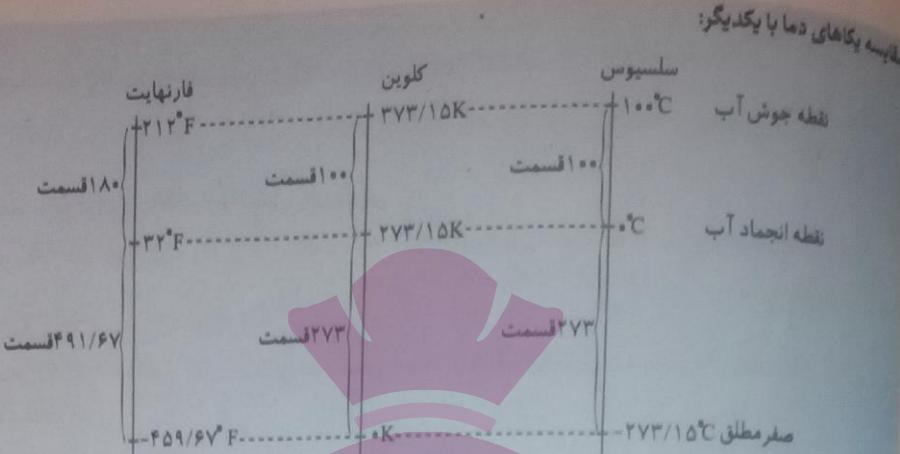
نکته: رابطه دما در مقیاس دمای فارنهایت و سلسیوس به صورت مقابل است:

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

مثال ۴: دمای  $20^{\circ}C$  را به درجه فارنهایت تبدیل کنید.  $F = \frac{9}{5} \theta + 32 = \frac{9}{5} \times 20 + 32 = 36 + 32 = 68^{\circ}F$

مثال ۵: دمای  $86^{\circ}F$  را بر حسب سلسیوس بنویسید.

$$F = 86^{\circ}F \quad F = \frac{9}{5} \theta + 32 \rightarrow 86 = \frac{9}{5} \theta + 32 \rightarrow 86 - 32 = \frac{9}{5} \theta \rightarrow \frac{9}{5} \theta = 54 \rightarrow \theta = \frac{54}{9} = 6^{\circ}C$$



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

$$\frac{9}{5} \times 40 = 72^{\circ}\text{F}$$

$$\frac{9}{5} \times 45 = 81^{\circ}\text{F}$$

مثال ۶: اگر دمای جسمی  $45^{\circ}\text{F}$  افزایش یابد، چند درجه سلسیوس افزایش یافته است؟

نکته: یک درجه سلسیوس و کلوین با یکدیگر برابر و لیکن درجه فارنهایت افزایش یافته است. داشتماندان سه دماستخ را به عنوان معیار پذیرفته‌اند:

۱- دماستخ گازی: اساس کار این دماستخ‌ها بر مبنای قانون گازهای کامل است.

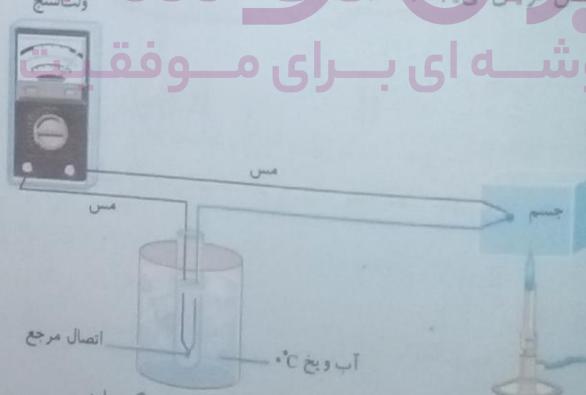
۲- دماستخ اپیروتری: اساس کار این دماستخ‌ها بر مبنای تابش گرمایی است.

۳- دماستخ مقاومت پلاتیسی: اساس کار این دماستخ‌ها بر مبنای مقاومت الکتریکی است.

نکته: دماستخ‌های ترموکوپیل نسبت به دماستخ‌های معیار دقت کمتری داشته و کمیت دماستخ‌جی آنها و لتاژ است.

دماستخ ترموکوپیل: شامل دو سیم فلزی غیرهم‌جنس (مانند مس و کنستانتن) است که از یک سو در دمای ذوب بخ نگهدارشته شده و از طرف دیگر به دمای مجھول متصل اند و به وسیله دو سیم مسی به یک ولت‌سنج بسته می‌شوند. با افزایش دمای مجھول و تدازه سرسیم‌های غیرهم‌جنس افزایش می‌یابد. با اندازه گیری ولتاژ مربوط به هر دما می‌توان دمای مجھول را مشخص کرد.

ولت‌سنج



نکته: گستره دماستخ‌جی دماستخ‌های ترموکوپیل به جنس سیم‌های غیرهم‌جنس بستگی دارد.

دماستخ ترموکوپیل دو مزیت عمدده دارد:

۱- به دلیل جرم کوچک محل اتصال خیلی سریع با جسم به تعادل گرمایی رسیده و دما را مشخص می‌کند.

۲- در مدارهای الکترونیکی بسیاری از وسائل صنعتی، گرمایشی و سرمایشی به راحتی به کار برده می‌شوند.

انبساط گرمایی: دماستخ‌های ترموکوپیل به سه بخش تقسیم می‌شود: ۱- انبساط طولی ۲- انبساط سطحی ۳- انبساط حجمی

جسم جامد مبسط می‌شود.

انبساط جامد‌ها به سه بخش تقسیم می‌شود: ۱- انبساط طولی ۲- انبساط سطحی ۳- انبساط حجمی

ابساط طولی:

اگر طول اولیه یک میله را با  $L_1$  و طول نهایی آن را با  $L_2$  نشان دهیم، تغییر طول این میله برابر است با:

$$\Delta L = L_2 - L_1$$

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$$

تغییر طول جامد در اثر ابساط از رابطه مقابله به دست می‌آید:

در این رابطه:  $L_1$  و  $\Delta L$ : طول اولیه و تغییر طول بر حسب  $m$ ،  $\Delta T$ : تغییر دما بر حسب  $K$  یا  $^{\circ}C$  و  $\alpha$ : ضریب ابساط طولی با

حسب  $\frac{1}{K}$  یا  $\frac{1}{^{\circ}C}$  است.

**نکته:** در رابطه  $\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$  ، یکای  $\Delta L$  و  $L_1$  یکسان است. مثلاً اگر  $L_1$  بر حسب سانتی‌متر باشد،  $\Delta L$  نیز بر حسب سانتی‌متر به دست می‌آید.

**مثال ۱:** طول یک پل فلزی  $2000$  متر است. اگر ضریب ابساط طولی فلز ساخته شده  $\frac{1}{K} = 13 \times 10^{-6}$  باشد، با تغییر دمای  $10^{\circ}C$

بین فصول گرم و سرد سال، بیشترین تغییر طول ممکن برای پل چقدر است؟

$$L_1 = 2000m , \alpha = 13 \times 10^{-6} \frac{1}{K} , \Delta T = 10^{\circ}C , \Delta L = ?$$

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T = 13 \times 10^{-6} \times 2000 \times 10 = 13 \times 2 \times 10 \times 10^{-2} = 260\text{mm} \rightarrow \Delta L = 260\text{mm}$$

**مثال ۲:** یک خطکش فلزی در دمای  $10^{\circ}C$  طول  $30\text{cm}$  و در دمای  $40^{\circ}C$  طول  $36\text{cm}$  دارد. ضریب ابساط فلز این خطکش چقدر است؟

$$\theta_1 = -10^{\circ}C , L_1 = 30\text{cm} , \theta_2 = 40^{\circ}C , L_2 = 36\text{cm} , \alpha = ?$$

$$\Delta T = \Delta \theta = 40 - (-10) = 50^{\circ}C , \Delta L = 36/30 - 30 = 6/30\text{cm}$$

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T \rightarrow 6/30 = \alpha \times 30 \times 50 \rightarrow 6/30 = 1500 \alpha \rightarrow \alpha = \frac{6}{1500} = 4 \times 10^{-4} \frac{1}{K} \rightarrow \alpha = 4 \times 10^{-4} \frac{1}{K}$$

**دعاوی:** از نواری با دو تیغه فلزی متفاوت که بر روی هم متصل شده‌اند، ساخته شده است. چون ضریب ابساط طولی دو فلز متفاوت است، در اثر گرما (یا سرما) یکی از فلزات بیشتر از دیگری منقبض (یا منقبض) شده و نوار خم می‌شود. از این ویژگی برای ساخت دماستخ ها استفاده می‌شود.

## توضیحات

**ابساط سطحی:** تغییر مساحت جسم جامد در اثر ابساط از رابطه مقابله به دست می‌آید:

در این رابطه:  $A_1$  و  $\Delta A$ : مساحت اولیه و تغییر مساحت بر حسب  $m^2$ ،  $\Delta T$ : تغییر دما بر حسب  $K$  یا  $^{\circ}C$  و  $\alpha$ : ضریب

ابساط طولی بر حسب  $\frac{1}{K}$  یا  $\frac{1}{^{\circ}C}$  است.

**نکته:** در این رابطه نیز یکای  $\Delta A$  و  $A_1$  یکسان است.

**مثال ۱:** یک صفحه فلزی دایره‌ای شکل به شعاع  $10\text{cm}$  داریم، اگر دمای آن را  $100^{\circ}C$  افزایش دهیم، تغییر مساحت آن چقدر است؟

$$(\alpha = 3 \times 10^{-5} \frac{1}{K} , \pi = 3)$$

$$r = 10\text{cm} , \Delta T = 100^{\circ}C , \Delta A = ?$$

$$A_1 = \pi r^2 = 3 \times 10^2 = 300\text{cm}^2$$

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T = 2 \times 3 \times 10^{-5} \times 300 \times 100 = 18 \times 10^{-1} = 1.8\text{cm}^2 \rightarrow \Delta A = 1.8\text{cm}^2$$

ابتدا مساحت اولیه صفحه را محاسبه می‌کنیم:

**مثال ۲:** یک ورقه فولادی به مساحت  $600\text{cm}^2$  داریم. اگر دمای آن  $5^{\circ}C$  افزایش یابد، مساحت آن چقدر می‌شود؟

$$(\alpha_{فولاد} = 11 \times 10^{-6} \frac{1}{K})$$

$$A_1 = 600\text{cm}^2 , \Delta T = 5^{\circ}C , \Delta A = ?$$

برای محاسبه مساحت نهایی این ورقه  $T$ ، ابتدا باید تغییر مساحت آن را بدست آورید:

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T = 2 \times 11 \times 10^{-5} \times 600 \times 50 = 2 \times 11 \times 6 \times 5 \times 10^{-3} = 660 \times 10^{-3} = 0.66 \text{ cm}^2$$

مساحت نهایی ورقه  $A_2$  برابر است با:

$$A_2 = A_1 + \Delta A = 600 + 0.66 = 600.66 \text{ cm}^2$$

مثال ۲: دمای یک صفحه آهنی  $20^\circ\text{C}$  است. درجه دمایی مساحت این صفحه به اندازه  $1000\%$  مساحت اولیه آن افزایش می‌یابد؟

$$(\alpha_{آهن} = 10 \times 10^{-5} \frac{1}{K})$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C}, \quad \Delta A = 0.100 A_1, \quad T_2 = ?$$

برای محاسبه دمای نهایی، ابتدا باید  $\Delta T$  را محاسبه کنیم:

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T \rightarrow 0.100 A_1 = 2 \times 10^{-5} \cdot A_1 \times \Delta T \rightarrow 0.100 = 2 \times 10^{-5} \Delta T$$

$$\rightarrow \Delta T = \frac{10^{-5}}{2 \times 10^{-5}} = \frac{100}{2} = 50^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 \rightarrow T_2 = T_1 + \Delta T = 20 + 50 = 70^\circ\text{C}$$

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

در این رابطه:  $V_1$  و  $\Delta V$ : حجم اولیه و تغییر حجم بر حسب  $\Delta T$ ,  $\text{m}^3$ ;  $\beta$ : تغییر دما بر حسب  $K$  یا  $^\circ\text{C}$  و  $\beta$ : ضریب انبساطی حجمی

$$\text{بر حسب } \frac{1}{K} \text{ یا } \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

$$\beta = 2\alpha$$

ضریب انبساطی حجمی جامدها ( $\beta$ ) تقریباً سه برابر ضریب انبساط طولی آنها است، بنابراین:

نکته: پکای  $\Delta V$  و  $V_1$  بکسان است.

مثال ۳: حجم یک شمش الومینیمی به ابعاد  $5 \times 4 \times 25$  سانتی‌متر در افزایش دمای  $200^\circ\text{C}$  چند افزایش می‌یابد؟

$$(\alpha_{Al} = 22 \times 10^{-5} \frac{1}{K})$$

$$V_1 = 25 \times 4 \times 50 = 5000 = 5 \times 10^3 \text{ cm}^3, \quad \beta = 22, \quad \Delta T = 200^\circ\text{C}, \quad \Delta V = ?$$

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T = 22 V_1 \Delta T = 2 \times 22 \times 10^{-5} \times 5 \times 10^3 \times 200 = 2 \times 22 \times 5 \times 10^{-2} = 220 \text{ cm}^3$$

$$\rightarrow \Delta V = 220 \text{ cm}^3$$

مثال ۴: دمای یک کره فلزی به شعاع  $r = 10 \text{ cm}$  در  $20^\circ\text{C}$  از  $10^\circ\text{C}$  افزایش می‌یابد. حجم آن  $r \text{ cm}^3$  افزایش می‌یابد. ضریب انبساط

$$r = 10 \text{ cm}, \quad \Delta T = 5^\circ\text{C}, \quad \Delta V = r \text{ cm}^3, \quad \Omega = ?$$

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times \pi \times 10^3 = 4000 \text{ cm}^3$$

ابتدا حجم اولیه کره را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T \rightarrow \Delta V = 2\alpha V_1 \Delta T \rightarrow 2 = 2 \times \Omega \times 3000 \times 5 \rightarrow 2 = 6 \times 10^5 \Omega \rightarrow \Omega = \frac{2}{6 \times 10^5} = 0.33 \times 10^{-5}$$

$$\rightarrow \Omega = 33 \times 10^{-6} \frac{1}{K}$$

البساط مایع‌ها: با افزایش دمای مایع، حرکت کاتورهای آنها و مولکول‌ها از هم دور شده و حجم مایع بیشتر می‌شود.

البساط خصوص مایع‌ها: تغییر حجم یک مایع در انبساط همانند جامدها از رابطه زیر بدست می‌آید:

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

$$\text{در این رابطه } \beta \text{ ضریب انبساطی حجمی مایع‌ها بر حسب } \frac{1}{K} \text{ یا } \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

مثال ۵: ظرفی به حجم  $2L$  به طور کامل از استون پر شده و داخل بدخجالی با دمای  $27^\circ\text{C}$  قرار دارد. اگر آن را در هوای بیرون با دمای

$$(\beta = 1/23 \times 10^{-3})$$

$$27^\circ\text{C}$$

قرار دهیم، چه مقدار مایع از ظرف بیرون می‌ریزد؟ (از افزایش حجم ظرف صرف نظر کنید.)

$$V_1 = 2L, \quad \theta_1 = 2^\circ\text{C}, \quad \theta_2 = 27^\circ\text{C}, \quad \Delta V = ?$$

$$\Delta T = \Delta \theta = \theta_2 - \theta_1 = 27 - 2 = 25^\circ\text{C}$$

افزایش حجم مایع همان مقدار مایعی است که از ظرف بیرون می‌ریزد:

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T = 1/23 \times 10^{-3} \times 2 \times 25 = 0.11L \rightarrow \Delta V = 0.11L$$

مثال ۲ در مخزنی  $20^{\circ}\text{C}$  الکل ریخته شده است. دمای آن را چقدر افزایش دهیم تا حجم الکل  $211\text{ L}$  شود؟

$$\beta_{\text{الکل}} = 1/1 \times 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$$

$$V_1 = 200\text{ L}, V_2 = 211\text{ L}, \Delta T = ?, \Delta V = 211 - 200 = 11\text{ lit}$$

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T \rightarrow 11 = 1/1 \times 10^{-3} \times 200 \times \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{11}{1/1 \times 10^{-3} \times 200} = \frac{11}{0/22} = 50^{\circ}\text{C} \rightarrow \Delta T = 50^{\circ}\text{C}$$

مثال ۳ طرف آلومنیومی به حجم  $1\text{ L}$  به طور کامل از جیوه پرسیده است. اگر دمای آن را  $100^{\circ}\text{C}$  افزایش دهیم، چه مقدار جیوه از طرف ببرون می‌ریزد؟

$$\beta_{\text{Al}} = 0/18 \times 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}, \alpha_{\text{Al}} = 23 \times 10^{-5} \frac{1}{\text{K}}$$

$$V_1 = 1\text{ L} = 1000\text{ cm}^3, \Delta T = 100^{\circ}\text{C}, \Delta V = ?$$

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T = 3\alpha V_1 \Delta T = 3 \times 23 \times 10^{-5} \times 1000 \times 100 = 6/9\text{ cm}^3 \rightarrow \Delta V = 6/9\text{ cm}^3$$

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T = 0/18 \times 10^{-3} \times 1000 \times 100 = 18\text{ cm}^3 \rightarrow \Delta V_{جیوه} = 18\text{ cm}^3$$

$$\Delta V_{جیوه} = 18 - 6/9 = 11/1\text{ cm}^3$$

نکته: با افزایش دما، حجم جسم ثابت و حجم آن افزایش می‌یابد، بنابراین طبق رابطه  $p = \frac{m}{V}$ ، چگالی جسم کاهش می‌یابد.

نکته: در اینبساط مایع‌ها رابطه چگالی با تغییر دما عبارت است از:

در این رابطه:  $\rho_1$ : چگالی در دمای اولیه بر حسب  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ،  $\rho_2$ : چگالی در دمای نهایی بر حسب  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ،  $\beta$ : ضریب اینبساط

حجمی بر حسب  $\frac{1}{\text{C}}$  یا  $\frac{1}{\text{K}}$  با  $\Delta T$  تغییر دما  $\text{K}$  است.

نکته: رابطه فوق را با تقریب مناسب می‌توان به صورت زیرنوشت:

نکته: رابطه چگالی با تغییر دما را برای جامدها نیز می‌توان به کار برد.

مثال ۴ اگر دمای الکل را  $5^{\circ}\text{C}$  افزایش دهیم، چگالی آن چقدر می‌شود؟

$$\Delta \theta = 5^{\circ}\text{C}, \rho_2 = ?$$

$$\rho_2 = \rho_1(1 - \beta \Delta T) = 100(1 - 1/1 \times 10^{-3} \times 5) = 100(1 - 0.0005) = 99.95\text{ kg/m}^3 \rightarrow \rho_2 = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 99.95\text{ kg/m}^3$$

$$\text{مثال ۵: دمای یک قطعه فولادی را چقدر افزایش دهیم تا چگالی آن ۱ درصد کاهش یابد؟}$$

چگالی فولاد یک درصد کاهش یابد، یعنی چگالی نهایی  $99$  درصد چگالی اولیه باشد.

$$\rho_2 = \frac{99}{100} \rho_1 \rightarrow \rho_2 = 0/99 \rho_1$$

$$\rho_2 = \rho_1(1 - \beta \Delta T) \rightarrow \rho_2 = \rho_1(1 - 2\alpha \Delta T) \rightarrow 0/99 \rho_1 = \rho_1(1 - 2 \times 11 \times 10^{-5} \times \Delta T)$$

$$0/99 = 1 - 22 \times 10^{-5} \Delta T \rightarrow 22 \times 10^{-5} \Delta T = 1 - 0/99 = 0/01$$

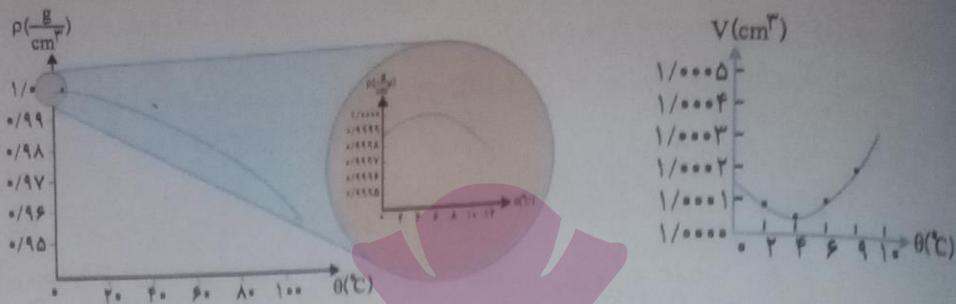
$$\rightarrow \Delta T = \frac{0/01}{22 \times 10^{-5}} = 303^{\circ}\text{C} \rightarrow \Delta T = 303^{\circ}\text{C}$$

اینبساط غیرعادی آب: رفتار آب در محدوده دمایی  $0^{\circ}\text{C}$  تا  $4^{\circ}\text{C}$  متفاوت از سایر مایع‌ها است؛ یعنی با افزایش دما از  $0^{\circ}\text{C}$  تا  $4^{\circ}\text{C}$  حجم آب کاهش و چگالی آن افزایش می‌یابد. هم‌چنین با کاهش دما از  $4^{\circ}\text{C}$  تا  $0^{\circ}\text{C}$  حجم آب افزایش و چگالی آن کاهش می‌یابد.

اینبساط غیرعادی آب: رفتار آب در محدوده دمایی  $0^{\circ}\text{C}$  تا  $4^{\circ}\text{C}$  متفاوت از سایر مایع‌ها است؛ یعنی با افزایش دما از  $0^{\circ}\text{C}$  تا  $4^{\circ}\text{C}$  حجم آب کاهش و چگالی آن افزایش می‌یابد. هم‌چنین با کاهش دما از  $4^{\circ}\text{C}$  تا  $0^{\circ}\text{C}$  حجم آب افزایش و چگالی آن کاهش می‌یابد.

بازه دمایی	دما	حجم	چگالی
$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$4^{\circ}\text{C}$ تا $0^{\circ}\text{C}$
$\downarrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$0^{\circ}\text{C}$ تا $4^{\circ}\text{C}$

پس از دمای  $4^{\circ}\text{C}$  رفتار آب مانند دیگر اجسام است. یعنی با افزایش دما حجم آن افزایش و با کاهش دما حجم آن کاهش می‌یابد.  
نمودار (دما- حجم) و (دما- چگالی) آب در محدوده دمایی  $0^{\circ}\text{C}$  تا  $4^{\circ}\text{C}$  به صورت زیر است:



سؤال: دلیل رفتار غیرعادی آب در محدوده دمایی  $0^{\circ}\text{C}$  تا  $4^{\circ}\text{C}$  چیست؟

پاسخ: ساختار بلوریخ به گونه‌ای است که در برخی نقاط مولکول‌ها به هم نزدیک و در برخی نقاط از هم دورند، در نتیجه حجم بعیدتر از آب است، از آن جا که در محدوده دمایی  $0^{\circ}\text{C}$  تا  $4^{\circ}\text{C}$  هنوز بقایای ساختار مولکولی بع درآب وجود دارد با افزایش دما در این محدوده و از بین رفتن ساختار مولکولی بع، حجم آب کاهش می‌یابد و برعکس.

برای ارزی ای است که به دلیل اختلاف دها از جسم گرم تر به جسم سردتر منتقل می‌شود و آن را با  $Q$  نشان داده و یکای آن  $\text{J}$  است.  
نتقال گرمایی: اگر دو یا چند جسم گرم و سرد در تماس با یکدیگر قرار گیرند، گرما از اجسام گرم تر به اجسام سردتر منتقل می‌شود تا درنهایت همه اجسام به دمای ثابت پرسند، به این حالت تعادل گرمایی می‌گویند.

با تعادل گرمایی، انرژی جنبشی و پتانسیل مربوط به حرکت کاتورهای آتم‌ها و مولکول‌ها در جسم گرم تر کاهش و در جسم سردتر افزایش می‌یابد.

ظرفیت گرمایی: مقدار گرمایی است که دمای جسم را  $1^{\circ}\text{C}$  یا  $1\text{K}$  افزایش می‌دهد، آن را با  $C$  نشان داده و یکای آن  $\frac{\text{J}}{\text{K}}$  است، مثلاً وقتی

می‌گوییم ظرفیت گرمایی یک جسم  $\frac{\text{J}}{1000}$  است، یعنی اگر به جسم  $1000\text{J}$  گرمادهیم، دمای آن  $1\text{K}$  افزایش می‌یابد.

محاسبه گرما با استفاده از ظرفیت گرمایی: مقدار گرمایی که دمای جسمی با ظرفیت گرمایی  $C$  را به اندازه  $\Delta T$  افزایش می‌دهد، این گرما از رابطه مقابله دست می‌آید:

$$Q = C\Delta T$$

در این رابطه:  $Q$ : گرما بر حسب  $\text{J}$  : ظرفیت گرمایی بر حسب  $\frac{1}{\text{K}}$  و  $\Delta T$ : تغییر دما بر حسب  $\text{K}$  است.

مثال ۱: یک قطعه فلزی با ظرفیت گرمایی  $\frac{\text{J}}{2500} = 2500\text{J}$  داریم. چه مقدار گرما لازم است تا دمای این قطعه  $4^{\circ}\text{C}$  افزایش یابد؟

$$C = \frac{\text{J}}{2500} \quad , \quad \Delta T = 4^{\circ}\text{C} = 40\text{K} \quad , \quad Q = ?$$

$$Q = C\Delta T = 2500 \times 40 = 100000\text{J} \rightarrow Q = 10^5\text{J}$$

ظرفیت گرمایی ویژه (گرمایی ویژه): مقدار گرمایی است که دمای یک کیلوگرم از جسم را  $1^{\circ}\text{C}$  یا  $1\text{K}$  افزایش می‌دهد و آن را با  $c$

نشان داده و یکای آن  $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$  است.

نکته: گرمای ویژه یک جسم به جنس آن بستگی دارد.

نکته: رابطه بین ظرفیت گرمایی و ظرفیت گرمایی ویژه به صورت زیر است:  
$$\text{ظرفیت گرمایی} \rightarrow c = \frac{C}{m} \leftarrow \text{ظرفیت گرمایی ویژه به جسم}$$

محاسبه گرما با استفاده از ظرفیت گرمایی ویژه: مقدار گرمایی که دمای جسمی به جرم  $m$  گرمای ویژه  $c$  را به اندازه  $\Delta T$  افزایش می‌دهد، از رابطه مقابله دست می‌آید:

$$Q = C\Delta T \xrightarrow{C=mc} Q = mc\Delta T$$

در این رابطه  $Q$ : گرما بر حسب  $\text{J}$  و  $c$ : گرمای ویژه بر حسب  $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ ،  $m$ : جرم جسم بر حسب  $\text{kg}$ ،  $\Delta T$ : تغییر دما بر حسب  $\text{K}$

**مثال ۱:** چه مقدار گرمای لازم است تا دمای ۵kg مس  $20^{\circ}\text{C}$  افزایش یابد؟

$$m = 5\text{kg}, \Delta T = \Delta\theta = 20\text{K}, Q = ?$$

$$Q = mc\Delta T = 0.4 \times 3\lambda_0 \times 20 = 3\lambda_0 \times 0.4 \rightarrow Q = 3\lambda_0 \times 0.4$$

**مثال ۲:** اگر  $42 \times 10^7$  گرمای لازم باشد تا دمای L آب از  $10^{\circ}\text{C}$  به  $60^{\circ}\text{C}$  برسد. گرمای ویژه آب چقدر است؟

$$\rho_w = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q = 42 \times 10^7 \text{J}, V = 2L = 0.1 \times 2\text{m}^3, \Delta T = \Delta\theta = 60 - 10 = 50\text{K}$$

برای محاسبه گرمای ویژه، ابتدا باید جرم آب را محاسبه کنیم:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 1000 \times 0.1 \times 2 = 2\text{kg} \rightarrow m = 2\text{kg}$$

$$Q = mc\Delta T \rightarrow 42 \times 10^7 = 2 \times c \times 50 \rightarrow c = \frac{42 \times 10^7}{100} = 42 \times 10^5 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}} \rightarrow c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}}$$

مول و عدد آووگادرو

**مثال ۳:** یکایی برای مقدار ماده است که آن را با n نشان می‌دهند. هر یک مول شامل  $6.02 \times 10^{23}$  از اجزای سازنده ماده (atom یا Mولکول) است. عدد  $6.02 \times 10^{23}$  را عدد آووگادرو می‌گویند.

جرم مولی: جرم یک مول از هر ماده را جرم مولی آن می‌گویند و آن را با M نشان می‌دهند.

$$M_{\text{کسر}} = 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad \text{و} \quad M_{\text{کسر}} = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

**نکته:** تعداد مول یک ماده از رابطه مقابل به دست می‌آید:

در این رابطه:

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{که} \quad m: \text{جرم ماده بر حسب kg} \quad M: \text{جرم مول ماده بر حسب kg}$$

**مثال:** می‌دانیم العاس از کربن تشکیل شده است. یک قطعه العاس به جرم  $12 \text{g}$  از این تعداد آن کربن تشکیل شده است؟

$$(M_{\text{کربن}} = 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}})$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{12}{12} = 1 / 1 \text{mol} \rightarrow n = 1 / 1 \text{mol}$$

می‌دانیم هر مول شامل  $6.02 \times 10^{23}$  اتم کربن است، بنابراین تعداد اتم‌های کربن این قطعه العاس برابر است با:

$$6.02 \times 10^{23} = 4 / 5 \times 10^{23} = 4 / 5 \times 10^{23} = 8 \times 10^{22} \text{ عدد آووگادرو} \times \text{Tعداد مول اتم کربن}$$

**مثال ۴:** ۳۶ گرم آب شامل چه تعداد مولکول آب است؟

$$(M_{\text{آب}} = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}})$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{36}{18} = 2 \text{mol} \rightarrow n = 2 \text{mol}, 2 \times 6 / 0.2 \times 10^{23} = 12 / 0.4 \times 10^{23}$$

نکته: گرمای ویژه مولی فلات همگی بسان و تقریباً برابر  $\frac{J}{\text{mol.K}}$  است. یعنی گرمای لازم برای افزایش دمای یک مول آب

فلز برابر است و به جنس آنها بستگی ندارد. (قائمه دولت ۳۷)

دماهی تعادل: به دمای ثابتی که اجسام در تعادل گرمایی دارند، «دماهی تعادل» می‌گویند.

**نکته مهم:** در محاسبه مقدار گرمای مبادله شده، اگر جسم گرمای بکیرد، علامت Q منفی است.

**نکته همچنان:** طبق قانون یاستکی ازیزی هنگام تعادل گرمای گرمایی که اجسام گرم از دست می‌دهند با گرمایی که احمد سرمه می‌گیرند برابر است. بنابراین در تعادل گرمایی جمع جبری Q ها صفر است.

اگرچه جسم با گرمای ویژه  $c_1, c_2, \dots, c_n$ ، جرم‌های  $m_1, m_2, \dots, m_n$  و دمای اولیه  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$  در تعاس با دمای تعادل  $(\theta)$  آنها از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta - \theta_3) + \dots = 0$$

مثال ۱: آب  $10^{\circ}\text{C}$  را داخل ظرف الومینیمی به جرم  $100\text{g}$  و دمای  $8^{\circ}\text{C}$  می‌زنیم، دمای تعادل چقدر می‌شود؟ (از تبادل حریم محیط صرف نظر کنید).

$$(c_{\text{Al}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \quad c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}})$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{آب: } m_1 = 400\text{g} = 0.4\text{kg}, \quad c_1 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \quad \theta_1 = 10^{\circ}\text{C} \\ \text{آلو میشیم: } m_2 = 100\text{g} = 0.1\text{kg}, \quad c_2 = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \quad \theta_2 = 8^{\circ}\text{C} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{دمای تعادل}} \theta = ?$$

بر حل مسائل مربوط به تعادل گرمایی جمع حیری  $Q$  ها صفر است. بنابراین:

$$m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) = 0 \rightarrow 0.4 \times 4200(\theta - 10) + 0.1 \times 900(\theta - 8) = 0$$

$$\rightarrow 1680(\theta - 10) + 90(\theta - 8) = 0 \rightarrow 1680\theta - 16800 + 90\theta - 720 = 0 \rightarrow 1770\theta - 17520 = 0$$

$$\rightarrow 1770\theta = 17520 \rightarrow \theta = \frac{17520}{1770} = 13.5^{\circ}\text{C} \rightarrow \theta = 13.5^{\circ}\text{C}$$

مثال ۲: در ظرفی  $400\text{g}$  آب  $20^{\circ}\text{C}$  و  $375\text{g}$  مس با دمای  $5^{\circ}\text{C}$  قرار دارد. اگر دمای تعادل

لها  $20^{\circ}\text{C}$  شود، گرمای ویژه فلز چقدر است؟ (از تبادل گرمای با ظرف و محیط صرف نظر کنید).

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \quad c_{\text{مس}} = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}})$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{آب: } m_1 = 400\text{g} = 0.4\text{kg}, \quad c_1 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \quad \theta_1 = 20^{\circ}\text{C} \\ \text{مس: } m_2 = 375\text{g} = 0.375\text{kg}, \quad c_2 = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \quad \theta_2 = 5^{\circ}\text{C} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{دمای تعادل}} \theta = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\rightarrow m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) = 0 \rightarrow 0.4 \times 4200(20 - \theta) + 0.375 \times 400(5 - \theta) = 0$$

$$\rightarrow 16800 - 1680\theta + 1875 - 187.5\theta = 0 \rightarrow 1875 - 187.5\theta = 1680\theta - 16800 \rightarrow \theta = \frac{16800 - 1875}{187.5 - 1680} = \frac{15925}{1512.5} = 10.5^{\circ}\text{C}$$

مثال ۳: فلز  $200\text{g}$  و دمای  $15^{\circ}\text{C}$  را درون گرماسنجی حاوی  $500\text{g}$  آب  $50^{\circ}\text{C}$  می‌اندازیم. اگر گرماسنج گرمایی متر

دریک گرماسنج پس از برقراری تعادل گرمایی داریم، لکنه معمولاً دریک گرماسنج به جای داشتن جرم ( $m$ ) و گرمای ویژه فلز ( $c$ )، گرماسنج گرمایی فلز ( $C$ ) را داریم.

مثال ۴: فلزی به جرم  $8\text{g}$  و دمای  $25^{\circ}\text{C}$  را درون گرماسنجی حاوی  $15^{\circ}\text{C}$  می‌اندازیم. اگر گرماسنج گرمایی

فلزی است عایق بندی شده برای تعیین گرمای ویژه یک جسم.

دریک گرماسنج پس از برقراری تعادل گرمایی داریم،

لکنه معمولاً دریک گرماسنج به جای داشتن جرم ( $m$ ) و گرمای ویژه فلز ( $c$ )، گرماسنج گرمایی فلز ( $C$ ) را داریم.

مثال ۵: فلزی به جرم  $8\text{g}$  و دمای  $25^{\circ}\text{C}$  باشد، گرمای ویژه فلز چقدر است؟

گرماسنج  $\frac{J}{^{\circ}\text{C}}$  و دمای تعادل  $25^{\circ}\text{C}$  باشد،

$m_1 = 8\text{g} = 0.008\text{kg}, \quad \theta_1 = 25^{\circ}\text{C}, \quad c_1 = ?$

$m_2 = 15\text{g} = 0.015\text{kg}, \quad \theta_2 = 15^{\circ}\text{C}, \quad c_2 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \quad C_2 = 90 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$

$\left. \begin{array}{l} \text{آب: } m_1 = 8\text{g} = 0.008\text{kg}, \quad \theta_1 = 25^{\circ}\text{C}, \quad c_1 = ? \\ \text{فلز: } m_2 = 15\text{g} = 0.015\text{kg}, \quad \theta_2 = 15^{\circ}\text{C}, \quad c_2 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \quad C_2 = 90 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{دمای تعادل}} \theta = 25^{\circ}\text{C}$

نکت: چون آب داخل گرماسنج قرار دارد، دمای اولیه آب و گرماسنج برابر است. ( $\theta_1 = \theta_2 = 15^\circ\text{C}$ )

$$Q_{\text{فلز}} + Q_{\text{آب}} + Q_{\text{گرماسنج}} = 0 \rightarrow m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) + C_3 (\theta - \theta_3) = 0$$

$$\frac{1}{16} \times c_1 \times (25 - 15) + 0 / 0 \times 4200 (25 - 15) + 90 (25 - 15) = 0 \rightarrow -30c_1 + 21000 + 900 = 0$$

$$-30c_1 + 21900 = 0 \rightarrow 30c_1 = 21900 \rightarrow c_1 = \frac{21900}{30} = 730 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}} \rightarrow c_1 = 730 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}$$

مثال ۲: گرماسنجی حاوی  $400\text{g}$  آب  $40^\circ\text{C}$  است. اگر یک قطعه  $800\text{g}$  گرمی از فلزی با گرمایی ویژه  $180^\circ\text{C}$  و دمای  $40^\circ\text{C}$  را داخل آب قرار دهیم، دمای تعادل  $C^\circ\text{C}$  می‌شود. ظرفیت گرمایی گرماسنج چقدر است؟

$$(c_1 = 420 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}, c_2 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}})$$

$$\text{فلز: } m_1 = 400\text{g} = 0.4\text{kg}, c_1 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}, \theta_1 = 40^\circ\text{C}$$

$$\text{فلز: } m_2 = 800 = 0.8\text{kg}, c_2 = 420 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}, \theta_2 = 180^\circ\text{C} \quad \left. \begin{array}{l} \text{دما} \\ \text{تعادل} \end{array} \right\} \theta = 6^\circ\text{C}$$

$$\text{گرماسنج: } C_3 = ?, \theta_3 = 40^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{فلز}} + Q_{\text{گرماسنج}} = 0 \rightarrow m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) + C_3 (\theta - \theta_3) = 0$$

$$0.4 \times 4200 (6 - 40) + 0.8 \times 420 (6 - 180) + C_3 (6 - 40) = 0 \rightarrow 32600 - 30320 + 70C_3 = 0$$

$$-6720 + 70C_3 = 0 \rightarrow 70C_3 = 6720 \rightarrow C_3 = \frac{6720}{70} = 96 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \rightarrow C_3 = 96 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

حالات های ماده:

ماده معمولاً در سه حالت پا فاز جامد، مایع و گاز وجود دارد.

تغییر حالت (تکانه) تغییر اولیک حالت (فاز) به حالت (فاز) دیگر را تغییر حالت (تکانه) می‌گویند.

أنواع تغییر حالت

## تغییر حالت نام تغییر حالت کرماده / کرماتیز

جامد به مایع	ذوب	چگالش بخار به طبع پایه عین	گرماده	تغییر	بخار به مایع	آب شدن بستلى	گرماییر	گرماده	تشکیل باران
بخار به مایع	تبخیر	تبخیر	گرماده	تصعید	جامد به بخار	تبخیر آب دریاهای	گرماییر	گرماده	تصعید نفتالین
مایع به بخار	تصعید	انجماد	انجماد	انجماد	مایع به جامد	تبخیر آب دریاهای	چگالش بخار به جامد	چگالش بخار به جامد	انجماد
جامد به بخار	انجماد	انجماد	انجماد	انجماد	بخار به جامد	انجماد	انجماد	انجماد	انجماد
مایع به گاز	ذوب	ذوب	ذوب	ذوب	ذوب	ذوب	ذوب	ذوب	ذوب

نکت: بخار و گاز تعاریف متفاوتی دارند ولی در اینجا برای آنها تعاریف یکسانی در نظر گرفته می‌شود.

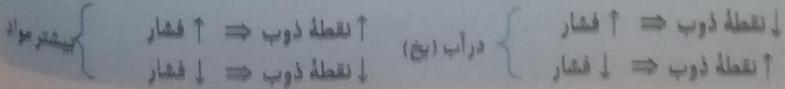
## ذوب و انجماد

ذوب: دمای ثابتی که در آن جسم جامد با گرفتن گرمایی به مایع تبدیل می‌شود را «دمای ذوب» می‌گویند، این دما به جلس ماده و فشار وارد بر آن بستگی دارد.

نکت: جامدهای بلوبرین مثل فلزات، دمای ذوب مخصوص دارند و حجم آنها هنگام ذوب افزایش می‌یابد.

جامدهای بسیار مثل شیشه با قدر دمای ذوب مخصوص ندارند و در گسترهای از دما ذوب می‌شوند. حجم آنها هنگام ذوب ثابت است.

نکت: معمولاً افزایش فشار، نقطه ذوب را افزایش می‌دهد ولی در بین و برخی مواد دیگر افزایش فشار باعث کاهش نقطه ذوب می‌شود و بالعکس.



دماهای ثابتی که در آن، مایع با از دست دادن گرمای خامد تبدیل می‌شود را «دماهای انجماد» می‌گویند. این دما به دمای ماده و فشار وارد بر آن بستگی دارد.

خامدهای بلورین دمای انجماد مشخصی دارند و حجم آنها هنگام انجماد کاهش می‌یابد.

خامدهای بن شکل دمای انجماد مشخصی ندارند و در گسترهای از دما منجمد می‌شوند. حجم آنها هنگام انجماد ثابت است.

چون دمای ذوب هر ماده با دمای انجماد آن برابر است، تأثیر فشار بر نقطه انجماد و ذوب یکسان است.

وجود ناچالصی در مایع‌ها باعث تغییر دمای ذوب و انجماد می‌شود. مثلاً آفرودن نمک به آب نقطه انجماد و ذوب را کاهش می‌دهد.

جسم در هنگام ذوب همان قدر گرمای ذوب می‌گیرد که در هنگام انجماد از دست می‌دهد.

گرمای نهان ذوب: مقدار گرمایی که یک کیلوگرم از جسم هنگام انجماد یا ذوب منتقل می‌کند را «گرمای نهان ذوب» می‌گویند و آن

را با  $L_F$  نشان داده و یکای آن  $\frac{J}{kg}$  است. مقدار این گرمای جنس ماده بستگی دارد. به عنوان مثال:

$$L_{F_{\text{آهن}}} = 234000 \frac{J}{kg} \quad , \quad L_{F_{\text{س}}\text{ـ}} = 134000 \frac{J}{kg}$$

مقدار گرمایی که جسمی به جرم  $m$  و گرمای نهان ذوب  $L_F$  در هنگام ذوب می‌گیرد برابر است با:

$$Q_{\text{ذوب}} = +mL_F$$

مقدار گرمایی که جسمی به جرم  $m$  و گرمای نهان ذوب  $L_F$  در هنگام انجماد از دست می‌دهد برابر است با:

$$Q_{\text{انجماد}} = -mL_F$$

علامت + و - در رابطه‌های بالا، نشان‌دهنده این است که هنگام ذوب، جسم گرمای ذوب ( $+Q$ ) و هنگام انجماد، گرمای

از دست می‌دهد ( $-Q$ ).

$$(L_{F_{\text{آهن}}} = 64500 \frac{J}{kg})$$

$$m = \lambda g = 0.13 \times 8 \text{ kg}$$

$$Q = mL_F = 0.13 \times 8 \times 64500 = 816 J$$

مثال ۱: یک لقمه ۸ گرمی طلا در نقطه ذوب، چقدر گرمایی گیرد تا به طور کامل ذوب شود؟

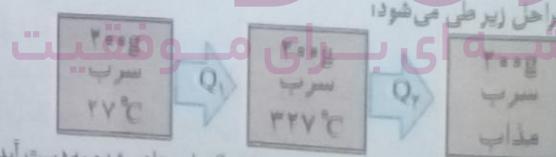
$$(L_{F_{\text{سرپ}}} = 24500 \frac{J}{kg})$$

$$m = \lambda g = 0.13 \times 8 \text{ kg}$$

$$Q = mL_F = 0.13 \times 8 \times 24500 = 196 J$$

مثال ۲: دمای ذوب سرب  $327^{\circ}\text{C}$  است. چه مقدار گرمای الام است تا  $200\text{g}$  سرب را بخون در دمای اتفاق ( $27^{\circ}\text{C}$ ) ذوب کرد؟

برای ذوب سرب با دمای  $27^{\circ}\text{C}$  ۲۷ مراحل زیر طی می‌شود:



گرمایی داده شده در هر مرحله را محاسبه و سپس با هم جمع می‌کنیم تا کل گرمایی داده شده به دست آید.

مثلاً در مرحله اول، سرب تغییر دما می‌دهد گرمایی داده شده برابر است با:

$$Q_1 = m\Delta\theta = 0.13 \times 13 \times (327 - 27) = 7800 J$$

در مرحله دوم، سرب تغییر حالت می‌دهد، بنابراین گرمایی داده شده برابر است با:

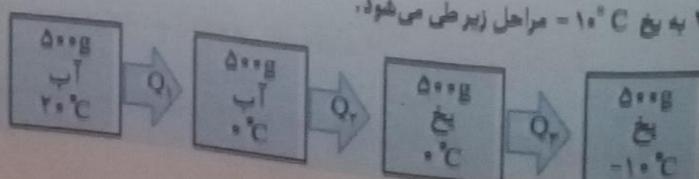
$$Q_2 = mL_F \equiv 0.13 \times 24500 = 31900 J$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 7800 + 31900 = 39700 J$$

گرمایی کل داده شده در این فرایند برابر است با:

$$(Q = 24500 \frac{J}{kg, ^\circ C}) \quad , \quad v_{\text{س}} = 2100 \frac{J}{kg, ^\circ C} \quad , \quad L_{F_{\text{س}}} = 234000 \frac{J}{kg}$$

آخرین مراحل آب  $20^{\circ}\text{C}$  به  $10^{\circ}\text{C}$  = مراحل زیر طی می‌شود:



$$Q_1 = mc_p \Delta\theta = 0 / 0 \times 4200 = -42000 \text{ J}$$

$$Q_F = -mL_F = 0 / 0 \times 234000 = -167000 \text{ J}$$

$$Q_T = mc_p \Delta\theta = 0 / 0 \times 2100 = -10500 \text{ J}$$

مرحله اول: آب تغییر دمای دهد:

مرحله دوم: آب تغییر حالت داده و به بخ تبدیل می شود:

مرحله سوم: بخ تغییر دمای دهد:

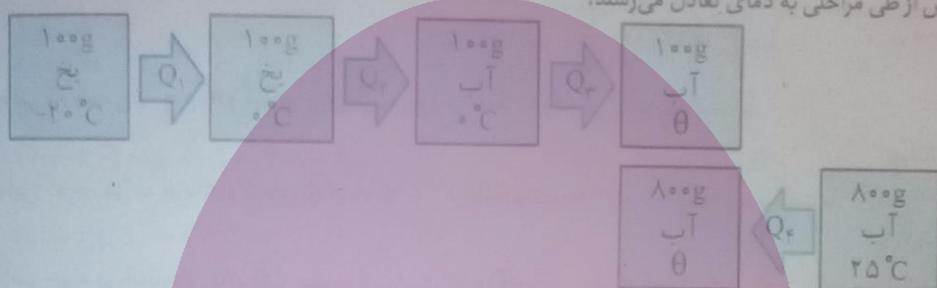
کل گرمایی که آب در این فرایند از دست می دهد، برابر است با:

$$Q = Q_1 + Q_T + Q_F = -42000 - 167000 - 10500 = -219500 \text{ J}$$

مثال: مقدار ۱۰۰g بخ  $20^{\circ}\text{C}$  را در  $80^{\circ}\text{C}$  آب  $25^{\circ}\text{C}$  می اندازیم. اگر همه بخ ذوب شود، دمای تعادل چند مرتبه می شود؟

$$(c_p)_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}, \quad (c_p)_{\text{بخ}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}, \quad (L_F)_{\text{آب}} = 234000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

آب و بخ پس از طی مراحلی به دمای تعادل می رسدند:



$$Q_1 = mc_p \Delta\theta = 0 / 1 \times 2100 \times (0 - (-20)) = 42000 \text{ J}$$

$$Q_F = mL_F = 0 / 1 \times 234000 = 234000 \text{ J}$$

$$Q_3 = mc_p \Delta\theta = 0 / 1 \times 4200 (\theta - 0) = 4200 \theta$$

$$Q_4 = mc_p \Delta\theta = 0 / 8 \times 4200 (\theta - 25) = 33600 (\theta - 25) = 33600 \theta - 84000$$

$$Q_1 + Q_T + Q_F + Q_4 = 42000 + 234000 + 33600 \theta - 84000 = 0$$

$$378000 + 33600 \theta = 0 \rightarrow 378000 = -33600 \theta \rightarrow \theta = \frac{378000}{33600} = 12 / 27^{\circ}\text{C} \rightarrow \theta = 12 / 27^{\circ}\text{C}$$

## تبخیر و معیان

تبخیر به تبدیل مایع به گاز تبخیر و شکار حلال مایع به سطحی می باشد که نتیجه آن افزایش دمای سطح مایع می باشد.

تبخیر سطحی: به تبخیری که تا پیش از رسیدن به نقطه جوش مایع انجام می شود، «تبخیر سطحی» می گویند. در این حالت مولکول هایی که تندی زیادی دارند از سطح مایع جدا می شوند.

نکته: از جمله عوامل مؤثر بر تبخیر سطحی، دمای مایع و مساحت سطح آن است.

نقطه جوش: با کرم کردن مایع به دمایی می رسیم که گازات داخل مایع بالا می آید، به این حالت جوشیدن و به این دما نقطه جوش می گویند.

نکته: در جوشیدن، کل مایع در فرایند تبخیر هر کوتاه می کند و در نقطه جوش مایع، آهنگ تبخیر به بیشترین مقدار خود می رسد.

گرمای نهان تبخیر: مقدار گرمای مورد نیاز برای تبخیر یک کیلوگرم از مایع را «گرمای نهان تبخیر» مایع می گویند و آن را  $L_V$  نهان می دهند و یکای گرمای نهان تبخیر  $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$  است. مقدار این گرمای نهان ماده و دماستگی دارد.

مقدار گرمای لازم برای تبخیر مایعی به جرم  $m$  و گرمای نهان تبخیر  $L_V$  برابر است با:

نهان: تبدیل بخار به مایع را «معیان» می گویند که وارون تبخیر است و در هر دمایی رخ می دهد.

گرمایی که مقداری بخار به جرم  $m$  و گرمای نهان تبخیر  $L_V$  به هنگام میان از دست می دهد برابر است با:

$$Q = -mL_V$$

نکته: علامت  $+$  و  $-$  در این اصطلاحات بالا، نشان هنده این است که هنگام تبخیر، مایع گرمایی گیرد ( $Q > 0$ ) و هنگام میان، بخار

گرمای از دست می دهد ( $Q < 0$ ).

گومگن الکترونیکی: وسیله ای است که ارزی الکترونیکی را به گرمای تبدیل می کند، مثال: سماور برقی، اتو، بخاری برقی و ...

گرمایی که یک گرمکن الکتریکی با توان  $P$  در مدت زمان  $t$  تولید می‌کند، برایست با:  $Q = Pt$

اگر کمای تولیدی برحسب  $L$ ،  $P$ : توان گرمکن برحسب  $W$  و  $t$ : زمان برحسب  $s$  است.

ایک کمای برقی  $25\text{eV}$  آب در حال جوش را در مدت  $5$  دقیقه به طور کامل تبخیر می‌کند. توان این وسیله چقدر است؟

$$(L_V = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})$$

$$m = 25\text{g} = 0.025\text{kg}, t = 5\text{min} = 5 \times 60 = 300\text{s}, P = ?$$

$$Q = mL_V = 0.025 \times 2256 \times 10^3 = 56400 \text{J}$$

کمای لازم برای تبخیر  $25\text{g}$  آب را محاسبه می‌کنیم:

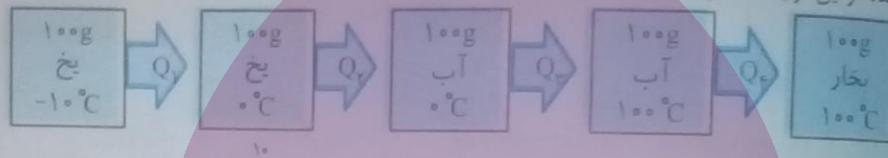
پس توان کتری به صورت زیر به دست می‌آید.

$$Q = Pt \rightarrow P = \frac{Q}{t} = \frac{56400 \times 10^3}{300} = 188000 \text{W} \rightarrow P = 1880\text{W}$$

مثال ۱: چه مقدار گرمای لازم است تا  $100\text{g}$  بخار  $100^\circ\text{C}$  به بخار  $-10^\circ\text{C}$  تبدیل شود؟

$$(L_{F_{\text{بخار}}} = 234 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, c_{\text{بخار}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}, L_{V_{-10}} = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, c_{-10} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}})$$

برای حل شده در این فرایند به صورت زیر است:



$$Q_1 = mc_{\text{بخار}} \Delta\theta = 0.1 \times 2100 \times (0 - (-10)) = 2100\text{J} = 2.1\text{kJ}$$

$$Q_2 = mL_F = 0.1 \times 234 = 23.4\text{kJ}$$

$$Q_3 = mc_{\text{بخار}} \Delta\theta = 0.1 \times 4200 \times (100 - 0) = 42000\text{J} = 42\text{kJ}$$

$$Q_4 = mL_V = 0.1 \times 2256 = 225.6\text{kJ}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 2.1 + 23.4 + 42 + 225.6 = 292.1\text{kJ}$$

$$(L_{V_{-10}} = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})$$

$$m = 20\text{g} = 0.02\text{kg}, Q = -mL_V = -0.02 \times 2256 = -451.2\text{kJ}$$

روش های انتقال گرما توشه ای برای موفقیت

الف) رسانش گرمایی در این روش به دلیل ارتعاش اتم ها و حرکت الکترون های آزاد در قسمت های گرم تر و گسترش این حرکت و

ردانکاری به سراسر جسم، گرما منتقل می شود، مثل انتقال گرما در فلزات.

بنابراین فلزات گرمایی از طریق ارتعاشات اتم ها و هم از طریق حرکت الکترون های آزاد منتقل می شود ولی سهم الکترون های آزاد

در انتقال گرما بیشتر از اتم ها است. (در غیر فلزات گرمایی فقط از طریق ارتعاش اتم ها انتقال می یابد).

عوامل مؤثر بر میزان رسانش گرمایی فلزات عبارتند از:

۱- طول حجم هر قدر طول یک جسم بیشتر باشد، آهنگ رسانش گرمایی آن کمتر است.

۲- سطح مقطع جسم هر قدر سطح مقطع جسم بیشتر باشد، رسانش گرمایی آن بیزیبشار است.

۳- اختلاف دما هر قدر اختلاف دما بیشتر باشد، رسانش گرمایی نیز بیشتر است.

۴- جنس ماده مواد مختلف متناسب به ساختار اتمی و مولکولی آنها رسانندگی گرمایی متفاوتی دارند. مثلاً رسانندگی گرمایی یک

تریشتر از شیشه یا چوب است.

آهنگ رسانش گرمایی مقدار گرمایی عبوری از جسم در هر ثانیه را آهنگ رسانش گرمایی گویند و آن را با  $H$  نشان داده و یکای آن  $\frac{\text{J}}{\text{s}}$

Watts) است.

$$H = \frac{Q}{t} = k \frac{A(T_H - T_L)}{L}$$



در این رابطه:

$H = \frac{W}{m \cdot k} \cdot T_H - \frac{W}{m \cdot k} \cdot T_L$  ،  $T_H$ : دمای قسمت گرمتر بر حسب  $\frac{J}{s \cdot m \cdot K}$  یا  $A \cdot {}^{\circ}C$  یا  $K$  با  $T_L$ : دمای قسمت سردتر بر حسب  $K$  یا  ${}^{\circ}C$  به جنس جسم بستگی دارد.

نکته: اگرچه رابطه فوق برای یک میله ذکر شده ولی می‌توان آن را برای هر جسم با سطح مقطع  $A$  و طول  $L$  نیز به کار برد.

مثال ۱: ابعاد دیوار اتاقی  $3m$  و  $5m$  و ضخامت آن  $15cm$  است. اگر این دیوار از آجر با رسانندگی گرمایی  $W / A = 1000W$  ساخته و دمای داخل اتاق  $25^{\circ}C$  و دمای بیرون  $5^{\circ}C$  باشد.

الف) آهنگ رسانش گرما از این دیوار چقدر است؟

$$A = 3 \times 5 = 15m^2 , L = 15cm = 0.15m , k = 0.100 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$T_H - T_L = 25 - (-5) = 30^{\circ}C = 30K , H = ?$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L} = \frac{0.100 \times 15 \times 30}{0.15} = 2400W \rightarrow H = 2400W$$

ب) از این دیوار در مدت ۵ دقیقه چند کیلوژول گرما عبور می‌کند؟

$$H = 2400W , t = 5 \times 60 = 300s , Q = ?$$

$$H = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = H \cdot t = 2400 \times 300 = 720000J = 720kJ \rightarrow Q = 720kJ$$

مثال ۲: بین دو لایه شیشه دو جداره ای از آب پر شده است. اگر ابعاد شیشه  $5m$  و  $2m$  و ضخامت لایه میانی آب داخل آن  $2cm$  و اختلاف دمای داخل و بیرون  $20^{\circ}C$  باشد، آهنگ رسانش گرما از این لایه آب چقدر است؟

$$(k_{آب} = 0.6 \frac{W}{m \cdot K}) A = 2 \times 5 = 10m^2 , L = 2cm = 0.02m , T_H - T_L = 20^{\circ}C = 20K , H = ?$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L} = 0.6 \times \frac{10 \times 20}{0.02} = 6000W \rightarrow H = 6000W$$

مثال ۳: یک سرمهله آهنه بی طول  $120cm$  را در آب جوش و سر دیگر آن را در مخلوط آب و بخ قرار می‌دهیم. اگر شعاع میله  $2cm$  باشد، چند زول گرما در مدت یک دقیقه از این میله شارش می‌کند؟

$$(k_{اهن} = 80 \frac{W}{m \cdot K} , \pi = 3) L = 120cm = 1.2m , T_H - T_L = 100 - 0 = 100^{\circ}C = 100K , r = 2cm , t = 1\text{ min} = 60s , Q = ?$$

$$A = \pi r^2 = 3 \times 2^2 = 12cm^2 = 12 \times 10^{-4} m^2$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L} = \frac{80 \times 12 \times 10^{-4} \times 100}{1.2} = 8W \rightarrow H = 8W$$

اپندا آهنگ رسانش گرما را محاسبه می‌کنیم:

گرما عبوری از میله در مدت یک دقیقه به صورت زیر بدست می‌آید:

$$H = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = H \cdot t = 8 \times 60 = 480J \rightarrow Q = 480J$$

پ) همرفت این روش انتقال گرما مختص مایع‌ها و گازها است. در این روش در اثر گرمای فاصله متوسط مولکول‌ها در بخش‌هایی از شاره که در تماس با جسم گرم است، افزایش یافته و حجم آن زیاد می‌شود. در نتیجه چگالی شاره کاهش یافته و بنایه اصل ارشمیدس، نیروی شناوری باعث بالا آمدن آن در محیط می‌شود. آنگاه شاره سرددتر اطراف آن، جایگزین شاره گرمتر شده و گرما منتقل می‌شود.

ابعاد روش همرفت

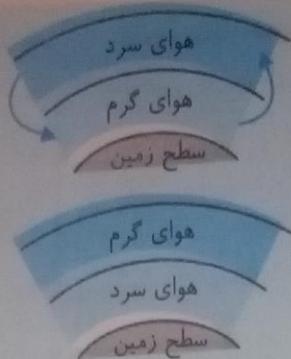
۱- همرفت طبیعی در این روش شاره خود به خود و بدون استفاده از وسیله دیگر و فقط به خاطر نیروی شناوری در محیط حرکت می‌کند، مثل گرم شدن هوای اتاق به وسیله بخاری یا گرم شدن آب درون ظرف یا وزش بادها.

۲- همرفت و اداسته در این روش شاره با کمک یک وسیله خارجی (تلنبله طبیعی یا مصنوعی) به حرکت و اداسته می‌شود، مثل گرم کننده باختمان (شوپاژ) یا دستگاه گردش خون جانداران.



# ایران توشه

توشه ای برای موفقیت



هرفت طبیعی هوادر شرایط عادی هوای اطراف سطح زمین گرم و هوای لایه‌های بالاتر سرد است. در این شرایط در اثر پدیده هرفت هوای گرم با چگالی کمتر به بالا رفته و هوای سردتر با چگالی بیشتر جای آن را می‌گیرد و بدین ترتیب چرخش هوادر «وارونگی هوای (وارونگی دما)» در روزهای سرد زمستانی هوای اطراف سطح زمین سرد و چگالی آن زیاد و هوای لایه‌های بالاتر، گرم‌تر و چگالی آنها کمتر است. تحت این شرایط هرفت طبیعی هوای متوقف می‌شود که به آن «وارونگی هوای» می‌گویند.

لکه «وارونگی هوای» باعث ایجاد آلاینده‌های موجود در لایه هوای سرد سطح زمین و در نتیجه آلدگی هوادر شهرهای صنعتی می‌شود. جاتابش گرمایی به انتقال گرما از طریق امواج الکترومغناطیسی که از اجسام منتشر می‌شود، تابش گرمایی می‌گویند. لکه اجسام در هر دمایی تابش الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند. «هانگاری‌بخشی» از تابش‌های گرمایی منتشر شده از اجسام، تابش نامنئی فروسرخ است که برای آشکارسازی آن از ابزاری به نام دمانگار استفاده می‌شود.

## عوامل مؤثر بر تابش گرمایی

۱- دما: افزایش دما، تابش گرمایی را افزایش می‌دهد.

۲- مساحت: افزایش مساحت، تابش گرمایی جسم را افزایش می‌دهد.

۳- رنگ: رنگ‌های تیره و مات، تابش گرمایی بیشتری نسبت به رنگ روشن دارند.

۴- صیقلی یا کدری‌بودن سطح ناصاف تابش گرمایی بیشتر و سطوح صاف تابش گرمایی کمتری دارند.

لکه روش‌های اندازه‌گیری دما بر مبنای تابش گرمایی را «تفستنج» و ابزارهای اندازه‌گیری دما در این روش را «تفستنج» می‌گویند.

لکه تفستنج‌ها بدون تماس با جسم، دما را اندازه‌گیری می‌کنند و معمولاً برای اندازه‌گیری دماهای بیشتر از  $110^{\circ}\text{C}$  به کار می‌روند.

## أنواع تفستنج:

۱- تفستنج تابشی: در این وسیله دمای جسم با مرمرکردن تابش گرمایی گسیل شده از آن روی ترموموکپل و تغییر ولتاژ خروجی ترموموکپل اندازه‌گیری می‌شود.

۲- تفستنج نوری: اساس کار این تفستنج‌ها مقایسه رنگ و شدت نور یک لامپ رشته‌ای است.

اثر گلخانه‌ای نور خورشید با عبور از جو به سطح زمین می‌رسد و بخشی از آن جذب زمین و بخشی دیگر با انعکاس و تابش گرمایی

گسیل می‌شود. وجود گازهایی مثل دی‌اکسید کربن در لایه پوش سپهر باعث بارتابش دوباره گرمایی گسیل شده به سطح زمین می‌شود.

رفت و برگشت تابش گرمایی بین این لایه و سطح زمین با ایجاد محیطی محصور مانع از خروج گرمایی از سطح زمین و در نتیجه افزایش

دمای زمین می‌شود. به این پدیده یعنی به دام افتادن تابش گرمایی بین لایه پوش سپهر و سطح زمین «اثر گلخانه‌ای» می‌گویند.

گازهای گلخانه‌ای به گازهای موجود در لایه پوش سپهر که باعث به وجود آمدن اثر گلخانه‌ای می‌شوند، «گازهای گلخانه‌ای» می‌گویند.

## قوانین گازها

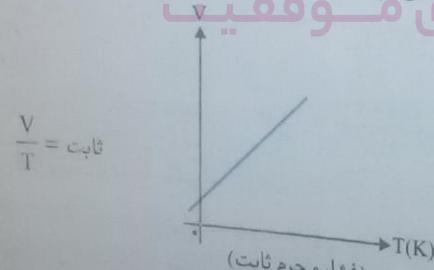
گاز در فشار ثابت اگر فشار مقدار معینی گاز ثابت

باشد، حجم و دمای گاز رابطه مستقیم دارند

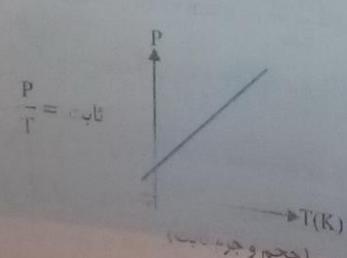
(حجم و دما متناسب‌اند). در نتیجه:

نمودار  $(V-T)$  مقدار معینی گاز در فشار ثابت

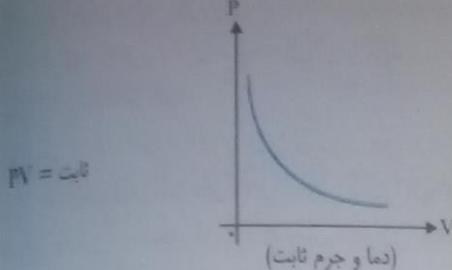
به صورت زیر است:



لکه نمودار  $(P-T)$  مقدار معینی گاز در فشار ثابت به صورت زیر است:



اگر دمای مقدار معینی گاز ثابت باشد، فشار و حجم آن رابطه معکوس دارند. در نتیجه: نمودار (P-V) مقدار معینی گاز در دمای ثابت به صورت زیر است:



با توجه به روابط بالا می‌توان نتیجه گرفت، اگر طی فرایندی فشار، حجم و دمای گازی را از  $P_1$ ،  $V_1$  و  $T_1$  به  $P_2$ ،  $V_2$  و  $T_2$  برسانیم، آنگاه می‌توان نوشت:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

در این رابطه دما حتماً باید بر حسب کلوین نوشته شود و یکاهای  $P$ ،  $V$  و  $T$  در دو طرف معادله یکسان باشند.

**مثال ۱:** دمای مقدار معینی اکسیژن را در فشار ثابت از  $0^{\circ}\text{C}$  به  $273^{\circ}\text{C}$  می‌رسانیم. اگر حجم اولیه گاز  $2\text{ L}$  باشد، حجم نهایی آن چند سانتی‌متر مکعب است؟

$$P = \text{ثابت} , \quad T_1 = 0 + 273 = 273\text{ K} , \quad T_2 = 273 + 273 = 546\text{ K} , \quad V_1 = 2\text{ L} , \quad V_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{\text{ثابت } P} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{2}{273} = \frac{V_2}{546} \rightarrow V_2 = 4\text{ L} \rightarrow V_2 = 4\text{ L}$$

از آن جا که هر لیتر  $1000\text{ cm}^3$  است، حجم نهایی بر حسب سانتی‌متر مکعب برابر است با:

**مثال ۲:** حجم مخزن یک گاز  $120\text{ cm}^3$  و فشار گاز داخل آن  $1\text{ atm}$  است. اگر در دمای ثابتی حجم آن را به  $15\text{ cm}^3$  برسانیم، فشار گاز چقدر می‌شود؟

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{\text{ثابت } T} P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow 1 \times 120 = P_2 \times 15 \rightarrow P_2 = \frac{120}{15} = 8\text{ atm} \rightarrow P_2 = 8\text{ atm}$$

**مثال ۳:** فشارستجی فشار هوای داخل لاستیک یک خودرو در دمای  $7^{\circ}\text{C}$  را برابر  $25\text{ kPa}$  نشان می‌دهد پس از مدتی رانندگی این فشار به  $300\text{ kPa}$  می‌رسد. دمای هوای داخل لاستیک در این فشار چقدر است؟ (حجم لاستیک ثابت فرض شود و  $P_0 = 10^5\text{ Pa}$ )

$$P_1 = P_0 + 25\text{ kPa} = 100000 + 25000\text{ Pa} = 125000\text{ Pa} \rightarrow P_1 = 125\text{ kPa}$$

$$P_2 = P_0 + 300\text{ kPa} = 100000 + 300000 = 400000\text{ Pa} = 400\text{ kPa} \rightarrow P_2 = 400\text{ kPa}$$

$$T_1 = 7 + 273 = 280\text{ K} \rightarrow T_1 = 280\text{ K}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{\text{ثابت } V} \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow \frac{125}{280} = \frac{400}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{280 \times 400}{125} = 320\text{ K} \rightarrow T_2 = 320\text{ K}$$

این دما بر حسب درجه سلسیوس برابر است با:

**مثال ۴:** فشار مخزن گازی  $5\text{ atm}$  و دمای آن  $-23^{\circ}\text{C}$  است. اگر دمای گاز را به  $127^{\circ}\text{C}$  برسانیم، حجم گاز دو برابر حجم اولیه آن می‌شود. در این حالت فشار گاز چقدر است؟

$$P_1 = 5\text{ atm} , \quad T_1 = -23 + 273 = 250\text{ K} , \quad T_2 = 127 + 273 = 400\text{ K} , \quad V_2 = 2V_1 , \quad P_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{\text{ثابت } V} \frac{5 \times V_1}{250} = \frac{P_2 \times 2V_1}{400} \rightarrow \frac{5}{250} = \frac{P_2}{400} \rightarrow P_2 = \frac{200 \times 5}{250} = 4\text{ atm} \rightarrow P_2 = 4\text{ atm}$$

اگر تعداد مول گاز را با  $n$  و عدد آوگادرو ( $6.02 \times 10^{23}$ ) را با  $N_A$  نشان دهیم، تعداد مولکول‌های  $n$  مول گاز برابر است با:

$$n = N / N_A \rightarrow N = nN_A \rightarrow N = n \cdot N_A \rightarrow N = n \cdot 6.02 \times 10^{23}$$

در دما و فشار ثابت  $\frac{V}{N}$  یکی باشد، گاز به تعداد مولکول آن ( $N$ ) ثابت است:

$$\frac{V}{N} = \frac{V}{nN_A} \xrightarrow{\text{ثابت}} \frac{V}{nN_A} = \frac{V}{n} \xrightarrow{\text{ثابت}} \frac{V}{n} = \frac{V}{n}$$



## تمرین ۲-۴

الف) دمای بدن یک انسان سالم تقریباً  $37^{\circ}\text{C}$  است. این دما را بر حسب کلوین و فارنهایت بنویسید.

$$\begin{cases} T = \theta + 273 = 37 + 273 = 310\text{K} \\ F = \frac{9}{5}\theta + 32 = \frac{9}{5} \times 37 + 32 = 98.6^{\circ}\text{F} \end{cases}$$

ب) گرمترین نقطه روی زمین، ناحیه‌ای در کویر لوت است که دمای آن تا حدود  $70^{\circ}\text{C}$  و سردترین نقطه در قطب جنوب است که دمای آن تا  $-89^{\circ}\text{C}$  گزارش شده است. این دماها را بر حسب کلوین و فارنهایت بدست آورید.

$$\begin{cases} T = \theta + 273 = 70 + 273 = 343\text{K} \\ F = \frac{9}{5}\theta + 32 = \frac{9}{5} \times 70 + 32 = 158^{\circ}\text{F} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T = \theta + 273 = -89 + 273 = 184\text{K} \\ F = \frac{9}{5}\theta + 32 = \frac{9}{5} \times (-89) + 32 = -128.2^{\circ}\text{F} \end{cases}$$

۹۷

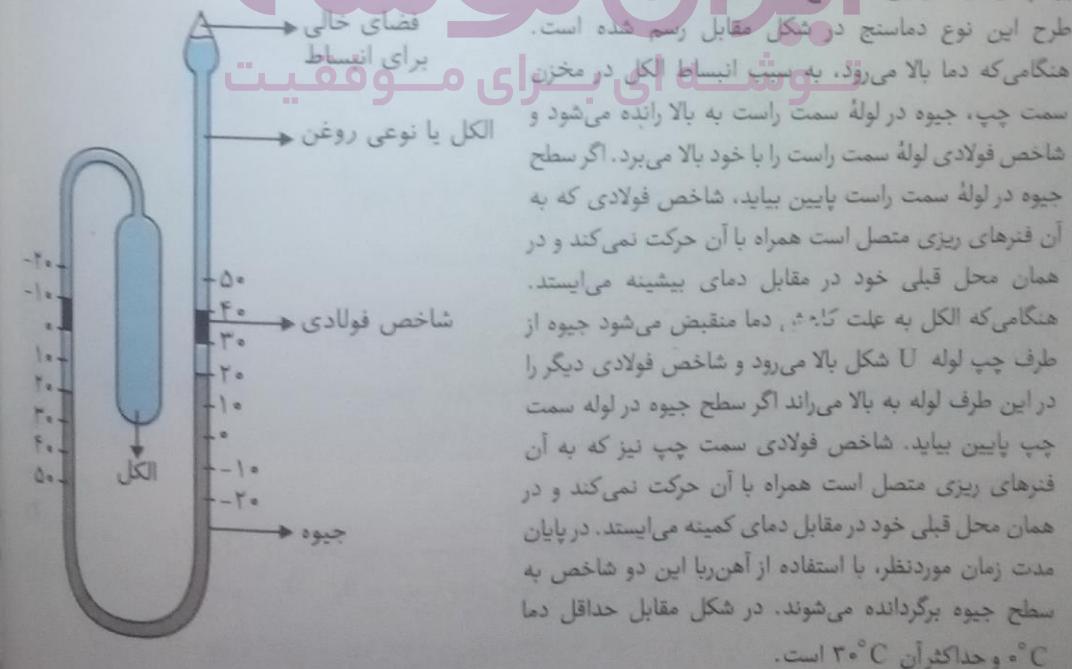
## فعالیت ۱-۴

تحقيق کنید برای نگهداری یاخته‌های بینایی بند ناف خون، به چه دماییں نیازمندیم. این دما چگونه ایجاد و حفظ می‌شود؟ دمای نگهداری سلول‌های بند ناف در حدود  $196^{\circ}\text{C}$  است. این دما توسط نیتروژن مایع با نقطه جوش  $196^{\circ}\text{C}$  - ایجاد می‌شود. در این حالت نیتروژن و سلول‌های بند ناف در تانک‌های خلاء که مبادله گرما با محیط را تقریباً به صفر می‌رسانند گهداری می‌شوند. در این تانک‌ها بین جداره داخلی و بیرونی خلاء وجود دارد.

۹۹

## فعالیت ۲-۴

نوع ویژه‌ای از دماستنچ‌های مایعی که بیشته و کمینه دمای ادریک مدت زمان معین نشان می‌دهد، دماستنج یا شبه کمینه نام دارد. از این دماستنچ‌ها معمولاً در مراکز پرورش گل و کیاه، یاغداری، هواشناسی و ... استفاده می‌شود. در مورد چگونگی کار این دماستنچ‌ها تحقیق کنید.





## ۱-۴ پرسش

(الف) چرا بهتر است قفل و کلید یک در هم جنس باشند؟

بر این صورت در اثر تغییر دما، ابعاد هردو به یک میزان تغییر کرده و کلید در قفل گیر نمی‌کند.

ب) چرا در برخی از فصل‌های سال، بعضی از درب‌ها در چارچوب خود گیر می‌کنند؟

بر این تغییرات دما در فصول مختلف سال، تغییرات منفأوتی را در ابعاد درب و چارچوب ایجاد کرده (این تغییر می‌تواند به دلیل تغییر جنس درب و چارچوب باشد) و در نتیجه درب گیر می‌کند.

## ۳-۴ فعالیت

۱- شکل (الف) طرحی از دو قسمت متواالی خط آهن (ریل راه‌آهن)‌های قدیمی و شکل (ب) تصویر واقعی از آن را در گذشته نشان می‌دهد. اگر فاصله خالی بین این دو قسمت به حد کافی زیاد نمی‌بود، چه مشکلی پیش می‌آمد؟

تغییر طول هر بخش از ریل‌ها در اثر انبساط و انقباض ناشی از تغییرات دما، موجب وارد شدن نیرو به بخش‌های دیگر می‌شود و این نیرو و باعث خمیده شدن ریل‌ها یا جدا شدن اتصالات آن می‌شود.

۲- امروزه بین قسمت‌های متواالی خط آهن فاصله‌ای در نظر گرفته نمی‌شود و این قسمت‌ها پشت سرهم جوشکاری می‌شوند. تحقیق کنید در این روش چگونه مشکل ناشی از انبساط در یک روز گرم تابستانی برطرف می‌شود؟

امروزه برای اتصال ریل‌ها به پایه‌های زیرین خطوط (به این پایه‌ها تراورس می‌گویند) از پیچ و مهره استفاده نمی‌شود بلکه ریل نوسط بسطهای فلزی محکمی به پایه‌ها می‌چسبد در نتیجه امکان انبساط طولی به هر میزان از طرف آزاد ریل که معمولاً در محل تعویض خطوط در ایستگاه‌ها است وجود دارد.

## ۱-۴ آزمایش

هدف: اندازه‌گیری ضریب انبساط طول

وسیله‌های مورد نیاز: دستگاه اندازه‌گیری ضریب انبساط طول، چند لوله فلزی توخالی، آرلن با لوله جانبی و دربوش، لوله لاستیک، دماستنج، مجموعه پایه و گیره و چراغ الکل.



# ایران توشه

توشه‌ای برای موفقیت

شرح آزمایش:

۱- طول لوله توخالی مورد نظر را اندازه بگیرید ( $L_1$ ) و لوله را روی دستگاه نصب کنید.

۲- در این مقداری آب بریزید و دربوش آن را بگذارید.

۳- دمای محیط را بخوانید ( $\theta_1$ ) و دماستنج را در جای نشان داده شده قرار دهید.

۴- ارلن را گرما دهید تا آب به جوش آید.

۵- آن قدر صبر کنید تا بخار آب از لوله خارج و لوله توخالی کاملاً گرم شود و سپس دمای دماستنج را بخوانید ( $\theta_2$ ).

۶- افزایش طول میله توخالی را با ریزستنج متصل به دستگاه اندازه بگیرید ( $\Delta L$ ).

۷- با استفاده از رابطه  $2-4$  ضریب انبساط طول را بدست آورید.

$$\Delta L = L_1 \times \Delta T \rightarrow 0 / 16 = 120 \times \alpha \times (95 - 25) \rightarrow \alpha = 0.400 \text{ cm}^{-1}$$

۸- می‌توانید این آزمایش را برای میله‌های توخالی دیگر تکرار کنید.

الکل

لندین دما  
از جه  
که در آن  
را باته  
باشد، نشان  
دهنده دهی  
ب این دهی  
عبارت را در  
با توجه به این ک

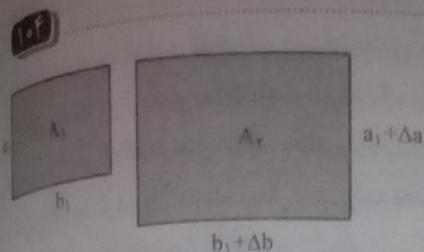
$(1 + \beta\Delta T)$

با توجه به این دهی

$\frac{T}{T}$

عبارت را در

با توجه به این ک



فعالیت ۴-۴  
ورقهای فلزی و مستطیل شکل به اضلاع  $a_1$  و  $b_1$  را در نظر بگیرید. برآثر افزایش دمای  $\Delta T$ ، طول اضلاع مستطیل به اندازه  $\Delta a$  و  $\Delta b$  افزایش می‌یابند. اگر ضریب انبساط طولی ورقه  $\alpha$  باشد، نشان دهید که افزایش مساحت این ورقه با تقریب مناسب از رابطه  $\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$  به دست می‌آید.

$$A_2 = (a_1 + \Delta a)(b_1 + \Delta b) = a_1 b_1 + a_1 \Delta b + b_1 \Delta a + \Delta a \Delta b$$

$$\begin{cases} \Delta a = a_1 \alpha \Delta T \\ \Delta b = b_1 \alpha \Delta T \end{cases} \rightarrow A_2 = a_1 b_1 + a_1 b_1 \alpha \Delta T + b_1 a_1 \alpha \Delta T + a_1 \alpha \Delta T b_1 \alpha \Delta T$$

$$A_1 = a_1 b_1 \rightarrow A_2 = A_1 + A_1 \alpha \Delta T + A_1 \alpha \Delta T + A_1 (\alpha \Delta T)^2$$

با توجه به کوچک بودن ضریب  $\alpha$  از عبارت  $A_1 (\alpha \Delta T)^2$  می‌توان صرف نظر کرد. درنتیجه:

$$A_2 = A_1 + 2A_1 \alpha \Delta T \rightarrow A_2 - A_1 = 2\alpha A_1 \Delta T \rightarrow \Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$$

تمرین ۳-۴

شکل‌های (الف) و (ب) نشان می‌دهند که وقتی روی یک ورقه فلزی حفره‌ای دایره‌ای داشته باشیم و ورقه را گرم کنیم (یا مساحت) حفره بزرگ می‌شود. فرض کنید جنس ورقه، برنجی است و حفره‌ای به قطر ۱ اینچ ( $2.54\text{cm}$ ) درون آن ایجاد شده است. وقتی دمای ورقه،  $20^\circ\text{C}$  افزایش مساحت حفره چقدر خواهد شد؟

$$R = \frac{1}{2 \times 54 \div 2} = 1/27\text{cm}, \quad \Delta T = 200^\circ\text{C}$$

$$A_1 = \pi R^2 = \pi / 14 \times (1/27)^2 = 5\text{cm}^2$$

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T = 2 \times 19 \times 10^{-6} \times 5 \times 200 = 2 \times 19 \times 5 \times 2 \times 10^{-4} = 380 \times 10^{-4} = 380 \times 10^{-3}\text{cm}^2$$

$$\rightarrow \Delta A = 3.8 \times 10^{-2}\text{cm}^2$$

تمرین ۴-۴

فعالیت ۴-۴

وقتی آب در

بخ زدن از سطح آ

سیتر از مایع ها ا

تا  $0^\circ\text{C}$  حجم آب

آن افزایش حجم

پرسشن ۲-۴

الف) منظور از این

محیط به تعادل گ

ب) در یک کلاس

آنها بیشتر از دمای

دماشی بیشتر از ده

گرما با بیرون دمای

تعادل گرمایی هست

پ) در شکل ۴-

با رسیدن به تعادل

پرسشن ۳-۴

چند گوی فلزی ا

بکسانی داشته باه

بس از مدتی گوی

را ذوب می‌کند و

طراس و اجرا کر

دازند. در زمان سرد

تمرین ۴-۴

آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که با آن بتوانید حجم گلیسیرین سریز شده در مثال ۴-۴ را اندازه بگیرید. پس از روی آن، ضریب انبساط حجمی گلیسیرین را تعیین کنید.

وسایل آزمایش: گلیسیرین، استوانه مدرج، درپوش پلاستیک استوانه مدرج با دو سوراخ، دماستج، لوله مدرج، چراغ الکلی و پایه. شرح آزمایش: داخل استوانه مدرج تا حجم  $100\text{cm}^3$  گلیسیرین می‌ریزیم ( $V_1 = 100\text{cm}^3$ ). دماستج و لوله مدرج را در سوراخ‌های درپوش عبور داده و درپوش را بر روی ظرف طوری قرار می‌دهیم که سطح گلیسیرین را به طور کامل پوشاند. دمای اولیه گلیسیرین را با دماستج اندازه گیری می‌کنیم. ( $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$ ).

ظرف را بر روی پایه قرار داده و توسط چراغ به آن گرمایی دهیم تا دمای آن به  $60^\circ\text{C}$  برسد ( $\theta_2 = 60^\circ\text{C}$ ). گلیسیرین شده و از لوله مدرج بالا می‌آید. حجم گلیسیرین منبسط شده در دمای  $60^\circ\text{C}$  را توسط لوله مدرج مشخص می‌کنیم ( $\Delta V = 2\text{cm}^3$ ).

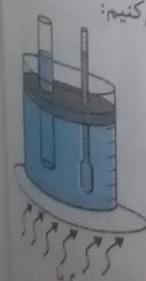
حال با کمک رابطه  $\Delta V = \beta V_1 \Delta T$  ضریب انبساط حجمی گلیسیرین را محاسبه می‌کنیم:

$$V_1 = 100\text{cm}^3, \quad \theta_1 = 20^\circ\text{C}, \quad \theta_2 = 60^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = \Delta \theta = 40^\circ\text{C}, \quad \Delta V = 2\text{cm}^3$$

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T \rightarrow 2 = \beta \times 100 \times 40 \rightarrow \beta = \frac{2}{4000}$$

$$\rightarrow \beta = 5 \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-4} \frac{1}{\text{K}}$$



۱۰۶

**نماین ۴-۴** افزایش دما که به طور معمول موجب افزایش حجم اجسام می شود، بر جرم آنها تأثیری ندارد. به همین دلیل انتظار داریم که چگالی اجسام با افزایش دما کاهش یابد، رابطه چگالی با تغییر دما به صورت  $\rho_2 = \rho_1 / (1 + \beta \Delta T)$  است که در آن  $\rho_1$  و  $\rho_2$  په ترتیب چگالی ماده در دمای  $T_1$  و  $T_2$ ،  $\beta$  ضریب انبساط حجمی و  $\Delta T = T_2 - T_1$  است.

(الف) رابطه چگالی با تغییر دما را به دست آورید.

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

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

(ب) نشان دهید با تقریب مناسبی می توان چگال جسم را از رابطه  $\rho_2 = \rho_1 (1 - \beta \Delta T)$  نیز بدست آورد.

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

عارت رادر  $\frac{1 - \beta \Delta T}{1 - (\beta \Delta T)^2}$  ضرب می کنیم:

بنابراین:  $\rho_2 = \rho_1 (1 - \beta \Delta T)^2$  با توجه به این که  $(\beta \Delta T)^2$  مقدار کوچکی است می توان از آن صرف نظر کرد.

$$\rho_2 = \frac{\rho_1 (1 - \beta \Delta T)}{1 - (\beta \Delta T)^2} \rightarrow \rho_2 = \rho_1 (1 - \beta \Delta T)$$

۱۱۱

۱۰۷

## فعالیت ۶-۴

**۱** وقتی آب در یک ظرف روباز بخ می بندد معمولاً یک برآمدگی مرکزی ایجاد می شود. در این مورد تحقیق کنید. بخ زدن از سطح آب شروع شده و نقاطی که نزدیک به دیواره های ظرف هستند سریع تر بخ می زند (چون رسانندگی گرمایی جامد ها بستر از مایع هاست مولکول های آب نزدیک دیواره سریع تر گردی خود را از دست می دهند). می دانیم با کاهش دمای آب از  $4^{\circ}\text{C}$  حجم آب افزایش می یابد. پس در حین بخ زدن آب از ظرف دیواره ها حجم نیز افزایش می یابد. چون مایع ها تراکم ناپذیرند این افزایش حجم به تدریج به نقطه میانی ظرف منتقل و باعث بالا آمدن سطح آب در حین انجماد می شود.

۱۰۹

## پرسش ۲-۴

(الف) منظور از اینکه «دماستچه های معمولی دمای خودشان را اندازه گیری می کنند» چیست؟ چون در اندازه گیری دما، دماستچ و محیط به تعادل گرمایی رسیده و همدها می شوند، دماستچ ها با نشان دادن دمای خودشان، دمای محیط را نیز نشان می دهند.

(ب) در یک کلاس درس میز صندلی، داشت آموز تخته، شیشه پنجره و وجود دارد در یک روز مستانی، دمای کدام بک از آنها بیشتر از دمای هوای اتاق است؟ دمای کدام یک کمتر از دمای هوای اتاق است؟ بدین انسان چون منع تولید گرما است دمایی بیشتر از دمای هوای کلاس دارد. اجمامی مثل شیشه و پنجره که با هوای بیرون در ارتباط هستند نیز به دلیل مبارله گرمایی با بیرون دمای کمتری نسبت به دمای هوای کلاس دارند. سایر اجسام داخل کلاس نیز چون همگی با هوای کلاس در تعادل گرمایی هستند دمای ثابتی دارند.

(پ) در شکل ۴-۱۷ میانگین انرژی جنبشی ذرات دو جسم چگونه تغییر کرده است؟

با رسیدن به تعادل گرمایی، میانگین انرژی جنبشی ذرات جسم گرم کاهش و جسم سرد افزایش می یابد.

۱۱۱

## پرسش ۳-۴

چند گوی فلزی از جنس های مختلف، مثلاً از آلومینیم، فولاد، برنج، مس، سرب و ... را اختیار می کنیم که همگی جرم بکسانی داشته باشند. گوی ها را توسط ریسمان هایی داخل ظرف آبی قرار می دهیم که آب آن در حال جوشیدن است و پس از مدتی گوی ها را بیرون آورده و آنها را روی یک ورقه پارافین قرار می دهیم. به نظر شما کدام گوی، پاراون بیشتری را ذوب می کند و علت آن چیست؟ این آزمایش را نخستین بار فیزیک دان ایرلندی، جان تیندال ( $1820-1893$  م) طراحی و اجرا کرد. گویی که گرمای ویژه بیشتری دارد پارافین بیشتری را ذوب می کند. زیرا اجسام که گرمای ویژه ای بالاتری دارند در زمان سرد شدن گرمای بیشتری را به محیط و اجسامی که در تماس با آنها هستند منتقل می کنند.

۱۱۴

تمرین ۴-۴

جسم به جرم  $25\text{ kg}$  و دمای  $25^{\circ}\text{C}$  را درون ظرف عایقی حاوی  $50\text{ kg}$  آب  $25^{\circ}\text{C}$  اندازیم. پس از چند دقیقه دمای تعادل را اندازه من گیریم. دمای تعادل  $21^{\circ}\text{C}$  می شود. گرمای ویژه جسم را محاسبه کنید.

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

تعادل گرما بین ظرف و سایر اجسام چشم پوشی کنید.

لذا خلاصه اطلاعات مسئله را به صورت زیر می نویسیم:

$$\left. \begin{array}{l} m_1 = 25\text{ kg}, \theta_1 = 25^{\circ}\text{C}, c_1 = ? \\ m_2 = 50\text{ kg}, \theta_2 = 25^{\circ}\text{C}, c_2 = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{دما تعادل}} \theta = 21^{\circ}\text{C}$$

چون جسم و آب به تعادل گرمایی رسیده اند، می توان نوشت:

$$\begin{aligned} Q_{\text{جسم}} + Q_{\text{آب}} &= 0 \rightarrow m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) = 0 \\ 18 &\quad -4 \\ \rightarrow 0/25 \times c_1 \times (25 - 21) + 0/50 \times 4200 \times (21 - 25) &= 0 \\ 4/5 c_1 - 8400 &= 0 \rightarrow 4/5 c_1 = 8400 \rightarrow c_1 = \frac{8400}{4/5} = 1866 \rightarrow c_1 = 1/187 \times 10^7 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \end{aligned}$$

۱۱۴

آزمایش ۴-۴

هدف: تعیین گرمای ویژه فلزی با جنس نامعین

وسیله های مورد نیاز: گرماسنج با ظرفیت گرمایی معین،

یک جسم کوچک فلزی (مثل یک وزنه فلزی قلاب دار)،

دماسنج ترازو، پرشیشه ای، چراغ گازی، سه پایه و شعله

پخش کن، انبر.

۱۱۵



# ایران توشه

توشه ای برای موفقیت

شرح آزمایش:

۱- مقداری آب با جرم معلوم را درون گرماسنج بروزید و صبر کنید و تا دمای گرماسنج و آب بیکسان شود. این دما را اندازه بگیرید و بادداشت کنید.

$$C_{\text{گرماسنج}} = 20^{\circ}\text{C}, m_{\text{آب}} = 200\text{ g}$$

۲- جرم جسم فلزی را به کمک ترازو اندازه بگیرید و بادداشت کنید.

$$m_{\text{فلز}} = 180\text{ g}$$

۳- جسم فلزی را درون بشرقراز دهید، مقداری آب روی آن بروزید و سپس مجموعه را روی چراغ گازی روشن بگذارد.

۴- صبر کنید تا آب چند دقیقه بجوشد. دمای آب را در این حالت اندازه بگیرید. این دما، همان دمای جسم فلزی نیز است.

$$\theta_{\text{فلز}} = 100^{\circ}\text{C}$$

۵- جسم داغ شده را توسط انبر به سرعت درون گرماسنج بیندازید.

۶- آب درون گرماسنج را با همنز آن به هم بزنید و دمای تعادل را اندازه گرفته و بادداشت کنید.

۷- با استفاده از رابطه  $c = \frac{(Q_{\text{گرماسنج}} - Q_{\text{آب}})}{(m_{\text{آب}} - m_{\text{فلز}}) \Delta \theta}$  گرمای ویژه جسم فلزی را بدست آورید.

$$c = \frac{(Q_{\text{گرماسنج}} - Q_{\text{آب}})}{(m_{\text{آب}} - m_{\text{فلز}}) \Delta \theta}$$

$$= \frac{(20 - 100) + 78(100 - 20)}{18 \times 100} = 0.40 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$$

$$\Rightarrow 50.4 + (-13.68) = 31.2 = 0 \Rightarrow c = \frac{53.52}{13.68} = 3.91 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$$

درنتیجه جنس قطعه فلزی از مس است.

# ایران توشه

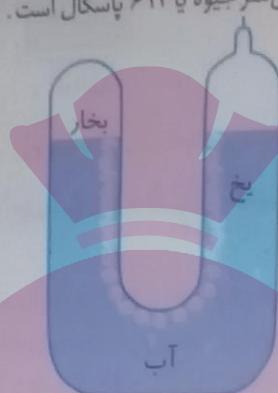
توشه‌ای برای موفقیت



## فعالیت ۷-۴

لطفه ذوب بخ در فشار atm برابر  ${}^{\circ}\text{C}$  است. برای آب نقطه‌ای موسوم به نقطه سه‌گانه وجود دارد که در آن سه حالت بخ، آب و بخار در تعادل‌اند. دمای این نقطه  ${}^{\circ}\text{C} / 0\%$  است. تحقیق کنید برای رسیدن به این نقطه به چه فشاری نیاز است.

لطفه سه‌گانه آب نقطه ثابتی است که در آن، بخ، آب و بخار در حال تعادل قرار دارند. این حالت فقط در فشار معینی حاصل می‌شود. فشار بخار آب در نقطه سه‌گانه  ${}^{\circ}\text{C} / 58\%$  میلی‌متر جیوه یا  $12\text{ kPa}$  است.



## فعالیت ۸-۴

بر و بخ دو شکل آشنای حالت جامد آب هستند، اما با وجود این، ظاهر متفاوتی دارند. دلیل این امر را تحقیق کنید. غلت این تفاوت مربوط به نحوه فرایند تشکیل برف و بخ است. در تشکیل برف، هوای سرد، مولکول‌های بخار آب را به کریستال‌های بخ تبدیل می‌کنند. این کریستال‌ها در مسیر فرود به زمین با مولکول‌های بخار آب برخورد می‌کنند. به محض برخورد بخار آب با کریستال، بخار آب حالت گازی خود را از دست داده و به کریستال جامد تبدیل شده و به هسته دانه برف می‌پوندد. این فرایند مدام تکرار و دانه‌های بزرگتری از برف ساخته می‌شود. ولی در فرایند شکل گیری بخ، مولکول‌های مایع از ابتدا در کنار هم قرار دارند و با سرد شدن، ساختار بخ را تشکیل می‌دهند.

## فعالیت ۹-۴

تحقیق کنید وجود ناخاص در مایع چه تأثیری بر نقطه انجماد آن دارد. وجود ناخالص موجود می‌شود که مایع، نقطه انجماد مشخصی نداشته و انجماد در گستره‌ای از دماهارخ دهد. مثلاً هنگام بخ زدن آب نمک، اولین بلورهای در دمای کمتر از  ${}^{\circ}\text{C}$  تشکیل می‌شود و انجماد کامل در دماهای کمتر ( ${}^{\circ}\text{C} / 18 - 18\%$ ) روی می‌دهد.

## آزمایش ۳-۴

هدف: تعیین گرمای نهان ذوب بخ  
وسیله‌های موردنیاز: پیش‌شیشه‌ای با حجم  $400\text{ mL}$ ، چراغ گازی، سه پایه، توری نسوز، ترازو، مقداری مخلوط آب و بخ.  
گرماسنج با ظرفیت گرمایی معلوم و دماسنجد.

شرح آزمایش:

۱- آب در بشربیزید و آن را روی سه پایه قرار دهید. چراغ گاز را روشن کنید تا دمای آب دست کم به  ${}^{\circ}\text{C} / 6$  برسد.

۲- آب گرم را درون گرماسنج بزید و پس از مدتی دمای تعادل آب و گرماسنج را با دماسنجد اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۳- قطعه بخشی به جرم تقریبی  $0.5\text{ kg}$  را از درون مخلوط آب و بخ (با دمای  ${}^{\circ}\text{C} / 0$ ) بیرون آورده و جرم آن را اندازه

$m = 41\text{ g}$

گرفته و یادداشت کنید.

۴- بخ را درون گرماسنج بیندازید و صبر کنید تا کاملاً ذوب شود. اینک دمای تعادل را اندازه بگیرید.

۱۱۹

۱۱۷

۱۱۹

۱۱۹

۵-۴  
پرسش  
چهارمین می شود.  
ا دلیل دیرتر پخت  
انگاعات به دلم  
دش می شود. کوه  
نتیجه نقطه ج

۴-۴  
آزمایش  
دلیل: تعیین گرمایش  
بلهای موردنی  
نحو آزمایش:  
جنبش خالی را  
آنوی را روی سه  
دما سنج را به  
بین نزاز سطح آرد  
در لحظه ای که  
 $t_1 = 4$

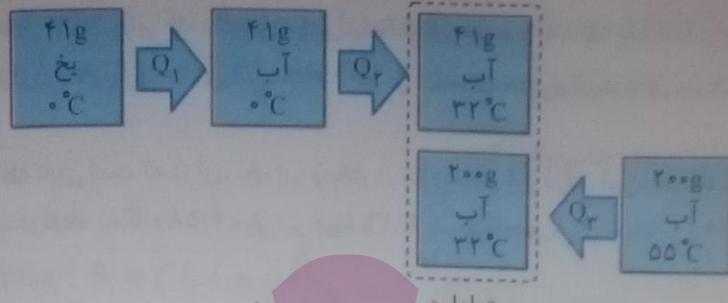
۴-۴  
میرکنید تا آب  
با استفاده از  
پلاست آورید.  
ا- گرمای دادن را آ  
چنان و بشرطی ب  
ازمان (۱۲) را

۴-۴  
گرمای تبخیر را

۴-۴  
نماین  
قطعه یخ به جرم  
گرمای مورد نیاز برای

۴-۴  
مالح طبی شده در  
kg  
بخار  
°C

۵- با استفاده از اعداد به دست آمده، گرمای ذوب بخ ( $L_F$ ) را حساب کنید.



$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \rightarrow 0 / 0.41 L_F + 0 / 0.41 \times 4200 \times (32 - 0) + 0 / 2 \times 4200 \times (32 - 55) = 0 \\ Q_1 + 13809 / 6 = 336820 \text{ J/kg} \Rightarrow L_F = \frac{13809 / 6}{0.41}$$

$$\rightarrow L_F = 3 / 37 \times 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

۱۲۰

## فعالیت ۱۰-۴

الف) بررسی کنید از دیدگاه مولکولی، افزایش دما و افزایش مساحت سطح مایع چگونه برآهنگ تبخیر سطحی مایع اثر می گذارد؟  
با افزایش دما جنبش مولکولی افزایش یافته و مولکول های بیشتری تندی کافی را برای جدا شدن از سطح مایع پیدا می کنند.  
بنابراین آهنگ تبخیر سطحی افزایش می یابد.

ب) بررسی تبخیر سطحی در شرایط مختلف سعی کنید از راه تجربه، عامل یا عامل های دیگری را پیدا کنید که بر آهنگ تبخیر سطحی مؤثر باشد.

۱- جنس مایع: تبخیر سطحی در برخی مایع ها بیشتر از سایر مواد است. مثلاً تبخیر سطحی در الکل بسیار بیشتر از آب است.

۲- فشار سطح مایع: فشار سطح مایع و تبخیر سطحی نسبت عکس دارند، یعنی کاهش فشار بر سطح مایع ها باعث افزایش آهنگ تبخیر سطحی می شود. بنا بر همین قاعده، جریان هوا هم می تواند برآهنگ تبخیر سطحی مؤثر باشد. طبق اصل برنولی، جریان هوا بر بروی سطح مایع باعث کاهش فشار هوا در سطح مایع و در نتیجه افزایش آهنگ تبخیر سطحی می شود.

پ) تحقیق کنید کوزه های سفالی چگونه می توانند آب داخل خود را خنک کنند؟  
کوزه های سفالی مولکول های آب را داخل به سطح خارجی خود منتقل می کنند و چون تبخیر فرآیندی گرمگیر است این مولکول ها برای تبخیر شدن، از سطح کوزه گرمگرفته و آب درون کوزه خنک می شود.

## فعالیت ۱۱-۴

از نفاوت نقطه جوش اجسام مختلف در صنعت، استفاده زیادی می شود. تحقیق کنید چگونه از این ویژگی برای جدا کردن محصولات نفتی استفاده می شود؟

در این روش مخلوط مواد و محصولات نفتی را گرم می دهند. از آنجا که دمای جوش اجزای تشکیل دهنده مخلوط متفاوت است. بخارهای نفتی ایجاد شده در دمای مختلف، هر یک مربوط به جزء خاصی از اجزای مخلوط است که طی فرآیند میعان و تقطیر، جمع آوری می شوند.

۱۲۱

## پرسش ۴-۴

چرا در جدول ۴-۵ گرمای تبخیر آب با افزایش دمای آن کاهش می یابد؟  
با افزایش دما جنبش مولکولی و تندی حرکت مولکول ها افزایش یافته در نتیجه پیوند بین آنها سست تر می شود و مولکول ها برای جدا شدن از سطح به انرژی کمتری نیاز دارند؛ بنابراین با افزایش دمای آب گرمای کمتری برای تبخیر آن نیاز است.



## پرسش ۵-۴

ا) جراحتا در دیگ زودتر پخته می شود؟ بسته بودن قریب زودتر باعث محبوس شدن بخار آب در آن و افزایش فشار در سمع مانع می شود. بنابراین نقطه جوش مانع افزایش باعث و غذا در دمای بالاتر قرار می گیرد و در نتیجه زودتر پخته می شود.  
ب) دلیل دیرتر پخته شدن تخم مرغ در ارتفاعات چیست؟ کوهنوردان برای رفع این مشکل چه کاری انجام می دهند؟  
در ارتفاعات به دلیل کاهش فشار هوا نقطه جوش آب پایین می آید. در نتیجه تخم مرغ در دمای کمتری قرار می گیرد و دیرتر پخته می شود. کوهنوردان برای رفع این مشکل تخم مرغ ها را در ظروف درسته می جوشنند زیرا با بسته شدن در ظرف فشار هوا در نتیجه نقطه جوش افزایش می یابد.

## ۱۲۳

## آزمایش ۴-۴

هدف: تعیین گرمای نهان تبخیر آب

وسایل های مورد نیاز: بشر ۲۰۰g، دماستح، سه پایه، نوری، پایه و گیره، چراغ گاز، زمان سنج، آب و ترازو



### شرح آزمایش:

- ۱- جرم شرخال را اندازه گیری کنید و مقدار معین آب (متلا ۲۰۰kg) در آن ببریزید.
- ۲- نوری را روی سه پایه بگذارید. چراغ را زیر آن روشن کنید و بشر را روی نوری قرار دهید.
- ۳- دماستح را به کمک پایه و گیره طوری درون بشر قرار دهید تا مخزن آن کمی باشند سطح آب باشد.

۴- در لحظه ای که دمای آب به  $\theta_1 = 70^\circ\text{C}$  می رسد زمان سنج را روشن کنید

## ۱۲۴

۵- صبر کنید تا آب به جوش آید. زمان ( $t_2$ ) و دما ( $\theta_2$ ) را ثبت کنید.

$$t_2 = 1\text{ min} \quad \theta_2 = 99^\circ\text{C}$$

۶- با استفاده از رابطه  $P(t_2 - t_1) = mc(\theta_2 - \theta_1)$  و جایگذاری مقادیر معلوم، توان گرمادهی چراغ به آب (P) را بدست آورید.

$$P(60 - 0) = 200 \times 10^3 \times 4200 \times (99 - 70) \rightarrow P = \frac{24360}{6} = 406\text{W}$$

۷- گزینا دادن را آن قدر ادامه دهید تا مقدار قابل ملاحظه ای از آب بخار شود (تذکر در طول گرما دادن باید شرایط

چراغ و بشر ثابت بماند تا توان گرمادهی چراغ به آب تغییر نکند).

۸- زمان ( $t_2$ ) را ثبت کنید. بشر را از روی چراغ بردارید و با وزن کردن آن جرم آب بخار شده ( $m'$ ) را بدهد.

$$t_2 = 6/5\text{ min} \quad m' = 14\text{g} \rightarrow m' = 6\text{g}$$

۹- گرمای تبخیر را با استفاده از رابطه  $P(t_2 - t_1) = m'L_V$  به دست آورید.

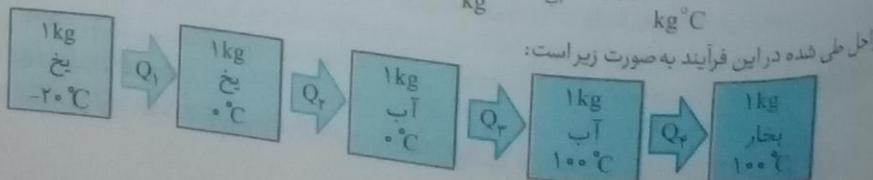
$$P(t_2 - t_1) = m'L_V \rightarrow 406(390 - 60) = 6/5L_V \Rightarrow L_V = 2/23 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

## ۱۲۴

### نمرین ۴-۶

فقطه بعض به جرم  $1\text{ kg}$  و دمای اولیه  $20^\circ\text{C}$  - را آن قدر گرم می کنیم تا تمام آن تبدیل به بخار  $100^\circ\text{C}$  شود. کل گرمای مورد نیاز برای این تبدیل چند کیلوژول است؟

$$L_{F, \text{ج}} = 324 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad c_{\text{ج}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}, \quad L_{V, \text{آب}} = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$



ازمایش:  
لله را ز آب  
پهارا از دها  
پن از شاه  
له شاخه قا  
دستان را  
نه درون لول  
به اس س ک  
مشاهدات  
با نتمی از  
به مشاهده م  
بلکن آب  
ملات.

۱۲۳-۴ پرسش  
با نظر شه  
دیه ضریب  
علت اختلا  
لکنی دار  
فعالیت ۴  
چهار بطری  
لکه دردو  
طی های آ  
آن را دقیقا  
اعلام دیده  
فرار دیده  
گری بطری ق  
باشد با بیرون  
ازین آزمایه  
سبب به و  
فعالیت  
رادیومتر و  
منوانند  
اسیله کتا  
سرین قرار  
ترانی و س  
کر کند ق  
کشند  
ستکل و  
بلند و از  
کو دار  
ساز جو

منظور سهولت در محاسبات نتایج را بر حسب کیلوژول می نویسیم:

$$Q_1 = mc \Delta\theta = 1 \times 2100 \times (0 - (-20)) = 42000 \text{ J} = 42 \text{ kJ}$$

$$Q_2 = mL_F = 1 \times 334 = 334 \text{ kJ}$$

$$Q_3 = mc \Delta\theta = 1 \times 4200 (100 - 0) = 420000 \text{ J} = 420 \text{ kJ}$$

$$Q_4 = mL_V = 1 \times 2256 = 2256 \text{ kJ}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 42 + 334 + 420 + 2256 = 3052 \text{ kJ} \rightarrow Q = 3 / 1 \times 10^3 \text{ kJ}$$

۱۲۴

### فعالیت ۱۲-۴

در مورد ایجاد شبیم صبحگاهی روی گیاهان تحقیق کنید. صبحگاهان قبل از طلوع خورشید خنکترین زمان شبانه روز است. زیرا بیشترین فاصله زمانی را از زمان تابش خورشید به زمین دارد. در صبحگاهان بخار آب موجود در هوای را از برخورد با سطوح سردتر مثل شاخه و برگ گیاهان با از دست دادن گرمای فرآیند میان به مایع تبدیل شده و شبیم صبحگاهی ایجاد می شود.

۱۲۴

### فعالیت ۱۳-۴

در فرایندهای تغییر حالت (تغییر فاز) دما تغییر نمی کند، اما انرژی درونی ماده تغییر می کند. در این باره تحقیق کنید. انرژی درونی مجموع انرژی های جنبشی همه اتم ها و مولکول های تشکیل دهنده جسم و انرژی پتانسیل مربوط به برهم کنش های اتم ها و مولکول های آنهاست. وقتی جسمی گرم می شود، چون انرژی جنبشی ذرات تشکیل دهنده آن افزایش می یابد، انرژی درونی آن بیشتر می شود. اما در زمان تغییر حالت ماده، چون گرمایی داده شده صرف غلبه بر نیروهای بین مولکولی می شود انرژی جنبشی متوسط مولکول ها تغییر نمی کند، بنابراین دما ثابت می ماند ولی چون با از بین رفتار نیروهای بین مولکولی، انرژی پتانسیل آنها افزایش می یابد انرژی درونی بیشتر می شود.

۱۲۵

### پرسش ۶-۴

برخی آشپزها برای آنکه سبب زمینی زودتر آب پیشود، ابتدا چند سیخ کوچک فلزی درون سبب زمینی فرو می کنند و بعد آن را در آب اندخته و روی احاق قرار می دهند. علت این کار آشپزها چیست؟ چون فلزات رساناهای گرمایی خوبی هستند، گرما از طریق این میله های فلزی به داخل سبب زمینی منتقل شده و سبب زمینی زودتر پخته می شود.

۱۲۶

### تمرین ۷-۴

مساحت استخری با کف تخت، ۸۲۰ متر مربع و عمق آن ۲/۰ متر است. در یک روز گرم دمای سطح آب  $25^\circ C$  و دمای کف آب  $12^\circ C$  است. آهنگ رسانش گرمایی از سطح استخر به کف آن چقدر است؟

$$k = \frac{W}{m \cdot K}, A = 820 \text{ m}^2, L = 2 \text{ m}, T_H - T_L = 25 - 12 = 13 \text{ K}$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L} = \frac{0.6 \times 820 \times 13}{2} = 3198 \rightarrow H = 3 / 2 \times 10^3 \text{ W}$$

۱۲۷

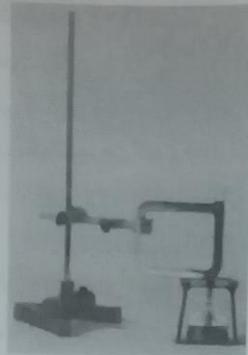
### فعالیت ۱۴-۴

موهای خرس قطبی توخالی هستند. تحقیق کنید این موضوع چه نقشی در گرم نگهداشتن بدن خرس در سرمای قطب دارد؟ از آنجا که بخش عمده ای از گرمای بدن جانداران از طریق فرایند رسانش به بیرون منتقل می شود و این فرایند نیاز به محیط مادی دارد، توخالی بودن موهای خرس قطبی انتقال گرما به طریق رسانش را از بدن جاندار به حداقل می رساند.

۱۲۸

### آزمایش ۵-۴

هدف: مشاهده پدیده هم رفت  
وسیله های مورد نیاز: لوله هم رفت، گیره و پایه، آب سرد، دانه های پتا سیم پر منگنات یا جوهر، چراغ الکلی یا گازی



۱۴-۳ آزمایش:  
اوله را از آب سرد پر کنید و به آرامی چند دانه پتاویم پر منگنات (یا چند قطره  
مولکول را زدهانه لوله به داخل آن ببریزید.

۱۵-۴ بک از شاخه‌های قائم لوله را مطابق شکل روی شعله بگیرید و در همان  
جهة شاخه قائم دیگر لوله را با دست لمس کنید.

۱۶-۴ دستان را از شاخه قائم بردارید و در حالی که گرما دادن را ادامه می‌دهید به  
این درون لوله با دقت نگاه کنید. پس از چند دقیقه دوباره همان شاخه قائم

با لمس کنید.

۱۷-۴ مشاهدات خود را بنویسید و با بحث در گروه، دلیل هر یک از مشاهدات را توضیح دهید. در ابتدای حرارت دادن به  
لسمتی از لوله قائم که لمس می‌کنیم سرد است. ولی در اثر گرمای جریان هم‌رفتی در مایع ایجاد شده و حرکت مایع داخل  
میله ملأهده می‌شود. این جریان هم‌رفتی، پس از مدتی گرما را به تمام بخش‌های مایع داخل لوله منتقل می‌کند که دلیل آن  
یک لدن آب گرم به دلیل کاهش چگالی و حرکت رو به بالای آن و جایگزینی آب سرد و سنگین به جای آن و انجام مداوم این  
عمل است.

۱۲۹)

#### پرسش ۷-۴

۰ با نظر شما چه ارتباطی بین انتقال گرما به روش هم‌رفت و ضربی انبساط حجمی، برای یک مایع وجود دارد؟  
۱ در ضربی انبساط حجمی یک مایع بیشتر باشد پدیده هم‌رفت با سرعت بیشتری در آن ماده رخ می‌دهد. چون پدیده هم‌رفت  
۲ باختلاف چگالی بین شاره گرم و شاره سرد روی می‌دهد. این اختلاف چگالی در مایعاتی که ضربی انبساط حجمی  
۳ باکتری دارند بیشتر است.

۱۳۱



۱۲۹)

#### نکات ۱۵-۴

چهاربطری شیشه‌ای یکسان، دو رنگ جوهر قرمز و آبی، دو کارت ویزیت مقواوی و آب بسیار سرد و بسیار گرم تهیه  
کنید در دو نا از بطری‌ها جوهر آبی و در دو بطری دیگر جوهر قرمز بزیرید. سپس بطری‌های آبی را با آب خیلی سرد و  
بطری‌های قرمز را با آب خیلی گرم پر کنید. اکنون در حالی که دهانه یک بطری قرمز را با کارت ویزیت گرفته‌اید، دهانه  
آن را دفیقاً روی دهانه یک بطری آبی قرار دهید و سپس کارت را بیرون بکشید. همین آزمایش را به طور معکوس نیز  
تکرار کنید: یعنی این بار، یک بطری آبی رنگ که دهانه آن با کارت برشیده شده است را روی دهانه بطری قرمز رنگ  
قرار دهید و سپس کارت را بیرون بکشید مشاهدات خود را توضیح دهید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟  
از بطری قرمز بالا باشد با بیرون کشیدن کارت، رنگ‌ها به حالت اولیه خود باقی مانده و ترتیب شوند. اگر بطری آبی بالا  
باشد با بیرون کشیدن کارت، رنگ آبی به سمت پایین و رنگ قرمز به طرف بالا حرکت کرده و رنگ‌ها ترکیب می‌شوند.  
از این آزمایش نتیجه می‌گیریم اختلاف دما بین بخش‌های مختلف یک شاره، تنها زمانی که شاره سردر بالاتر از شاره گرم‌تر باشد  
موجب بوجود آمدن جریان هم‌رفتی می‌شود.

۱۳۱)

#### نکات ۱۶-۴

از دیوبتر و سیله‌ای است که از یک حباب شیشه‌ای تشکیل شده است که درون آن چهار پره فلزی قائم قرار دارد که  
منتوانند حول یک محور (سوزن عمودی) بچرخدند. دو وجه هر چهار پره، یک در میان سفید و سیاه است. وقتی این  
وسیله کاریک چشمۀ نور قرار گیرد، پره‌ها حول سوزن عمودی می‌چرخند و هر چه شدت نور بیشتر باشد، این چرخش  
سریع تر است. در مورد دلیل چرخش پره‌ها تحقیق کنید.

از این وسیله یک طرف هر پره سفید و طرف دیگر سیاه است. زمانی که این پره‌ها در مقابل نوری که از یک جسم گرم تابش  
می‌کند قرار می‌گیرند می‌چرخند، جهت چرخش به گونه‌ای است که سمت سیاه پره‌ها از نور دور و سمت سفید به نور نزدیک  
می‌شوند. در این وسیله گرما از طریق تابش امواج الکترومغناطیسی به سمت سیاه هر پرده که گرما بیشتری را جذب می‌کند  
نشست. و سب گرم شدن پره و مولکول‌های هوای اطراف آن می‌شود، با گرم شدن مولکول‌های هوای ابری جنبشی آنها افزایش  
باته و این مولکول‌ها به سطح پره سیاه برخورد و ضربه می‌زنند که باعث حرکت پره سیاه می‌شود.  
اگر داخل این وسیله خلاه کامل باشد مولکول‌های هوایی وجود ندارد که باعث حرکت پره‌ها شود، برعکس اگر با هوای تحت  
شاره جو پر شده باشد انباست مولکول‌های هوای مانع از انتقال انرژی جنبشی مولکول‌های هوای سطح پره برای چرخش می‌شود.

مثل رو به رو، یک خود را بخواهید  
مطلب، اینست  
از همه  
آنها  
باید  
آنها  
باشید  
و اگر خواهید  
باید  
هم با همان  
ایکسان ریاد کنیم

۱۲۵

- فعالیت ۱۷-۴ سر سرنگ را که پیستون آن آزادانه حرکت می‌کند به فشارسنجی می‌بندیم و آن را به طور افقی درون ظرف آبی می‌گذاریم و ظرف را به آرامی گرم می‌کنیم. توضیح دهد کدام یک از کمیت‌های دما، حجم، فشار و مقدار هوای درون سرنگ تغییر می‌کند و تغییر آنها چگونه است؟
- دمای هوای داخل سرنگ افزایش می‌یابد چون هوای سرنگ با آب داخل ظرف به تعادل گرمایی می‌رسد.
  - فشار هوای درون سرنگ ثابت می‌ماند و مقدار آن برابر با مقدار فشاری است که از طرف آب و هوای بالای آن به سرنگ وارد می‌شود.
  - حجم هوای سرنگ افزایش می‌یابد. چون در فشار ثابت، حجم و دمای گاز نسبت مستقیم دارند. با افزایش دما، حجم گاز هم افزایش می‌یابد.
  - مقدار هوای داخل سرنگ تغییر نمی‌کند زیرا هوایی از سرنگ خارج نمی‌شود.

۱۲۶

- با وجود تلاش در جهت ثابت نگهداشت فشار هوای درون هواییما. همواره مقدار آن کمتر از فشار هوای روی زمین است. وقت هواییما بالا می‌رود و فشار هوای کم می‌شود. بسته‌های نوشیدنی یا دسر باد می‌کنند و حتی گاهی در شان باز می‌شود. با فرض ثابت بودن دما، این پدیده را توضیح دهد.
- چون این نوشیدنی‌ها بر روی زمین بیرون می‌شوند. فشار هوای داخل آنها به اندازه فشار در سطح زمین است. زمانی که فشار هوای بیرون بسته‌ها کاهش می‌یابد، اختلاف فشار ایجاد شده بین داخل و بیرون نیرویی به در و دیواره بسته‌ها وارد و باعث بادگردی دیواره‌ها و باز شدن در بسته‌ها می‌شود.

۱۲۷

- پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۴
- دمای زیر را بر حسب درجه سلسیوس و فارنهایت مشخص کنید:

# ایران توشه

توشه‌ای برای موفقیت

$$T = \theta + 273 \rightarrow \theta = T - 273, F = \frac{9}{5} \theta + 32$$

الف)  $T = 0^\circ\text{K}$

$$\begin{cases} \theta = 0 - 273 = -273^\circ\text{C} \\ F = \frac{9}{5} \times (-273) + 32 = -459.4^\circ\text{F} \end{cases}$$

ب)  $T = 273^\circ\text{K}$

$$\begin{cases} \theta = 273 - 273 = 0^\circ\text{C} \\ F = \frac{9}{5} \times 0 + 32 = 32^\circ\text{F} \end{cases}$$

پ)  $T = 373^\circ\text{K}$

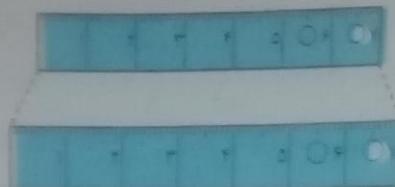
$$\begin{cases} \theta = 373 - 273 = 100^\circ\text{C} \\ F = \frac{9}{5} \times 100 + 32 = 212^\circ\text{F} \end{cases}$$

ت)  $T = 546^\circ\text{K}$

$$\begin{cases} \theta = 546 - 273 = 273^\circ\text{C} \\ F = \frac{9}{5} \times 273 + 32 = 523.4^\circ\text{F} \end{cases}$$

- ۲- برای اندازه‌گیری دمای یک جسم توسط دماستج به چه نکاتی باید توجه کنیم؟ (راهنمایی: به نکاتی که در فصل ۱ خواندید نیز توجه کنید). در اندازه‌گیری دمای یک جسم با دماستج مدرج:
- (۱) جسم در تماس با مخزن دماستج‌های جیوه‌ای و الکلی قرار گیرد.
  - (۲) بعد از تماس جسم با دماستج مدتی سبر کرد تا جسم و دماستج به تعادل گرمایی برسند.
  - (۳) جسم در وضعیت عمود بر دماستج‌های مدرج قرار گیرد تا اعداد به درستی خوانده شوند.
  - (۴) اندازه‌گیری دما را باید چند بار تکرار کرد و اعدادی که فاصله زیادی با سایر اعداد دارند، کنار گذاشته و مانگین آنها را به عنوان نتیجه پذیرفت.

۱. شکل رو به رو، یک خطکش فلزی را که در آن سوراخی ایجاد شده است در دو دمای مقاومت نشان می‌دهد (ایران توشه بودن مطلب). اینسات به صورت اشراق‌آمیزی رسم شده است. از این شکل چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



نمای گرمایی در همه ابعاد جسم (طول، سطح و حجم) ایجاد می‌شود و اگر حفره‌ای در جسمی وجود داشته باشد، اندازه حفره هم به همان نسبت افزایش پیدا می‌کند.

۲. شکل رو به رو چهار صفحه فلزی هم جنس به اضلاع متفاوت را در یک دمای نشان می‌دهد. اگر دمای همه آنها را به اندازه یکسان زیاد کنیم،



الف) ارتفاع کدام صفحه یا صفحه‌ها بیشتر افزایش پیدا می‌کند؟

با توجه به رابطه  $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$  هر قدر طول اولیه جسم بیشتر باشد، تغییر طول آن در اثر اینسات بیشتر است؛ بنابراین ارتفاع شکل‌های ۲ و ۳ افزایش بیشتری دارد.

ب) مساحت کدام یک بیشتر افزایش پیدا می‌کند؟

با توجه به رابطه  $\Delta A = A_0 (2\alpha) \Delta T$  هر قدر مساحت اولیه جسم بیشتر باشد، تغییر مساحت آن در اثر اینسات بیشتر است، بنابراین مساحت شکل ۳ افزایش بیشتری دارد.

پ) اگر در هر چهار تای آنها روزنه کوچک هم اندازه‌ای وجود داشته باشد، افزایش قطر چهار روزنه در اثر افزایش دمای یکسان را با هم مقایسه کنید. چون جنس هر چهار قطعه یکسان است و هر چهار روزه هم انداره هستند، افزایش قطر آنها در اثر افزایش دمای یکسان به یک انداره است.

۴. یک پرگاه از بخش‌های بتونی به طول  $25\text{ m}$  ساخته شده است. این بخش‌ها در دمای  $20^\circ\text{C}$  بتوون ریزی و عمل آورده شده‌اند. برای جلوگیری از تاب برداشت بتوون در دمای  $5^\circ\text{C}$  مهندسان باید چه فاصله‌ای را بین این قطعه‌ها در نظر بگیرند؟

$L_0 = 25\text{ m}$  ،  $\Delta T = 20 - 5 = 15^\circ\text{C}$  ،  $\Delta L = ?$

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T \rightarrow \Delta L = 25 \times 10^{-6} \times 15 \times 10^{-3} \text{ m} = 375\text{ cm} \rightarrow \Delta L = 1/4\text{ cm}$$

۵. یک ظرف آلومینیمی با حجم  $40\text{ cm}^3$  در دمای  $20^\circ\text{C}$  به طور کامل از گلیسیرین پر شده است. اگر دمای

ظرف و گلیسیرین به  $30^\circ\text{C}$  برسد، چقدر گلیسیرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟

افزایش حجم ظرف و گلیسیرین را جداگانه محاسبه و اختلاف آنها را به دست می‌آوریم:

$$V_0 = 40\text{ cm}^3 , \Delta T = 30 - 20 = 10^\circ\text{C} , \alpha_{Al} = 22 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} , \Delta V_{Al} = 0 / 49 \times 10^{-2} \text{ K}^{-1} , \beta = ?$$

افزایش حجم ظرف  $V_0 + \Delta V_{Al} = 40 + 276 \times 10^{-6} \times 10 = 40.276\text{ cm}^3$

چون ظرف به طور کامل از گلیسیرین پر شده است، حجم اولیه ظرف و گلیسیرین برابر است:

$$\Delta V_{Glyc} = \beta \Delta T = 400 \times 1 / 49 \times 10^{-3} \times 10 = 1960 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 1.96\text{ cm}^3$$

افزایش حجم گلیسیرین  $\Delta V_{Glyc} = 1.96\text{ cm}^3 = 1 / 684\text{ cm}^3 \rightarrow \Delta V = 1 / 684\text{ cm}^3$

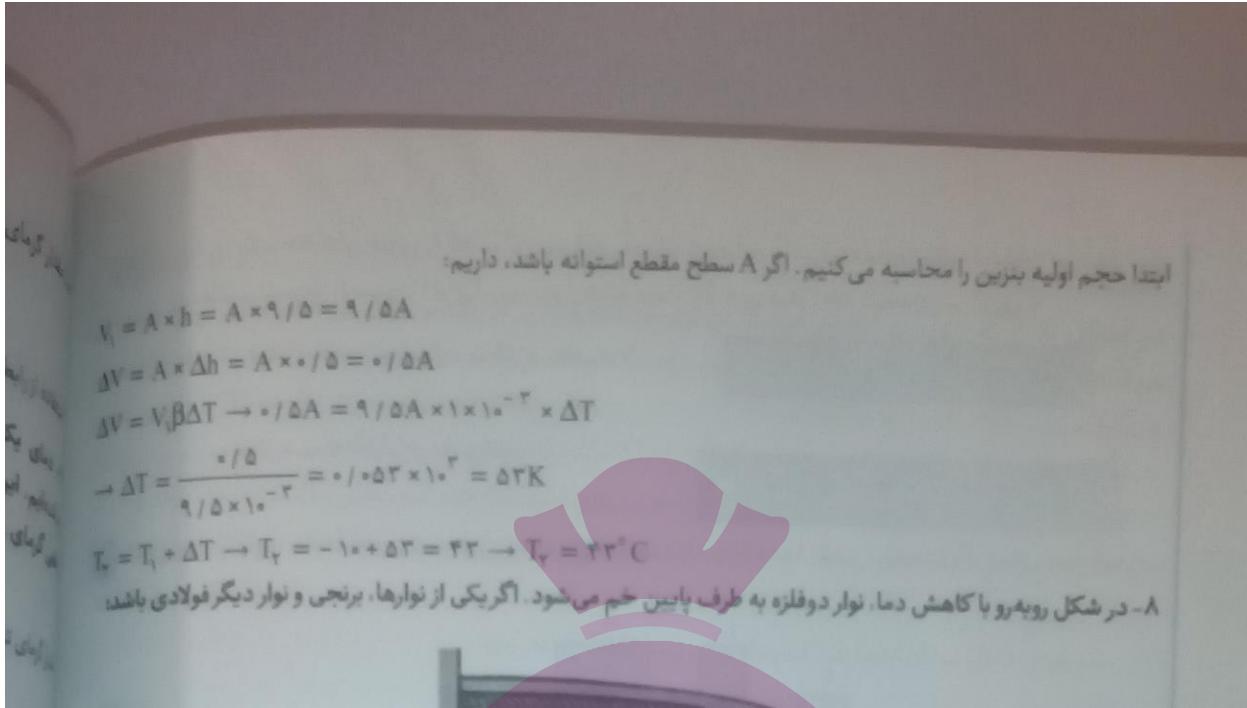
حجم گلیسیرین سریز شده  $\Delta h = 1 / 684\text{ cm}^3 \rightarrow \Delta h = 1.46\text{ cm}$  فاصله بین سطح

۷- مقداری بزرگ در مخزنی استوانه‌ای به ارتفاع  $1\text{ m}$   $h = 1\text{ m}$  ریخته شده است. در دمای  $20^\circ\text{C}$  دمای بزرگ

بزرگ تا بالای ظرف برابر  $\Delta h = 5\text{ cm}$  است. اگر از اینسات ظرف در نتیجه افزایش دما چشم‌بوشی شود، در چه

دماهی بزرگ از ظرف سریز می‌شود؟

$$\Delta h = 9 / 5\text{ m} , \Delta T = 20 - 0 = 20^\circ\text{C} , \beta_{Glyc} = 1 \times 10^{-2} \text{ K}^{-1}$$



الف) نوار بالایی از چه جنس است؟ با سرد شدن فلزات طول آنها کاهش می یابد. طبق جدول ۱-۴ چون ضریب انبساط طولی برجی بیشتر از فولاد است. کاهش طول برجی در اثر کاهش دما بیشتر از کاهش طول فولاد خواهد بود: بنابراین فلز پایین برج و فلز بالایی فولاد است.

ب) اگر نوارها را گرم کنیم به کدام سمت خم می شوند. با گرم کردن نوارها چون ضریب انبساط طولی برجی بیشتر است، افزایش طول آن بیشتر خواهد بود. فلز پایین برج است: بنابراین نوار به سمت بالا خم خواهد شد.

۹- طول خطهای لوله گاز و نفت در کشورمان که مواد سوختی را از جنوب کشور به مرکز و شمال منتقل می کند به چندصد کیلومتر می رسد. دمای هوا در زمستان ممکن است تا  $10^\circ C$  و در تابستان تا  $35^\circ C$  برسد. جنس این لوله ها عموماً از فولاد با  $K = 10 \times 10^{-3} K^{-1}$  است.

طول خط لوله، بین دو استگاه تهران - اصفهان تقریباً  $230 km$  است.

الف) در اثر این اختلاف دما این خط چقدر منطبق می شود؟

$$\Delta T = 35 - (-10) = 45 K, \alpha_{الوہ} = 1 \times 10^{-3} \frac{1}{K}, L = 230 km = 230 \times 10^3 m$$

$$\Delta L = L \alpha \Delta T \rightarrow \Delta L = 230 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-3} \times 45 = 128 m \rightarrow \Delta L = 128 m$$

ب) چگونه می توان تأثیر این انبساط را برطرف کرد؟

با عایق بندی صحیح لوله ها در زیرزمین می توان مانع از تغییر دما و در نتیجه تغییر طول لوله ها شد. همچنین استفاده از اتصالات آکاردنون (قابل انعطاف) می تواند از خم شدن لوله ها در اثر افزایش طول جلوگیری کند.

۱۰- در یک روز گرم یک تانکر حامل سوخت با  $L = 20000 m^3$  بتزیین بارگیری شده است. هوا در محل تحويل سوخت  $20^\circ C$  سردراز محلی است که در آنجا سوخت بارزده شده است. وانده چند لیتر سوخت را در این محل تحويل می دهد؟

$$V_1 = 20000 L, \Delta T = -20 K, \beta_{سوخت} = 1 \times 10^{-3} K^{-1}, V_2 = ?$$

$$V_2 = V_1 + \Delta V = V_1 + V_1 \beta \Delta T = V_1 (1 + \beta \Delta T) \rightarrow V_2 = V_1 (1 + \beta \Delta T) = 20000 (1 + 1 \times 10^{-3} \times (-20))$$

$$V_2 = 20000 \times (1 - 0.02) = 20000 \times 0.98 = 19600 L \rightarrow V_2 = 19600 L$$

۱۱- برای گرم کردن  $200 g$  آب جهت تهیه چای، از یک گرمکن الکتریکی غوطه ور در آب استفاده می کنیم. روی برج  $200 W$  نوشته شده است. با نادیده گرفتن انتقال گرما، زمان لازم برای رساندن دمای آب از  $10^\circ C$  را محاسبه کنید.

$$m = 200 g = 0.2 kg, P = 200 W, \theta_1 = 10^\circ C, \theta_2 = 100^\circ C, c_p = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}, t = ?$$



مقدار گرمای لازم جهت تغییر دمای آب از  $30^{\circ}\text{C}$  به  $100^{\circ}\text{C}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = mc\Delta\theta = \frac{P}{2 \times 4200} \times (100 - 30) = 58800 \rightarrow Q = 58800 \text{ J}$$

استفاده از رابطه توان در گرمکن الکتریکی می‌توان نوشت:  $Q = Pt \rightarrow t = \frac{Q}{P} = \frac{58800}{200} = 294 \rightarrow t = 294 \text{ s}$

۱۲. دمای یک قطعه فلز  $60 \text{ g}$  کیلوگرمی را توسط یک گرمکن  $50 \text{ W}$  وات در مدت  $110 \text{ s}$  از  $38^{\circ}\text{C}$  به  $18^{\circ}\text{C}$  رسانده‌ایم. این آزمایش برای گرمای ویژه فلز چه مقداری را بدست می‌دهد؟ حدس می‌زنید که این پاسخ از مقدار (عنوان گرمای ویژه فلز بیشتر باشد یا کمتر؟) توضیح دهد.

$$m = 60 \text{ g}, P = 50 \text{ W}, \Delta\theta = 38 - 18 = 20^{\circ}\text{C}, t = 110 \text{ s}, c = ? \text{ فلز}$$

مقدار گرمای تولیدی گرمکن برابر است با مقدار گرمایی که آب برای تغییر دمای ریافت می‌کند:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = Pt \\ Q = mc\Delta\theta \end{array} \right. \rightarrow Pt = mc_{\text{فلز}} \Delta\theta \rightarrow c_{\text{فلز}} = \frac{Pt}{m\Delta\theta} = \frac{50 \times 110}{0.6 \times 20} = \frac{5500}{12} = 458 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}$$

چون در واقعیت همه گرمای تولیدی گرمکن به آب داده نمی‌شود و بخشی از آن هدر می‌رود، بنابراین در رابطه

$$c_{\text{فلز}} = \frac{Pt}{m\Delta\theta} \text{ صورت کسر کاهش گرمای ویژه واقعی فلز کمتر از مقدار محاسبه شده خواهد بود.}$$

۱۳- گرماسنجی به جرم  $200 \text{ g}$  از مس ساخته شده است. یک قطعه  $80 \text{ g}$  گرم از یک ماده نامعلوم همراه با  $50 \text{ g}$  آب به درون گرماسنج ریخته می‌شود. اکنون دمای این مجموعه  $30^{\circ}\text{C}$  شده است. در این هنگام  $100 \text{ g}$  آب  $20^{\circ}\text{C}$  به گرماسنج اضافه می‌شود. دمای تعادل  $52^{\circ}\text{C}$  می‌شود. گرمای ویژه قطعه را محاسبه کنید.

$$\left. \begin{array}{l} m_1 = 200 \text{ g} = 0.2 \text{ kg}, c_{\text{مس}} = 386 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}, \theta_1 = 30^{\circ}\text{C} \\ m_2 = 80 \text{ g} = 0.08 \text{ kg}, c_{\text{جسم}} = ?, \theta_2 = 30^{\circ}\text{C} \\ m_3 = 50 \text{ g} = 0.05 \text{ kg}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}, \theta_3 = 20^{\circ}\text{C} \\ m_4 = 100 \text{ g} = 0.1 \text{ kg}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}, \theta_4 = 20^{\circ}\text{C} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{دمای تعادل}} \theta = 52^{\circ}\text{C}$$

$$\left. \begin{array}{l} Q_1 = m_1 c_{\text{مس}} (\theta - \theta_1) = 0.2 \times 386 \times (52 - 30) = 1698 \text{ J} \\ Q_2 = m_2 c_{\text{جسم}} (\theta - \theta_2) = 0.08 \times c_{\text{جسم}} \times (52 - 30) = 1176 \text{ J} \\ Q_3 = m_3 c_{\text{آب}} (\theta - \theta_3) = 0.05 \times 4200 \times (52 - 20) = 4620 \text{ J} \\ Q_4 = m_4 c_{\text{آب}} (\theta - \theta_4) = 0.1 \times 4200 \times (52 - 20) = -7560 \text{ J} \\ 1698 + 1176 + 4620 - 7560 = 0 \rightarrow 1176 \text{ J} = 1241 \text{ J} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{در تعادل گرمایی}} Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0$$

$$Q_1 = m_1 c_{\text{مس}} (\theta - \theta_1) = 0.2 \times 386 \times (52 - 30) = 1698 \text{ J}$$

$$Q_2 = m_2 c_{\text{جسم}} (\theta - \theta_2) = 0.08 \times c_{\text{جسم}} \times (52 - 30) = 1176 \text{ J}$$

$$Q_3 = m_3 c_{\text{آب}} (\theta - \theta_3) = 0.05 \times 4200 \times (52 - 20) = 4620 \text{ J}$$

$$Q_4 = m_4 c_{\text{آب}} (\theta - \theta_4) = 0.1 \times 4200 \times (52 - 20) = -7560 \text{ J}$$

$$1698 + 1176 + 4620 - 7560 = 0 \rightarrow 1176 \text{ J} = 1241 \text{ J}$$

$$\rightarrow c_{\text{جسم}} = \frac{1241}{0.08} = 15512.5 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}} \rightarrow c_{\text{جسم}} = 15512.5 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}$$

۱۴- یک از روش‌های بالا بردن دمای یک جسم، دادن گرمای به آن است. اگر به جسمی گرمای دهیم، آیا دمای آن حتی بالا می‌رود؟ توضیح دهید.

خیر، در برخی موارد گرمای داده شده به جسم دمای آن را افزایش نمی‌دهد بلکه صرف تغییر حالت جسم می‌شود.

۱۵- گرمای دهنده  $100 \text{ W}$  در  $10^{\circ}\text{C}$  شود.



۱۵- قبل از تزریق دارو یا شرم به یک بیمار، محل تزریق را با الكل تمیز می‌کنند. این کار سبب احساس خنکی در محل تزریق می‌شود. علت را توضیح دهید.

الكل برای تبخیر سطحی از روی پوست گرما گرفته و پوست در محل تماس با الكل خنک می‌شود.

۱۶- کدام گزینه درباره فرایند ذوب نادرست است؟

(الف) افزایش فشار وارد بر جسم بربیستر مواد، سبب پایین رفتن نقطه ذوب می‌شود.

(ب) افزایش فشار بر روی یخ، سبب کاهش انداز نقطه ذوب آن می‌شود.

(پ) فرایند ذوب، عملی گرماییر است.

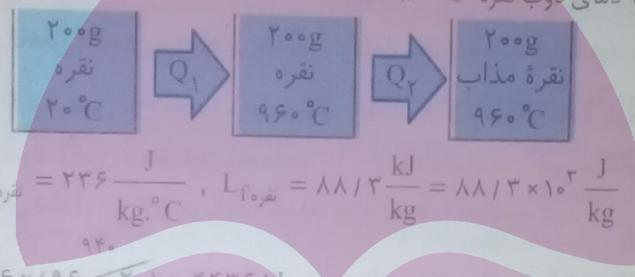
(ت) گرمایی که جسم جامد در نقطه ذوب خود می‌گیرد تا به مایع تبدیل شود، سبب تغییر دمای آن نمی‌شود.

(الف) نادرست است. در اکثر مواد افزایش فشار سبب افزایش نقطه ذوب می‌شود.

۱۷- کمترین گرمای لازم برای ذوب کامل  $200\text{g}$  نقره که در آغاز در دمای  $20^\circ\text{C}$  قرار دارد چقدر است؟ (فشارها را یک اتمسفر فرض کنید)

برای ذوب  $200\text{g}$  نقره با دمای اولیه  $20^\circ\text{C}$  ۴ مراحل زیر طی می‌شود:

توجه: مطابق جدول ۴- دمای ذوب نقره  $96^\circ\text{C}$  است.



$$m = 200\text{g} = 0.2\text{kg}, c_{نقره} = 236 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{C}}, L_f = 88 / 3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 88 / 3 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

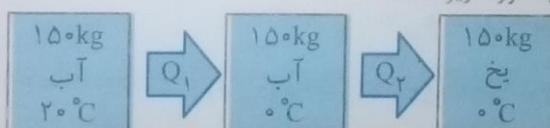
$$Q_1 = mc\Delta\theta = 0.2 \times 236 \times (96 - 20) = 44368\text{J}$$

$$Q_2 = mL_f = 0.2 \times 88 / 3 \times 10^3 = 1768\text{J}$$

$$Q_{کل} = Q_1 + Q_2 = 44368 + 1768 = 46136\text{J} \rightarrow Q_{کل} = 46136\text{J}$$

۱۸- یک راه برای جلوگیری از سرد شدن پیش از حد یک سالن سرتاسر در شب هنگام، وقتی که دمای زیر صفر پیش بینی شده است، قرار دادن تست بزرگ برآر آب در سالن است. اگر جرم آب درون تست  $150\text{kg}$  و دمای اولیه آن  $20^\circ\text{C}$  باشد و همه آن به یخ  $0^\circ\text{C}$  تبدیل شود، آب چقدر گرمایه محیط پیرامونش می‌دهد؟

مراحل طی شده برای این فرایند به صورت زیر است:



$$m = 150\text{kg}, c_{آب} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{C}}, L_f = 333 / 7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_1 = mc\Delta\theta = 150 \times 4200 \times (0 - 20) = -12 / 6 \times 10^6 \text{J} = -12600\text{kJ} \rightarrow Q_1 = -12600\text{kJ}$$

$$Q_2 = -mL_f = -150 \times 333 / 7 = -50055\text{kJ} \rightarrow Q_2 = -50055\text{kJ}$$

$$Q_{کل} = Q_1 + Q_2 = -12600 - 50055 = -62655\text{kJ} \rightarrow Q_{کل} = -62655\text{kJ}$$

-۱۹- یک گرمکن  $50\text{~W}$  واتی به طور کامل در  $100\text{~g}$  گرم آب درون یک گرماسنج قرار داده می‌شود.

(الف) این گرمکن در مدت یک دقیقه دمای آب و گرماسنج را از  $20^\circ\text{C}$  به  $25^\circ\text{C}$  می‌رساند. ظرفیت گرمایی گرماسنج را حساب کنید.

$$P = 50\text{W}, m_{آب} = 100\text{g} = 0.1\text{kg}, t = 1\text{min} = 60\text{s}, \Delta\theta = 25 - 20 = 5^\circ\text{C}$$

$$C_{آب} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{C}}, C_{گرماسنج} = ?$$

گرمکن به گرماسنجد و آب داده می شود، بنابراین می توان نوشت:

$$Q = Pt, Q_1 = m_{آب} c_{آب} \Delta\theta, Q_2 = C_{گرماسنجد} \Delta\theta, \text{ گرمای تولیدی گرمکن}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \rightarrow Pt = m_{آب} c_{آب} \Delta\theta + C_{گرماسنجد} \Delta\theta \rightarrow 50 \times 60 = 0 / 1 \times 4200 \times \Delta + C_{گرماسنجد} \times \Delta$$

$$\rightarrow 3000 = 2100 + \Delta C_{گرماسنجد} \rightarrow 900 = \Delta C_{گرماسنجد} \rightarrow C_{گرماسنجد} = \frac{900}{\Delta} = 180 \rightarrow C_{گرماسنجد} = 180 \frac{J}{^{\circ}C}$$

با چه مدت طول می کشد تا دمای آب درون گرماسنجد از  $25^{\circ}C$  به نقطه جوش ( $100^{\circ}C$ ) برسد؟ چون با افزایش

نمای آب، دمای گرماسنجد نیز افزایش می یابد، گرمای تولیدی گرمکن برابر است با گرمای لازم برای تغییر دمای آب و گرماسنجد.

$$m_{آب} = 100g = 0 / 1 kg, P = 500W, c_{آب} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C}, \Delta\theta = 100 - 25 = 75^{\circ}C$$

$$C_{گرماسنجد} = 180 \frac{J}{^{\circ}C}, Q = Pt, Q_1 = m_{آب} c_{آب} \Delta\theta, Q_2 = C_{گرماسنجد} \Delta\theta, t = ?$$

$$, Q = Q_1 + Q_2 \rightarrow Pt = m_{آب} c_{آب} \Delta\theta + C_{گرماسنجد} \Delta\theta$$

$$\rightarrow 50 \times t = 0 / 1 \times 4200 \times 75 + 180 \times 75$$

$$\rightarrow 50t = 31500 + 13500 \rightarrow 50t = 45000 \rightarrow t = \frac{45000}{50} = 900s \rightarrow t = 900s$$

با چه مدت طول می کشد تا ۲۰ گرم آب در حال جوش درون این گرماسنجد به بخار تبدیل شود؟

چون در نقطه جوش آب، دما افزایش نمی یابد، بنابراین گرمای تولیدی گرمکن صرف افزایش دمای آب و گرمکن نمی شود و

صرفه ای از مایع به بخار خواهد شد.

$$m = 20g = 0 / 0.2 kg, P = 50W, L_{V, آب} = 2256 \frac{kg}{kg} = 2256 \times 10^3 \frac{J}{kg}, t = ?$$

$$Q = Pt, Q' = m_{آب} L_{V, آب}, \text{ گرمای تبخیر آب}$$

$$Q = Q' \rightarrow Pt = m_{آب} L_{V, آب} \rightarrow 50 \times t = 0 / 0.2 \times 2256 \times 10^3$$

$$\rightarrow 50t = 45120 \rightarrow t = \frac{45120}{50} = 902 / 4s \rightarrow t = 902 / 4s$$

## توشه ای برای موفقیت

- ۲۰- گرمکن در هر ثانیه  $200 \text{ جول گرمای دهد.}$

الف) چقدر طول می کشد تا این گرمکن  $100 \text{ کیلوگرم آب}$   $100^{\circ}C$  را به بخار آب  $10^{\circ}C$  تبدیل کند؟

$$P = 200W, m = 0 / 1 kg, L_{V, آب} = 2256 \frac{kJ}{kg} = 2256 \times 10^3 \frac{J}{kg}, t = ?$$

$100^{\circ}C$  به بخار

گرمای تولیدی گرمکن برابر است با گرمای لازم جهت تبدیل  $10^{\circ}C$  آب به  $100^{\circ}C$

$$Q = Q' \rightarrow Pt = m_{آب} L_{V, آب} \rightarrow 200t = 0 / 1 \times 2256 \times 10^3 \rightarrow t = \frac{2256 \times 10^3}{2 \times 10^3} = 1128s$$

با این گرمکن در همین مدت، چه مقدار بخار  $10^{\circ}C$  را می تواند به آب  $100^{\circ}C$  تبدیل کند؟

$$P = 200W, t = 1128s, L_{f, آب} = 333 / 7 \frac{kJ}{kg} = 333 / 7 \times 10^3 \frac{J}{kg}, m = ?$$

$$Q = Q' \rightarrow Pt = m_{آب} L_{f, آب} \rightarrow 200 \times 1128 = m_{آب} \times 333 / 7 \times 10^3$$

$$\rightarrow m_{آب} = \frac{200 \times 1128}{333 / 7 \times 10^3} = 676 \times 10^{-3} kg \rightarrow m_{آب} = 676g$$



جانوران خونگ  
بخار بخیر شود تا  
دماهی بدن (37°C)  
دراحت دمای  
1

= 72g

ک شخص باید بر  
2cm³

باک تیر چوبی و  
اسکن است دست  
ضیف گرما است،  
لایی دست را از محل

سطح فلز قرار دارد،  
گچونه شما را گر

ایزین الاف پالتور  
خدمات لایه‌های عایق

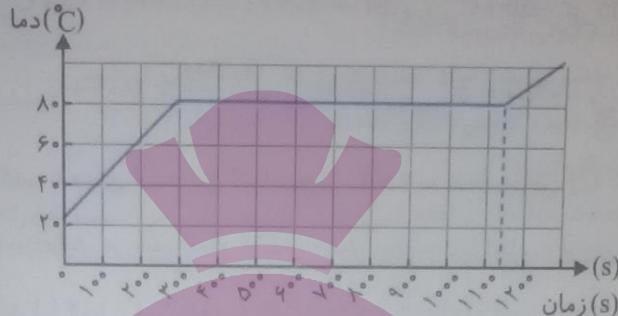
نجهای دارای عزم  
روز سمتانی دما

عناس با هوای  
 $k = 1/W/m$  به بیرون  
 $= \frac{W}{mK}$ ,  $H =$

اندر انرژی در طول  
ثانیه است، بنابراین

بعضی از جنس  
از اخلاق دمای  
رسانگی گرمایی،  
ارسون به داخل جه  
 $m = ?$

- اگر به جسم جامدی که ابعاد آن به اندازه کافی کوچک است با توان ثابت گرما بدھیم نمودار دما - زمان آن صورت کیفی مانند شکل رویه روی شود. این نمودار در اینجا برای جسم جامدی به جرم ۵۰/۵۰ رسم شده که توسط ۱۰/۰ W گرم شده است.



(الف) چقدر طول می‌کشد تا این جامد به نقطه ذوب خود برسد؟ با توجه به نمودار در بازه زمانی ۰ تا ۳۰۰s دمای جسم افزایش می‌یابد و در بازه زمانی ۳۰۰s تا ۱۱۵۰s دمای جسم ثابت بوده و جسم تغییر حالت می‌دهد (ذوب می‌شود) پس ۳۰۰s طول می‌کشد تا جسم به نقطه ذوب برسد.

(ب) گرمای ویژه جامد و پ) گرمای نهان ذوب آن را محاسبه کنید.

با توجه به شکل و اطلاعات مسائله داریم:

$$m = \rho g = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 0.05 \text{ m}^3 = 50 \text{ kg}, P = 10 \text{ W}, t = 300 \text{ s}, \Delta\theta = 80 - 20 = 60^\circ \text{C}, c = ?$$

$$Q = Q' \rightarrow Pt = m \cdot c \cdot \Delta\theta \rightarrow 10 \times 300 = 1000 \times c \times 60 \rightarrow c = \frac{300}{60} = 5 \text{ J/kg}^\circ \text{C}$$

گرمای ویژه جسم

$$m = 50 \text{ kg}, P = 10 \text{ W}, t = 1150 - 300 = 850 \text{ s}, L_f = ?$$

$$Q = Q' \rightarrow Pt = mL_f \rightarrow 10 \times 850 = 1000 \times L_f \rightarrow L_f = \frac{8500}{1000} = 8.5 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{گرمای نهان ذوب} = \frac{8500}{kg}$$

- ۲۲ در چاله کوچکی ۱۰/۰ kg آب  $0^\circ \text{C}$  قرار دارد. اگر برآثر تبخیر سطحی قسمتی از آب تبخیر شود و بقیه آن بخیند،

جرم آب بخزده چقدر می‌شود؟

مقدار گرمایی که بخشی از آب برای انجماد از دست می‌دهد برابر است با مقدار گرمایی که بخش دیگر آب برای تبخیر می‌گیرد.

$$\text{در دمای } 0^\circ \text{C} \text{ داریم: } L_v = 2490 \text{ kJ/kg} \text{ و } L_f = 333 \text{ kJ/kg}$$

اگر جرم آب بخزده را با  $m$  و جرم آب تبخیر شده را با  $m'$  نشان دهیم می‌توان نوشت:

$$Q_{\text{تبخیر}} + Q_{\text{انجماد}} = 0 \rightarrow -mL_f + m'L_v = 0 \rightarrow m'L_v = mL_f \rightarrow m' = m \frac{L_f}{L_v}$$

مجموع جرم آب بخزده و جرم آب تبخیر شده ۱kg است، بنابراین:

$$m + m' = 1 \rightarrow m + \frac{mL_f}{L_v} = 1 \rightarrow \frac{mL_v + mL_f}{L_v} = 1 \rightarrow m \frac{L_v + L_f}{L_v} = 1 \rightarrow m = \frac{1}{L_v + L_f}$$

$$\rightarrow m = \frac{L_v}{L_v + L_f} \rightarrow m = \frac{2490}{2490 + 333/7} = \frac{2490}{2823/7} = 0.882 \text{ kg} \rightarrow m = 882 \text{ g}$$

جرم آب بخزده

۲۳- در گروهی از جانوران خونگرم و انسان، تبخیر عرق بدن، یکی از راههای مهم کنترل دمای بدن است.

الد) چه مقدار آب تبخیر شود تا دمای بدن شخصی به جرم  $50\text{ kg}$  به اندازه  $37^\circ\text{C}$  کاهش یابد؟ گرمای نهان بخار آب در دمای بدن ( $37^\circ\text{C}$ ) برابر  $10^6 \text{ J/kg}$  است و گرمای ویژه بدن در حدود  $4200 \text{ J/kg.K}$  است.

گرمایی که شخص در کاهش دمای بدن، شخص از دست می‌دهد برابر است با گرمایی که آب هنگام تبخیر می‌گیرد. بنابراین:

$$Q = Q' \rightarrow m_{\text{آب}} = m_{\text{بدن}} \times \frac{\Delta\theta}{4200} = 50 \times \frac{37 - 37}{4200} = 72 \text{ g}$$

$$\rightarrow m_{\text{آب}} = \frac{50 \times 37}{4200} = 71.9 \times 10^{-4} \text{ kg} = 71.9 \times 10^{-3} \text{ kg} = 72 \text{ g} \rightarrow m_{\text{آب}} = 72 \text{ g}$$

پ) حجم آبی که شخص باید برای جبران آب تبخیر شده بنوشد، چقدر است؟

$$\rho_{\text{آب}} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \rho = \frac{\text{m}}{\text{V}} \rightarrow V = \frac{\text{m}}{\rho} = \frac{72}{1} = 72 \text{ cm}^3 \rightarrow V = 72 \text{ cm}^3$$

۲۴- اگر شما یک تیر چوبی و یک لوله فلزی سرد را که هم‌دما هستند لمس کنید، چرا حس می‌کنید که لوله سردتر است؟ چرا ممکن است دست شما به لوله بچسبد؟

چوب رسانای ضعیف گرمای است، بنابراین گرمای دست را در محل تماس نگه داشته و گرم به نظر می‌رسد. اگر دمای لوله خیلی باین باشد، رطوبتی که بین گرمای است، گرمای دست را از محل تماس منتقل کرده و سردتر به نظر می‌رسد. اگر دمای لوله خیلی باین باشد، رطوبتی که بین پوست دست و سطح فلز قرار دارد، در اثر کاهش دما به بلورهای بخ تبدیل شده و دست را به سطح فلز می‌چسباند.

۲۵- یک پالتو چگونه شما را گرم نگه می‌دارد؟ چرا استفاده از چند لباس زیر پالتو این عمل را تشدید می‌کند؟

لایه‌ای از هوادریین الیاف پالتو قرار گرفته و چون هوارسانای ضعیف گرمای است، مانع از انتقال گرمای بدن به خارج می‌شود. با افزایش ضخامت لایه‌های عایق پوشاننده بدن، آهنگ رسانش گرمای بدن به هوای بیرون کاهش می‌باید.

۲۶- شیشه پنجره‌ای دارای عرض  $2\text{ cm}$ ، ارتفاع  $1\text{ m}$  و ضخامت  $4\text{ mm}$  است. گ)

الف) در یک روز مستانی دمای وجهی از شیشه که در تماس با هوای سرد بیرون است  $20^\circ\text{C}$  و دمای وجهی از شیشه که در تماس با هوای گرم داخل اتاق است  $27^\circ\text{C}$  است. چه مقدار گرمای در هر ثانیه از طریق شیشه (با

$$A = 2 \times 1 = 2 \text{ m}^2, L = 4 \text{ mm} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}, T_L = 20^\circ\text{C}, T_H = 27^\circ\text{C}, k = \frac{W}{\text{m.K}}, H = ?$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L} = \frac{1 \times (27 - 20)}{4 \times 10^{-3}} = \frac{7}{4 \times 10^{-3}} \text{ W} \rightarrow H = \frac{W}{4 \times 10^{-3}} \text{ W}$$

پ) چه مقدار انرژی در طول یک روز به این ترتیب تلف می‌شود؟

$$Q = Ht \rightarrow Q = 2 / 5 \times 10^{-3} \times 86400 = 2 / 16 \times 10^8 \text{ J} \rightarrow Q = 2 / 16 \times 10^8 \text{ J}$$

یک روز  $86400$  ثانیه است، بنابراین انرژی ای که در طول یک روز تلف می‌شود برابر است با:

۲۷- جعبه بخ دانی از جنس پلی استیرن با مساحت کل دیوارهای  $8\text{ m}^2$  و ضخامت دیوارهای  $2\text{ cm}$  در

اختیار دارد. اختلاف دمای سطح داخلی و خارجی بخ دان  $20^\circ\text{C}$  است. در یک روز ( $24\text{ h}$ ) چقدر بخ آب من شود؟ رسانندگی گرمایی پلی استیرن برابر است با  $1000 \text{ W/m.K}$ . برای محاسبه مقدار گرمایی که در مدت

۲۸ ساعت از بیرون به داخل جعبه منتقل می‌شود باید آهنگ رسانش گرمای جعبه را بدست اوریم:

$$A = 8\text{ m}^2, L = 2\text{ cm} = 2 \times 10^{-2} \text{ m}, T_H - T_L = 20^\circ\text{C}, t = 24\text{ h} = 86400\text{ s}, m = ?$$

$$L_{\text{فر}} = 233 / \gamma \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \gamma = 1000 \text{ W/m.K}$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_C)}{L} = 1000 \times \frac{8 / 2 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-2}} = \frac{16 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-2}} = 8\text{ W} \rightarrow H = 8\text{ W}$$



گرمایی که در ۲۴ ساعت به داخل جعبه منتقل می‌شود:

$$Q = \text{کم} \rightarrow Q = A \times \Delta T = ۷۹۱۲۰ \rightarrow Q = ۷۹۱۲۰$$

حال باید ببینیم این مقدار گرمای چند گرم بخ  $^{\circ}\text{C}$  را ذوب می‌کند:

$$Q = m_{\text{ذوب}} L_{\text{ذوب}} \rightarrow m_{\text{ذوب}} = \frac{Q}{L_{\text{ذوب}}} = \frac{۷۹۱۲۰}{۲۲۳ / ۷ \times ۱۰^۳} = ۲\text{kg} \rightarrow m_{\text{ذوب}} = ۲\text{kg}$$

- ۲۸- دو قوری هم حسنه و هم اندازه را در نظر بگیرید که سطح بیرونی یک سیاه رنگ و دیگری سفید رنگ است هردو با آب داغ با دمای یکسان پرسن کنیم. آب کدام قوری زودتر خنک می‌شود؟ قوری تبره، چون تابش گرمایی کم شود سطوح تبره و مات بیشتر از سطوح صاف و روشن است، آهنج تابش گرمای قوری تبره بیشتر بوده و زودتر خنک می‌شود.

- ۲۹- گازی در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  دارای حجم  $200\text{ cm}^3$  است.

الف) این گاز را باید تا چه دمایی گرم کنیم تا در فشار ثابت حجم آن  $200\text{ cm}^3$  شود؟

$$T_1 = 20 + 273 = 293\text{K} , V_1 = 100\text{cm}^3 , V_2 = 200\text{cm}^3 , \text{ فشار ثابت} , T_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{100}{293} = \frac{200}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{293 \times 200}{100} = 586\text{K}$$

$$\rightarrow T_2 = 586\text{K} = 212^{\circ}\text{C}$$

ب) این گاز در همین فشار در چه دمایی دارای حجم  $50\text{ cm}^3$  خواهد شد؟

$$T_1 = 293\text{K} , V_1 = 100\text{cm}^3 , V_2 = 50\text{cm}^3 , \text{ فشار ثابت} , T_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{100}{293} = \frac{50}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{293 \times 50}{100} = 146.5\text{K}$$

$$\rightarrow T_2 = 146.5\text{K} = -126.5^{\circ}\text{C}$$

۳۰- هوا را با فشار  $1\text{ atm}$  چون اسرائیل تلمیبه دوپرخواه با طول  $24\text{ cm}$  محبوس است. راههای ورزشی خروج هوا ای استوانه تلسیم اینندیم اکتوی

## ایران توشه

الف) اگر طول استوانه را در دمای ثابت به  $30\text{ cm}$  افزایش دهیم فشار هوا محبوس چقدر خواهد شد؟

$$P_1 = 1\text{ atm} , L_1 = 24\text{cm} , L_2 = 30\text{cm} , \text{ دما ثابت} , P_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow P_1 \cancel{A} L_1 = P_2 \cancel{A} L_2 \rightarrow P_1 L_1 = P_2 L_2$$

$$\rightarrow 1 \times 24 = P_2 \times 30 \rightarrow P_2 = \frac{24}{30} = 0.8 / \text{atm} \rightarrow P_2 = 0.8 / \text{atm}$$

ب) برای آنکه در دمای ثابت فشار هوا محبوس  $3\text{ atm}$  شود، طول استوانه را چقدر باید کاهش دهیم؟

$$P_1 = 1\text{ atm} , L_1 = 24\text{cm} , P_2 = 3\text{ atm} , \text{ دما ثابت} , L_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow P_1 \cancel{A} L_1 = P_2 \cancel{A} L_2$$

$$P_1 L_1 = P_2 L_2 \rightarrow 1 \times 24 = 3 \times L_2 \rightarrow L_2 = \frac{24}{3} = 8\text{cm} \rightarrow L_2 = 8\text{cm}$$

$$|\Delta L| = |L_1 - L_2| = |24 - 8| = 16\text{ cm} \rightarrow |\Delta L| = 16\text{ cm}$$

لاستیک یک اتومبیل حاوی مقدار معینی هواست. هنگامی که دمای هوا  $17^{\circ}\text{C}$  است، فشار درون لاستیک را  $2/00$  اتمسفر نشان می‌دهد. پس از یک رانندگی بسیار سریع، فشار هوای لاستیک دوباره اندازه‌گیری شود. آنکه فشار سنج،  $2/30$  اتمسفر را نشان می‌دهد. دمای هوای درون لاستیک در این وضعیت چقدر است؟ جم لاستیک را ثابت و فشار جو را  $1/00$  اتمسفر در نظر بگیرید. چون فشار سنجها، فشار پیمانه‌ای گاز را اندازه‌گیری می‌کنند، برای محاسبه فشار مطلق هوای داخل لاستیک باید فشار پیمانه‌ای را با فشار جو جمع کرد:

$$P = P_g + P_0 \quad , \quad \text{حجم ثابت} \quad , \quad T_2 = ?$$

$$T_1 = 17 + 273 = 290\text{K} \quad , \quad P_1 = 2 + 1 = 3\text{ atm} \quad , \quad P_2 = 2/3 + 1 = 3/3\text{ atm}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow \frac{3}{290} = \frac{3/3}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{290 \times 3/3}{3} = 319\text{K}$$

$$\rightarrow T_2 = 319\text{K} = 46^{\circ}\text{C}$$

۳۲- دما و فشار متعارف (STP) برای گاز، دمای  $0^{\circ}\text{C}$  و فشار  $1\text{ atm} = 1/013 \times 10^5 \text{ Pa}$

می‌شود. حجم یک مول گاز کامل در دما و فشار متعارف چقدر است؟

$$T = 273\text{K} \quad , \quad P = 1\text{ atm} = 1/013 \times 10^5 \text{ Pa} \quad , \quad n = 1\text{ mol} \quad , \quad R = 8/314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \quad , \quad V = ?$$

$$PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P} = \frac{1 \times 8/314 \times 273}{1/013 \times 10^5} = 2240 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 22/40 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\rightarrow V = 22/4\text{L}$$

۳۳- یک حباب هوای حجم  $20\text{ cm}^3$  در ته یک دریاچه به عمق  $40\text{ m}$  قرار دارد که دمادرآجای  $4^{\circ}\text{C}$  است. حباب

ناسطح آب بالا می‌آید که در آنجا دمای  $20^{\circ}\text{C}$  است (دمای هوای حباب با دمای آب اطراف آن یکسان است). در لحظه‌ای که

حباب به سطح آب می‌رسد حجم آن چقدر است؟ فشار هوادر سطح دریاچه را  $1/01 \times 10^5 \text{ Pa}$  در نظر بگیرید.

$$V_1 = 0/2\text{ cm}^3 \quad , \quad T_1 = 4 + 273 = 277\text{K} \quad , \quad T_2 = 20 + 273 = 293\text{K}$$

$$P_1 = P_0 + \rho gh = 1/01 \times 10^5 + (1000 \times 10 \times 40)$$

$$P_1 = 5/01 \times 10^5 \text{ Pa} \rightarrow P_2 = P_0 = 1/01 \times 10^5 \text{ Pa} \quad \text{فشار در سطح آب} \quad , \quad \text{فشار در عمق } 40 \text{ متری دریاچه}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow \frac{5/01 \times 10^5 \times 0/2}{277} = \frac{1/01 \times 10^5 \times V_2}{293} \rightarrow \frac{1/01 V_2}{277} = \frac{1/01 V_2}{293}$$

$$\rightarrow V_2 = \frac{293 \times 1/002}{277 \times 1/01} = 1/05\text{ cm}^3 \rightarrow V_2 = 1/05\text{ cm}^3 \quad \text{حجم حباب در سطح آب:}$$

۳۴- سحابی سیاره‌ای، ابری است حلقوی (شکل رو به رو) که عمدتاً از گاز هیدروژن با غلظت  $1000$  مولکول بر

سانتی‌متر مکعب و دمای  $10000\text{K}$  تشکیل شده است. فشار گاز در این سحابی را محاسبه کنید.

$$N = 1000 \quad , \quad V = 1\text{ cm}^3 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \quad , \quad T = 10000\text{K} = 1 \times 10^4 \text{ K} \quad , \quad N_a = 6/02 \times 10^{23}$$

$$R = 8/314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \quad , \quad P = ?$$

$$N = n N_a \rightarrow n = \frac{N}{N_a}$$

با توجه به تعریف مول داریم:

با توجه به قانون گازها می‌توان نوشت:

$$PV = nRT \rightarrow PV = \frac{N}{N_a} RT \rightarrow PV = \frac{NRT}{N_a} \rightarrow P = \frac{NRT}{VN_a}$$

$$\rightarrow P = \frac{1000 \times 8/314 \times 10^4}{1 \times 10^{-6} \times 6/02 \times 10^{23}} = 1/38 \times 10^{-10} \text{ Pa}$$



## ارزشیابی مستمر

۱- درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید. (۱ نمره)

- الف) اساس کارتفسنج‌ها بر مبنای تابش گرمایی است.
- ب) با افزایش دمای آب از  ${}^{\circ}\text{C}$  تا  ${}^{\circ}\text{C}$  حجم آب افزایش می‌یابد.
- ج) گرمای لازم برای افزایش دمای یک مول از هر فلز به جنس آن بستگی ندارد.
- د) تبخیر مایع در هر دمایی رخ می‌دهد.

۲- جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب پر کنید. (۱)

الف) به انتقال گرما از طریق امواج الکترومغناطیسی که از اجسام منتشر می‌شود

ب) به مقدار گرمایی که دمای جسم را  ${}^{\circ}\text{C}$  یا  ${}^{\circ}\text{K}$  افزایش دهد

ج) به مقدار گرمایی که یک کیلوگرم از جسم هنگام انجماد یا ذوب منتقل می‌کند

د) به دام افتادن تابش گرمایی بین لایه پوش سپهر و سطح زمین

۳- از داخل پرانتز عبارت درست را انتخاب کنید. (۱)

الف) حجم جامد‌های (بلورین - بی‌شکل) هنگام ذوب ثابت است.

ب) (تصعید - میغان) فرایندی گرماده است.

ج) روش انتقال گرمای (همرفت - تابش) نیاز به محیط مادی ندارد.

د) رابطه حجم و دمای گاز در فشار ثابت (مستقیم - معکوس) است.

۴- گزینه درست را مشخص کنید. (۰/۵)

الف) کدام یک از موارد زیر از عوامل مؤثر بر آهنگ تبخیر سطحی نیست؟

ب) مساحت سطح مایع

الف) دمای مایع

ج) فشار سطح مایع

ب) اگر دمای جسم  ${}^{\circ}\text{F}$  افزایش یابد چند درجه سلسیوس افزایش باقه است؟

۳-  ${}^{\circ}\text{C}$        ${}^{\circ}\text{F}$        ${}^{\circ}\text{C}$        ${}^{\circ}\text{F}$

الف)  ${}^{\circ}\text{C}$

۵- مفاهیم زیر را تعریف کنید. (۰/۵)

الف) تعادل گرمایی      ب) وارونگی هوا

۶- دلیل رفتار غیرعادی آب در محدوده دمایی  ${}^{\circ}\text{C}$  تا  ${}^{\circ}\text{C}$  چیست؟ (۰/۵)

۷- دو مورد از عوامل مؤثر بر میزان رسانش گرمایی مواد را نام ببرید. (۰/۵)

۸- چرا وقتی آب در ظروف روباز بخ می‌بندد یک برآمدگی مرکزی ایجاد می‌شود؟ (۰/۵)

۹- اگر دمای یک میله فلزی را  ${}^{\circ}\text{C}$  افزایش دهیم، طول آن  $1\text{ cm}$  طول اولیه افزایش می‌یابد. ضریب انبساط طولی

این فلز چقدر است؟ (۰/۵)

۱۰- از  $20\text{ g}$  آب  ${}^{\circ}\text{C}$  ۲۰ چه مقدار گرما بگیریم تا به بخ  ${}^{\circ}\text{C}$  تبدیل شود؟ (۱)

$$(c_{\text{Al}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot {}^{\circ}\text{C}}, c_{\text{Bx}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot {}^{\circ}\text{C}}, L_{\text{f}} = 335000 \frac{\text{J}}{\text{kg}})$$

۱۱- یک قطعه فلز به جرم  $1\text{ kg}$  از جنس آلومینیم با دمای  ${}^{\circ}\text{C}$  را در ظرفی که حاوی  $500\text{ g}$  آب  ${}^{\circ}\text{C}$  است،

می‌اندازیم. دمای تعادل را محاسبه کنید. (از تعادل گرما بین آب و ظرف صرف نظر کنید). (۱)

$$(c_{\text{Al}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot {}^{\circ}\text{C}}, c_{\text{Bx}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot {}^{\circ}\text{C}})$$

۱۰۵۱ این دیوار اثاق یک خانه چوبی  $3m \times 6m$  و ضخامت دیوار  $1cm$  است. اگر رسانندگی گرمایی چوب  $W/mK$  باشد، آهنگ رسانش گرمای از این دیوار چقدر است؟ (دماهی داخل خانه  $20^\circ C$  و دماهی بیرون را  $0^\circ C$  در نظر بگیرید.) ( $0/25$ )

حجم یک حباب هوا هنگامی که به سطح آب دریاچه‌ای می‌رسد، ۷ برابر حجم آن در انتهای دریاچه است، با فرض ثابت بودن دما، عمق دریاچه را تعیین کنید. ( $0/25$ )

$$(P_0 = 1.013 \text{ Pa}, \rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$$

### پاسخ ارزشیابی مستمر

(الف) درست ( $0/25$ ), ب) نادرست ( $0/25$ ), ج) درست ( $0/25$ ), د) درست ( $0/25$ ) ۲ (الف) تابش گرمایی ( $0/25$ ), ب) طرفیت گرمایی ( $0/25$ ), ج) گرمای نهان ذوب ( $0/25$ ), د) اثر گذخانه‌ای ( $0/25$ ) ۳ (الف) ای شکل ( $0/25$ ), ب) میزان ( $0/25$ ).

$$\Delta\theta = \frac{\Delta}{9} \Delta F = \frac{\Delta}{9} \times 8 = 45^\circ C = 45^\circ C$$

۴ (الف) اگردو یا چند جسم گرم و سرد در تماس با یکدیگر قرار گیرند، گرم از اجسام گرم تر به اجسام سرد متصل می‌شود تا در پایان همه اجسام به دمای ثابت برسند، به این حالت تعادل گرمایی می‌گویند. (۰/۵) ب) در روزهای سرد زمستان، هوای اطراف سطح زمین سرد و چگالی آن زیاد و هوای لایه‌های بالاتر گرم تر و چگالی آنها کمتر است، تحت این شرایط همراهی طبیعی هوا متصل می‌شود که به آن وارونگی هوا می‌گویند. (۰/۵) ۵ ساختار بلوریخ به گونه‌ای است که در برخی نقاط، مولکول‌ها به

نموداریک و در برخی نقاط از هم دورند، در نتیجه حجم بخ یکسان باشد، از آنجا که در محدوده دمایی  $0^\circ C$  تا  $4^\circ C$  میزان تغییر ساختار مولکولی بخ در آب وجود دارد، با افزایش دما در این محدوده و ازین رفتن ساختار مولکولی بخ حجم آب کاهش می‌باشد و بالعکس. (۰/۵) ۶ طول جسم، مساحت سطح مقطع جسم (اختلاف دم و خس) ماده تیز از عوامل دیگر است. (۰/۵)

۷ بخ زدن از سطح آب و نقاط تزدیک به دیوارهای ظرف شروع می‌شود، با کاهش دمای آب از  $0^\circ C$  تا  $20^\circ C$  حجم آب افزایش می‌داند، مایع‌ها تراکم ناپذیرند؛ بنابرین در هین بخش از طرف سطح و ظرف تغییر حجم به تدریج به نقطه میانی ظرف

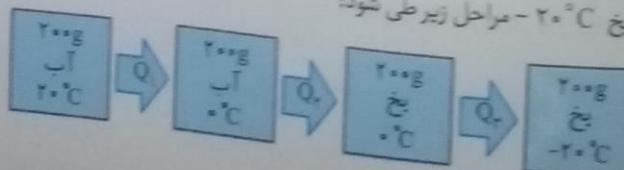
متصل و باعث پالاندن سطح آب می‌شوند. ( $0/25$ )

$$\Delta T = 200 K, \Delta L = 4200 J, \alpha = ?$$

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta T \rightarrow \alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \cdot \Delta T} \rightarrow \alpha = \frac{4200 J}{L_1 \times 200} = \frac{4200 J}{200} = 21000 \frac{J}{K} \rightarrow \alpha = 21000 \frac{1}{K}$$

$$(\text{c}_p = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}, \text{c}_{\text{ج}} = 2100 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}, L_f = 235000 \frac{J}{kg}, m = 200g = 0.2 \text{ kg})$$

اگر تبدیل آب  $20^\circ C$  به بخ  $-20^\circ C$  - مرحله زیر طی شود:



$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= mc_p \Delta\theta = 0.2 \times 4200 \times (20 - 0) = -168000 J \\ Q_2 &= -mL_f = -0.2 \times 235000 = -470000 J \\ Q_3 &= mc_{\text{ج}} \Delta\theta = 0.2 \times 21000 \times (-20 - 0) = -84000 J \\ \rightarrow Q_{\text{کل}} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 = -168000 - 470000 - 84000 = -622000 J \end{aligned} \right\} \rightarrow Q_{\text{کل}} = -622000 J$$



$$\begin{aligned}
 m_1 = 1\text{ kg} & , \quad c_1 = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} , \quad \theta_1 = 10^\circ\text{C} \\
 m_2 = 5\text{ kg} & , \quad c_2 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} , \quad \theta_2 = 10^\circ\text{C}
 \end{aligned}
 \xrightarrow{\text{دما} = ?}$$

$$Q_1 + Q_2 = 0 \rightarrow m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) = 0$$

$$\rightarrow 1 \times 900 \times (\theta - 10) + 5 \times 4200 \times (\theta - 10) = 0$$

$$\rightarrow 900\theta - 9000 + 21000\theta - 21000 = 0 \rightarrow 30000\theta - 30000 = 0 \rightarrow \theta = \frac{30000}{30000} = 10^\circ\text{C} \quad (0/25)$$

W

12

$$A = 3 \times 6 = 18\text{ m}^2 , \quad L = 10\text{ cm} = 0.1\text{ m} , \quad k = 0.2 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} , \quad T_H - T_L = 30 - (-10) = 40\text{ K}$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L} = \frac{0.2 \times 18 \times 40}{0.1} = 144\text{ W} \rightarrow H = 144\text{ W} \quad (0/25)$$

۱۳ ابتدا با استفاده از قانون گازها و با فرض ثابت بودن دما، فشار در ته دریاچه را محاسبه می‌کنیم:

$$P_f = P_i = 10^5 \text{ Pa} , \quad V_f = 7V_i$$

$$\frac{P_i V_i}{\cancel{V_i}} = \frac{P_f V_f}{\cancel{V_i}} \xrightarrow{\text{دما ثابت}} P_i V_i = P_f V_f$$

$$\rightarrow P_i \cancel{V_i} = 10^5 \times 7 \cancel{V_i} \rightarrow P_i = 7 \times 10^5 \text{ Pa} \quad (0/25)$$

حال با توجه به رابطه  $P = P_i + \rho gh$  عمق دریاچه محاسبه می‌شود:

$$P = P_i + \rho gh \rightarrow 7 \times 10^5 = 10^5 + 1000 \times 10 \times h \rightarrow 7 \times 10^5 - 10^5 = 10^4 h \rightarrow 6 \times 10^5 = 10^4 h$$

$$\rightarrow h = \frac{6 \times 10^5}{10^4} = 60\text{ m} \rightarrow h = 60\text{ m} \quad (0/25)$$

## وبیهه دانش آموزان رشته ریاضی و فیزیک

### فصل ترمودینامیک

#### کلیدوازه

داله - متغیر ترمودینامیک - فرایند های ترمودینامیک - انتقال حرارت - معنی کلمه - قانون اول ترمودینامیک - جوهر - پوره های - مشین گردایی - نازه - قانون دوم ترمودینامیک - ضرب عدالت - بخشان

#### حاجات اندیس

علم ترمودینامیک علمی است که به مطالعه رابطه بین گرمای و کار و تبدیل گرمای کار مکانیکی می پردازد.

رسانه ای علمی است که با محیط پیرامون خود گرمای و کار میادله می کند.

جهد اقسام پیرامون دستگاه را که با دستگاه تبادل انرژی دارد محیط من گویند.

کمال ترمودینامیکی اگر در حجم معینی از یک گاز دما و فشار در همه نقاط گاز ثابت باشد، تعادل ترمودینامیکی رخ داده است.

متغیرهای ترمودینامیکی اکمیت های فشار، حجم و دما (P, V, T) را که حالت تعادل دستگاه را آنها مستحبه می نمود متغیرهای ترمودینامیکی می گویند.

حالة هاست گاز از این رابطه بین متغیرهای ترمودینامیکی یک گاز را معادله حالت گاز می گویند. معادله حالت برای یک گاز از این پارامترها می باشد:

$$PV = nRT$$

فرایند ترمودینامیکی تغییر دستگاه ایک حالت تعادل به حالت تعادل دیگر فرایند ترمودینامیکی می گویند.

فرایند ایستاده و فرایندی که در آن دستگاه همواره برویک به حالت تعادل است را ایستاده می گویند.

گرمای ازی ای است که به دلیل اختلاف دما بین دو حسنه میادله می شود.

منبع گرمایی بیشتر است که با این رابطه گرمای تغییر دهنده مخصوصی نباشد.

لورک درونی برای است با مجموع انرژی های حسنه و نیازی داشت یک حسنه که آن را از این می دهد.

نکته مهم: ازی درونی یک گاز کامل نقشع دامی متعلق گاز است.

نکته ایجاد ازی بین دستگاه و محیط را زیر گرمای و کار خود می نماید.

نکته تغییر ازی درونی همچو گرمای و کار میادله بین دستگاه و محیط سنتگی دارد.

قانون اول ترمودینامیکی: اگر در یک فرایند ایستاده و دستگاه ایک حسنه می شود، تغییر انرژی درونی  $\Delta U = Q + W$

دستگاه برای است با مجموع گرمای داده شده به دستگاه و کار انجام شده روی آن:

نکته مهم: اگر به دستگاه گرمای داده شود علامت Q مثبت و اگر از دستگاه گرمای گرفته شود علامت Q منفی است.

نکته مهم: اگر بر روی دستگاه کار انجام شود (حجم دستگاه کاهش باید علامت W مثبت و اگر دستگاه روی محیط کار انجام

داده انجام دستگاه افزایش باید علامت W منفی است.

نکته: فرایند هایی که یک گاز کامل را از حالت اولیه یکسان (P<sub>1</sub>, V<sub>1</sub>, T<sub>1</sub>) به حالت نهایی ریکار (P<sub>2</sub>, V<sub>2</sub>, T<sub>2</sub>) می رسانند، تغییر

انرژی درونی یکسانی دارند و ای کار و گرمای میادله شده در آنها می تواند متفاوت باشد.

نکته: اگر تبادل کار و گرمای یک دستگاه با محیط، انرژی درونی می تواند افزایش باید ( $> \Delta U$ ) یا کاهش باید ( $< \Delta U$ ) با

تغییر نکند. ( $= \Delta U$ )

مثال 1: در یک فرایند ترمودینامیکی بر روی دستگاه ۴۵۰ ج ۴۵۰ کار انجام شده و ۲۵۰ ج ۲۵۰ گرمای از محیط گرفته شده است.

تغییر انرژی درونی دستگاه چقدر است؟

$$\Delta U = Q + W = 450 + 250 = 700 \text{ ج}$$

مثال 2: اگر در یک فرایند ترمودینامیکی ۱۵۰ ج ۱۵۰ گرمای به دستگاه داده شود، دستگاه ۴۰۰ ج ۴۰۰ کار روی محیط انجام دهد، تغییر انرژی

درونی دستگاه چقدر است؟

$$\Delta U = Q + W = +150 - 400 = -250 \text{ ج}$$

لامات مثبت نشان دهنده آن است که انرژی درونی دستگاه افزایش یافته است.

## ویژه دانش آموزان رشته ریاضی و فیزیک

### فصل ۵ ترمودینامیک

#### کلیدوازه

داله هات - متغیر ترمودینامیک - فرایندهای ترمودینامیک - انرژی درونی - منبع گرما - قانون اول ترمودینامیک - چرخه ترمودینامیک - هاشین گزمان - بازده - قانون دوم ترمودینامیک - ضربی حمله بمحض

**علم ترمودینامیک** اعلمی است که به مطالعه رابطه بین گرما و کار و تبدیل گرما به کار مکانیکی می پردازد.  
**ترمودینامیک اجسام** است که با محیط پیامون خود گرما و کار مبادله می کند.  
**دستگاه اجسام** است که با دستگاه تعادل انرژی دارند محیط می گویند.  
**نیافردها** اجسام پیامون دستگاه را که با دستگاه تعادل نیافرده است، تعادل ترمودینامیکی رخ داده است.  
**نمایندگان ترمودینامیکی** اکیتی های فشار، حجم و دما ( $P$ ,  $V$ ,  $T$ ) را که حالت تعادل دستگاه با آنها مشخص می شود متغیرهای ترمودینامیکی می گویند.  
**داله هات گاز** از این دستگاه بین متغیرهای ترمودینامیکی یک گاز را معادله حالت گاز می گویند. معادله حالت برای یک گاز آرامی برابر  $PV = nRT$  است.

**فرایند ترمودینامیکی** تغییر دستگاه از یک حالت تعادل به حالت تعادل دیگر فرایند ترمودینامیکی می گویند.  
**فرایند ایستادار فرایندی** که در آن دستگاه همواره نزدیک به حالت تعادل است را ایستادار می گویند.  
**گرما انرژی ای** است که به دلیل اختلاف دما بین دو جسم مبادله می شود.  
**می گرمایی اجسام** است که با مادله گرما، تغییر دمای مخصوصی نمی کند.  
**الری درونی** برابر است با مجموع انرژی های جنبی و پتانسیل گرات یک جسم که ان را تابان می دهد.  
**لکه میمه انرژی درونی** یک گاز کامل فقط تابع محیط مطلق گاز است.

**لکه انتقال انرژی درونی** به گرما و کار مبادله شده بین دستگاه و محیط بستگی دارد.  
**قانون اول ترمودینامیکی**: اگر در یک فرایند ایستادار دستگاه میان  $Q$  را مکد و کار  $W$  داشته باشد، تغییر انرژی درونی  $\Delta U = Q + W$  می باشد.

**دستگاه برابر است** با مجموع گرمایی داده شده به دستگاه و کار انجام شود، تغییر انرژی درونی آن انجام شود، تغییر انرژی درونی  $\Delta U = Q + W$  می باشد.

**لکه میمه**: اگر دستگاه گرم داده شود علامت  $Q$  مثبت و اگر از دستگاه گرم گرفته شود علامت  $Q$  منفی است.

**لکه میمه**: اگر بر روی دستگاه کار انجام شود (حجم دستگاه کاهش باید) علامت  $W$  مثبت و اگر دستگاه روی محیط کار انجام دهد (حجم دستگاه افزایش باید) علامت  $W$  منفی است.

**لکه فرایندهایی** که یک گاز کامل را از حالت اولیه یکسان ( $P_1, V_1, T_1$ ) به حالت نهایی یکسان ( $P_2, V_2, T_2$ ) می رسانند، تغییر انرژی درونی یکسانی دارند ولی کار و گرمای مبادله شده در آنها می تواند متفاوت باشد.

**لکه انتقال کار و گرمایی** یک دستگاه با محیط، انرژی درونی می تواند افزایش باید ( $> \Delta U$ ) یا کاهش باید ( $< \Delta U$ ) باشد.

تغییر لکنده: ( $= \Delta U$ )  
**مثال ۱**: در یک فرایند ترمودینامیکی بر روی دستگاه  $J = 450$  کار انجام شده و  $J = 250$  گرما توسط دستگاه از محیط گرفته شده است.

تغییر انرژی درونی دستگاه چقدر است؟

**مثال ۲**: اگر در یک فرایند ترمودینامیکی  $J = 1500$  گرما به دستگاه داده شود، دستگاه  $J = 400$  کار روی محیط انجام دهد، تغییر انرژی دستگاه چقدر است؟

$J = 1500 - 400 = 1100$

حالت مثبت نشان دهنده آن است که انرژی درونی دستگاه افزایش یافته است.



## ویژه دانش آموزان رشته ریاضی و فیزیک

### فصل ۱ ترمودینامیک

#### کلیدواژه

هرچهاره هالت - متغیر ترمودینامیک - فرایندهای ترمودینامیک - اندازه داری - منبع کرما - قانون اول ترمودینامیک - چونه ترمودینامیک - ماشین کرمانی - بازده - قانون دوم ترمودینامیک - ضریب عملکرد یخچال

#### شایعه اندیسر

علم ترمودینامیک

ترمودینامیک اعلمی است که به مطالعه رابطه بین گرما و کار و تبدیل گرمابه کار مکانیکی می پردازد.

رسانه ای جسمی است که با محیط پیرامون خود گرم و کار مبادله می کند.

محیط اجسام پیرامون دستگاه را که با دستگاه تعامل انرژی دارد محیط می گویند.

تعادل ترمودینامیک اکمیت های فشار، حجم و دما ( $P$ ,  $V$  و  $T$ ) را که حالت تعادل دستگاه با آنها مشخص می شود متغیرهای

ترمودینامیکی می گویند.

معادله هالت گاز را بعله بین متغیرهای ترمودینامیکی یک گاز را معادله حالت گاز می گویند. معادله حالت بیان یک گاز از مانی برابر است با:

$$PV = nRT$$

فرایند ترمودینامیک انتقال از یک دستگاه از دیگر دستگاه ترمودینامیکی می گویند.

فرایند ایستاوار فرایندی که در آن دستگاه همواره نزدیک به حالت تعادل است را ایستاوار می گویند.

گرمای از دستگاه دمای بین دو جسم مبادله می شود.

منبع گرمایی ای جسمی است که با مبادله گرمای تغییر دمای محسوسی نمی کند.

الرژی درونی برابر است با مجموع انرژی های جنسی و پتانسیل ذرات یک جسم که آن را بالشان می دهد.

لکنه مهی از دستگاه و محیط از طریق گرمای و کار صورت می گیرد.

لکنه انتقال انرژی درونی یک گاز کامل فقط تابع دمای مطلق گاز است.

لکنه تغییر انرژی درونی به گرمای و کار مبادله شده بین دستگاه و محیط بستگی دارد.

قانون اول ترمودینامیک: اگر در یک فرایند ایستاوار دستگاه گرمای  $Q$  و گرد و کار  $W$  انجام شود، تغییر انرژی درونی

$$\Delta U = Q + W$$

دستگاه بیان است با مجموع گرمای داده شده به دستگاه و کار انجام شده روی آن:

نکته مهم: اگر به دستگاه گرمای داده شود علامت  $Q$  مثبت و اگر از دستگاه گرمای گرفته شود علامت  $Q$  منفی است.

نکته مهم: اگر بر روی دستگاه کار انجام شود (حجم دستگاه کاهش یابد) علامت  $W$  مثبت و اگر دستگاه را باز کار انجام شده روی آن:

نکته: حجم دستگاه افزایش یابد) علامت  $W$  منفی است.

نکته: فرایندهایی که یک گاز کامل را از حالت اولیه یکسان ( $P_1, V_1, T_1$ ) به حالت نهایی یکسان ( $P_2, V_2, T_2$ ) می رسانند، تغییر

الرژی درونی یکسانی دارند ولی کار و گرمای مبادله شده در آنها می تواند متفاوت باشد.

نکته: در تعادل کار و گرمای یک دستگاه با محیط، انرژی درونی می تواند افزایش یابد ( $W < \Delta U$ ) یا کاهش یابد ( $W > \Delta U$ ) با

تغییر نکند. ( $W = \Delta U$ )

مثال ۱: در یک فرایند ترمودینامیکی بر روی دستگاه  $450\text{ J}$  کار انجام شده و  $250\text{ J}$  گرمای از دستگاه از محیط گرفته شده است.

$$W = +450\text{ J} , Q = +250\text{ J}$$

$$\Delta U = Q + W = 450 + 250 = 700\text{ J} \rightarrow \Delta U = 700\text{ J}$$

تغییر انرژی درونی دستگاه چقدر است؟

مثال ۲: اگر در یک فرایند ترمودینامیکی  $1500\text{ J}$  گرمای دستگاه داده شود، دستگاه  $400\text{ J}$  کار روی محیط انجام دهد، تغییر انرژی

$$Q = +1500\text{ J} , W = -400\text{ J}$$

$$\Delta U = Q + W = +1500 - 400 = +1100\text{ J} \rightarrow \Delta U = 1100\text{ J}$$

علامت مثبت نشان دهنده آن است که انرژی درونی دستگاه افزایش یافته است.

مثال ۳: در یک فرایند ترمودینامیکی کار انجام شده توسط دستگاه  $J = 200$  و تغییر انرژی درونی دستگاه  $\Delta U = -1200$  است. گرمای مبادله شده را محاسبه کنید.

$$W = -200 \text{ J}, \quad \Delta U = -1200 \text{ J}$$

وقتی کار انجام شد توسط دستگاه  $J = 200$  باشد کار انجام شده بر روی دستگاه  $J = 200$  است:

$$\Delta U = Q + W \rightarrow -1200 = Q - 200 \rightarrow Q = -1000 \text{ J}$$

علامت  $Q$  منفی است پس در این فرایند  $1000 \text{ J}$  گرمای از دستگاه گرفته شده است.

نکته با انجام هر فعالیتی طبق قانون اول ترمودینامیک انرژی درونی بدن به کار و گرمای تبدیل می‌شود.

نکته آهندگ سوخت و ساز بدن، آهنج تبدیل انرژی شیمیایی مواد غذایی به انرژی درونی است که بر حسب کیلوکالوری بر ساعت

$$\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \text{) یا وات بیان می‌شود.}$$

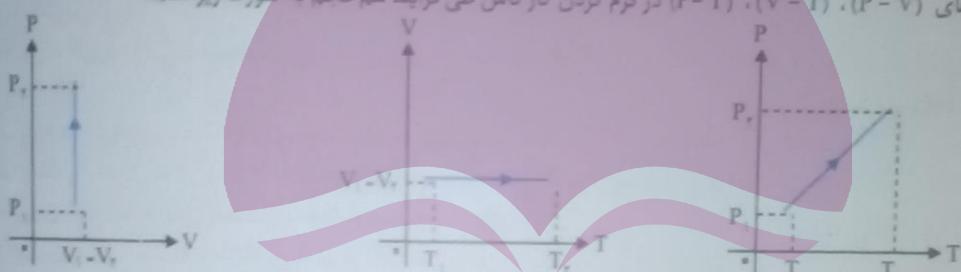
چند نوع فرایند ترمودینامیکی که به بررسی آنها می‌پردازیم عبارتند از:

- ۱- فرایند هم حجم    ۲- فرایند هم فشار    ۳- فرایند هم دما

فرایند هم حجم

فرایندی که در آن حجم گاز ثابت می‌ماند فرایند هم حجم نام دارد. در این فرایند چون حجم گاز تغییری نمی‌کند؛ کار انجام شده روی دستگاه صفر است ( $W = 0$ ) و تغییر انرژی درونی در این فرایند برابر است با:

نمودارهای  $(P - T)$ ,  $(V - T)$ ,  $(P - V)$  در گرم کردن گاز کامل علی فرایند هم حجم به صورت زیر است:



نکته اگر گاز به صورت هم حجم گرمای از دست دهد جیهت مکان‌ها وارونه می‌شود. گرمای ویژه مولی گاز ثابت  $C_V$  اینقدر گرمایی است که دمای یک مول از گاز در حجم ثابت، K افزایش می‌دهد.

محاسبه گرمای در فرایند هم حجم

گرمای مبادله شده در فرایند هم حجم از این طهه دست می‌آید:

$$Q = nC_V\Delta T$$

$C_V$ : گرمای ویژه مولی گاز بر حسب  $\frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$ ،  $\Delta T$ : افزایش دمای گاز بر حسب کلوین یا درجه سلسیوس است.

نکته گرمای ویژه مولی در گازهای کامل نک انتقایاً برابر با  $R = \frac{3}{2}R$  و در گازهای کامل دو انتقایاً برابر با  $\frac{5}{2}R$  است.

$$C_V = \frac{3}{2}R \quad \text{دو انتقایی} \quad R = 8/31 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$$

$$\Delta U = Q = nC_V\Delta T \quad \text{نتیجه در فرایند هم حجم، رابطه گرمای و تغییر انرژی درونی به صورت زیر است:}$$

$$(R = 8/31 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}})$$

مثال ۱: اگر به ۲ مول گاز کامل دو انتقای در حجم ثابت،  $J = 400$  گرمای دهیم دمای آن چه مقدار افزایش می‌یابد؟

$$n = 2 \text{ mol}, \quad Q = +400 \text{ J}, \quad \Delta T = ?$$

$$Q = nC_V\Delta T \xrightarrow{C_V = \frac{3}{2}R} Q = n \times \frac{3}{2}R \times \Delta T \rightarrow +400 = 2 \times \frac{3}{2} \times \Delta T \rightarrow 400 = 3 \times \Delta T$$

$$\rightarrow \Delta T = \frac{400}{3} = 133.3$$

مثال ۲: اگر دمای ۳ مول گاز کامل نک انتقای در حجم ثابت،  $K$  افزایش یابد تغییر انرژی درونی گاز چقدر است؟

$$\Delta T = 20 \text{ K}, \quad \Delta U = ?$$

$$(R = 8/31 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}})$$



$$\Delta U = Q = nC_V \Delta T \xrightarrow{C_V = \frac{3}{2}R} \Delta U = n \times \frac{3}{2}R \times \Delta T$$

$$= 3 \times \frac{3}{2} \times 8 \times 20 = 720 \text{ J} \rightarrow \Delta U = 720 \text{ J}$$

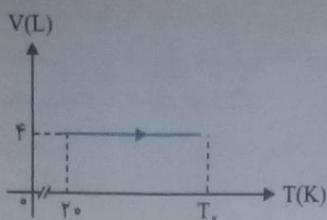
مثال ۳: شکل زیر نمودار  $T - V$ ، ۲ مول گاز کامل تک اتمی را طی فرایندی هم حجم نشان می‌دهد. اگر گرمای مبادله شده طی

$$(R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}})$$

تک اتمی + هم حجم .

$$V_1 = V_2 = 4L = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3, \quad T_1 = 20 \text{ K}$$

$$Q = +96 \text{ J}, \quad T_2 = ?, \quad P_2 = ?$$



$$Q = nC_V \Delta T \rightarrow Q = n \times \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) \rightarrow 96 = 2 \times \frac{3}{2} \times 8 \times (T_2 - 20) \rightarrow 96 = 24(T_2 - 20)$$

$$T_2 - 20 = \frac{96}{24} = 4 \rightarrow T_2 = 4 + 20 = 24 \text{ K} \rightarrow T_2 = 24 \text{ K}$$

$$P_2 V_2 = nRT_2 \rightarrow P_2 \times 4 \times 10^{-3} = 2 \times 8 \times 24 \rightarrow P_2 = \frac{384}{4 \times 10^{-3}} = 96 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$\rightarrow P_2 = 96 \times 10^3 \text{ Pa}$$

مثال ۴: شکل زیر نمودار  $P - V$  یک مول گاز کامل تک اتمی را طی یک فرایند هم حجم نشان می‌دهد:

$$(R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}})$$

$$P_1 = 3 \text{ atm} = 3 \times 10^5 \text{ Pa}, \quad \text{هم حجم ، تک اتمی}$$

$$P_2 = 2 \text{ atm} = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_1 = V_2 = 4L = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$Q = nC_V \Delta T = n \times \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}(nRT_2 - nRT_1) \xrightarrow{PV = nRT} Q = \frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$\rightarrow Q = \frac{3}{2}(2 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3} - 3 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3}) = \frac{3}{2}(800 - 1200) = \frac{3}{2} \times (-400) = -600 \text{ J}$$

$$\rightarrow Q = -600 \text{ J}$$

چون علامت  $Q$  منفی است بنابراین گاز گرما از دست داده است.

ب) تغییر انرژی درونی گاز چقدر است؟  $\Delta U = Q = -600 \text{ J} \rightarrow \Delta U = -600 \text{ J}$

ج) دمای نهایی گاز چقدر است؟

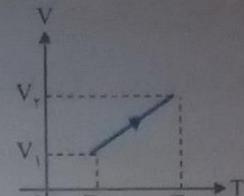
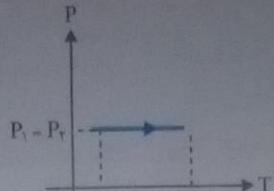
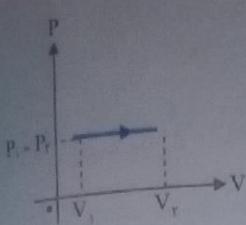
$$P_2 V_2 = nRT_2 \rightarrow T_2 = \frac{P_2 V_2}{nR} = \frac{2 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3}}{1 \times 8} = 100 \text{ K} \rightarrow T_2 = 100 \text{ K}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{\text{هم حجم}} \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow \frac{3 \text{ atm}}{T_1} = \frac{2 \text{ atm}}{100} \rightarrow T_1 = \frac{100 \times 3}{2} = 150 \text{ K} \rightarrow T_1 = 150 \text{ K}$$

فرایند هم فشار

فرایندی که در آن فشار گاز ثابت است، فرایند هم فشار نام دارد.

نمودارهای  $P-V$ ,  $P-T$ ,  $T-V$  برای یک فرایند انبساط هم فشار به صورت زیر است:



نکته: اگر گاز در فرایند هم فشار متراکم شود جهت پیکانها وارونه می شود.

نکته: در فرایند هم فشار هم کار و هم گرما بین دستگاه و محیط مبادله می شود.

محاسبه گار در فرایند هم فشار

کار محیط روی دستگاه در فرایند هم فشار از رابطه زیر به دست می آید:

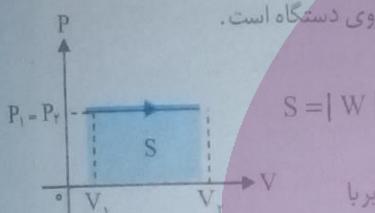
$$W = -P \Delta V$$

طبق رابطه فوق:

اگر گاز منبسط شود  $\Delta V > 0 \Rightarrow W$  (کار محیط روی دستگاه) منفی است.

اگر گاز متراکم شود  $\Delta V < 0 \Rightarrow W$  (کار محیط روی دستگاه) مثبت است.

نکته مهم: مساحت زیر نمودار  $P-V$  در فرایند هم فشار برابر قدر مطلق کار محیط روی دستگاه است.



نکته: در حالت کلی می توان نشان داد برای تمام فرایندها، مساحت زیر نمودار  $P-V$  برابر با  $S = |W|$  قدر مطلق کار محیط روی دستگاه است.

محاسبه گرما در فرایند هم فشار

مشابه فرایند هم حجم، گرمای مبادله شده در فرایند هم فشار از رابطه زیر به دست می آید:

که در این رابطه  $C_p$ : گرمای ویژه مولی در فشار ثابت است.

$$Q = nC_p \Delta T$$

نکته مهم: گرمای ویژه مولی در فشار ثابت برای گاز کامل تک اتمی تقریباً برابر با  $\frac{R}{2}$  و برای گازهای کامل دو اتمی تقریباً برابر با  $\frac{R}{3}$  است.

نتیجه مهم: اکار، گرما و تغییر انرژی درروی در فرایند هم فشار به صورت زیر است:

$$W = -P \Delta V, \quad Q = nC_p \Delta T, \quad \Delta U = Q + W$$

مثال 1: حجم گاز کاملی در دمای  $27^\circ C$  برابر  $3L$  است. اگر در فشار ثابت  $1/5 atm$  دمای آن را به  $127^\circ C$  برسانیم. کاری که

$$\text{گاز روی محیط انجام می دهد. چقدر است? } (R = \lambda \frac{J}{mol.K})$$

$$T_1 = 27 + 273 = 300K, \quad V_1 = 3L = 3 \times 10^{-3} m^3, \quad W = ?$$

$$T_2 = 127 + 273 = 400K, \quad P_1 = P_2 = 1/5 atm = 1/5 \times 10^5 Pa$$

برای محاسبه  $W$  باید ابتدا حجم نهایی گاز ( $V_2$ ) را با استفاده از قانون گازها محاسبه کنیم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{\text{هم فشار}} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{3}{300} = \frac{V_2}{400} \rightarrow V_2 = \frac{3 \times 400}{300} = 4L$$

$$\rightarrow V_2 = 4L = 4 \times 10^{-3} m^3$$

کار محیط روی گاز برابر است با:

$$W = -P \Delta V = -P(V_2 - V_1) = -1/5 \times 10^5 (4 \times 10^{-3} - 3 \times 10^{-3}) = -1/5 \times 10^5 \times 10^{-3} = -150 J$$

$$\rightarrow W = -150 J$$

$$= \text{کار محیط روی گاز} = 150 J$$

مثال ۱: حجم  $1.5 \text{ mol}$  گاز کامل تک اتمی در فشار ثابت  $2 \text{ atm}$  از  $2 \text{ L}$  به  $5 \text{ L}$  کاهش می‌یابد. کار انجام شده روزی گاز چقدر است؟

$$n = 1.5 \text{ mol}, P_1 = P_2 = 2 \text{ atm} = 2 \times 10^5 \text{ Pa}, V_1 = 2 \text{ lit} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

فشار ثابت، تک اتمی،

$$W = -P\Delta V = -2 \times 10^5 \times (1.5 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3}) = -2 \times 10^5 \times (-1/5) \times 10^{-3} = 3 \times 10^2 = 300 \text{ J}$$

$$\rightarrow W = +300 \text{ J}$$

ب) گرمای مبادله شده بین گاز و محیط چقدر است؟

$$Q = nC_p \Delta T = n \times \frac{\Delta}{2} R(T_2 - T_1) = \frac{\Delta}{2} (nRT_2 - nRT_1) = \frac{\Delta}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$= \frac{\Delta}{2} (2 \times 10^5 \times 1.5 \times 10^{-3} - 2 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3})$$

$$\rightarrow Q = \frac{\Delta}{2} (150 - 400) = \frac{\Delta}{2} \times (-250) = -750 \text{ J} \rightarrow Q = -750 \text{ J}$$

علت  $Q$  منفی است، بنابراین گاز گرما از دست داده است.

ج) تغییر انرژی درونی گاز را محاسبه کنید.

$$\Delta U = Q + W = -750 + 300 = -450 \text{ J} \rightarrow \Delta U = -450 \text{ J}$$

د) اگر دمای اولیه گاز  $100^\circ\text{K}$  باشد دمای نهایی آن چقدر است؟

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{P_1 = P_2} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{2}{100} = \frac{1.5}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{100 \times 1.5}{2} = 25 \text{ K} \rightarrow T_2 = 25 \text{ K}$$

مثال ۲: اگر به ۴ لیتر گاز کامل دو اتمی با دمای اولیه  $100^\circ\text{K}$  در فشار جو  $(1 \times 10^5 \text{ Pa})$  گرمای دهیم دمای نهایی آن چقدر

$$(R = 8.31 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}})$$

$$V_1 = 4 \text{ L} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3, T_1 = 100 \text{ K}, P_1 = P_2 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}, Q = +560 \text{ J}, T_2 = ?$$

$$Q = nC_p \Delta T \rightarrow Q = n \times \frac{\Delta}{2} R(T_2 - T_1)$$

برای محاسبه  $T_2$  در رابطه فوق ابتدا باید تعداد مول گاز را با استفاده از قانون گازها محاسبه کنیم:

$$P_1 V_1 = nRT_1 \rightarrow n = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = \frac{1 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3}}{8.31 \times 100} = \frac{400}{831} = \frac{1}{2} \text{ mol} \rightarrow n = \frac{1}{2} \text{ mol}$$

$$Q = n \times \frac{\Delta}{2} R(T_2 - T_1) \rightarrow 560 = \frac{1}{2} \times \frac{\Delta}{2} \times 8.31 \times (T_2 - 100) \rightarrow 560 = 14(T_2 - 100)$$

$$\rightarrow T_2 - 100 = \frac{560}{14} = 40$$

$$T_2 - 100 = 40 \rightarrow T_2 = 140 \text{ K}$$

دمای نهایی گاز

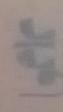
مثال ۳: مقداری گاز کامل تک اتمی در یک ابسساط هم فشار،  $300 \text{ J}$  گرمای در این فرایند چقدر است؟ کار انجام شده در این فرایند چقدر است؟  $Q = +300 \text{ J}, W = ?$

$$Q = nC_p \Delta T = n \times \frac{\Delta}{2} R(T_2 - T_1) = \frac{\Delta}{2} (nRT_2 - nRT_1) = \frac{\Delta}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$\xrightarrow{P_2 = P_1 = P} Q = \frac{\Delta}{2} P(V_2 - V_1)$$

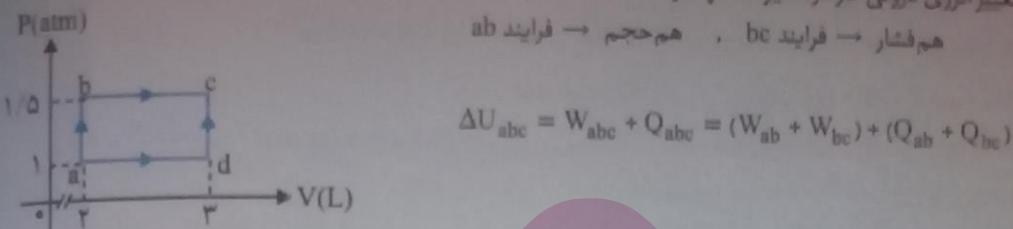
$$\rightarrow Q = \frac{\Delta}{2} P\Delta V \rightarrow 300 = \frac{\Delta}{2} P\Delta V \rightarrow P\Delta V = \frac{600}{\Delta} = 120 \rightarrow P\Delta V = 120$$

$$W = -P\Delta V \rightarrow W = -120 \text{ J}$$



مثال ۵: مقداری گاز کامل تک آنمی مطابق شکل زیر از دو مسیر abc و ade طور آزمانی از حالت اولیه a به حالت نهایی c رفته است.  
 الف) تغییر انرژی درونی گاز در مسیر abc چقدر است؟

هر فشار → فرایند ab هم حجم → فرایند bc هم فشار



مقدار کار و گرمایی هر مسیر را جداگانه محاسبه می‌کنیم:

فرایند ab هم حجم است.  $\rightarrow W_{ab} = 0$

فرایند bc هم فشار است.  $\rightarrow W_{bc} = -P\Delta V = -1/5 \times 10^5 \times (3 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3})$

$$= -1/5 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-3} = -10 \text{ J} \rightarrow W_{bc} = -10 \text{ J}$$

$Q_{ab} = nC_V\Delta T = n \times \frac{3}{2} R(T_b - T_a) = \frac{3}{2}(nRT_b - nRT_a) = \frac{3}{2}(P_b V_b - P_a V_a)$  فرایند ab هم حجم است.

$$\rightarrow Q_{ab} = \frac{3}{2}(1/5 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3} - 1 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3}) = \frac{3}{2}(300 - 200) = 150 \text{ J} \rightarrow Q_{ab} = 150 \text{ J}$$

فرایند bc هم فشار است.  $Q_{bc} = nC_p\Delta T = n \times \frac{5}{2} R(T_c - T_b) = \frac{5}{2}(nRT_c - nRT_b) = \frac{5}{2}(P_c V_c - P_b V_b)$

$$\rightarrow Q_{bc} = \frac{5}{2}(1/5 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-3} - 1/5 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3}) = \frac{5}{2}(450 - 300) = 375 \text{ J} \rightarrow Q_{bc} = 375 \text{ J}$$

$$\Delta U_{abc} = (0 - 150) + (10 + 375) = 375 \text{ J} \rightarrow \Delta U_{abc} = 375 \text{ J}$$

ب) تغییر انرژی درونی در مسیر ade چقدر است؟

فرایندهایی که از حالت اولیه یکسان به حالت نهایی یکسان می‌رسند تغییر انرژی درونی یکسانی دارند بنابراین:

$$\Delta U_{ade} = 375 \text{ J}$$

فرایند هم دما

فرایندهایی که در آن دما کابیت است فرایند هم دما قام دارد. در این فرایند تغییر انرژی درونی صفر است و در نتیجه:

$$\Delta U = Q + W \rightarrow Q = -W$$

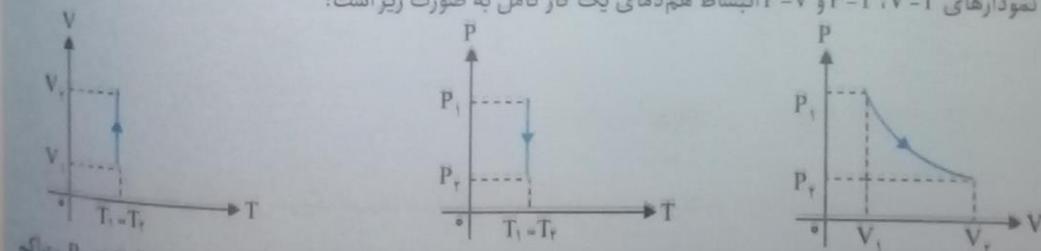
## توشه‌ای برای موفقیت

نکته: طبق رابطه فوق در فرایند هم دما Q و W قرینه یکدیگر هستند بنابراین:

در تراکم هم دما چون کار انجام شده روی گاز (W) مثبت است علامت (Q) منفی است. یعنی گاز گرما از دست داده است.

در ابساط هم دما بیز چون کار انجام شده روی گاز (W) منفی است، علامت (Q) مثبت است. یعنی گاز گرما گرفته است.

نکته: نمودارهای P-T, V-T و P-V ابساط هم دمایی یک گاز کامل به صورت زیر است:



مثال ۶: مقداری گاز کامل را در دمای ثابت از حالت اولیه  $P_1 = 5 \text{ atm}$  و  $V_1 = 5 \text{ L}$  تا حالت نهایی با فشار  $P_2 = 2 \text{ atm}$  می‌گیریم.

الف) حجم نهایی گاز را محاسبه و نمودار P-V آن را رسم کنید.

$$V_1 = \delta L = \delta \times 10^{-3} \text{ m}^3, P_1 = 2 \text{ atm} = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 5 \text{ atm} = 5 \times 10^5 \text{ Pa}, V_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow[\substack{\text{فرایند هم دما} \\ T_1 = T_2}]{} P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow 2 \times 5 = 5 \times V_2$$

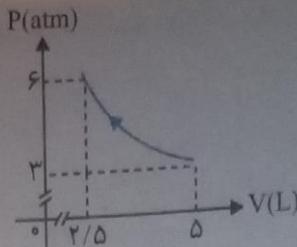
# ایران توشه

توشه ای برای موفقیت

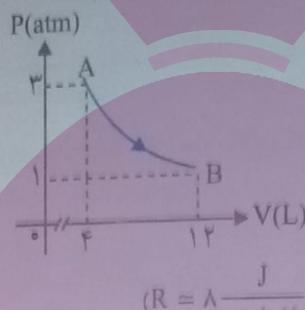


فرایند تراکم هم دماس است که نمودار آن به صورت زیر است:

$$\rightarrow V_2 = \frac{15}{6} = 2.5L \rightarrow V_2 = 2.5L$$



ب) اگر مساحت سطح زیر نمودار  $J = 400$  باشد، کار انجام شده بر روی گاز و گرمای مبادله شده را به دست آوردید.  
من دانم قدر مطلق کار در هر فرایند برابر است با مساحت سطح زیر نمودار  $P - V$  در آن فرایند بنابراین:  
مثال ۲: در شکل زیر نمودار  $P - V$  برای  $P = 1\text{ atm}$  و  $V = 4\text{ L}$  گاز کامل تک اتمی رسم شده است:



$$(R = \lambda \frac{J}{\text{mol} \cdot \text{K}})$$

$$P_A = 3\text{ atm} = 3 \times 10^5 \text{ Pa}, \quad V_A = 4\text{ L} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$P_B = 1\text{ atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}, \quad V_B = 1.2\text{ L} = 1.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$P_A V_A = nRT_A \rightarrow T_A = \frac{P_A V_A}{nR} = \frac{3 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3}}{0.082 \times 1} = \frac{12 \times 10^3}{4} = 300\text{ K} \rightarrow T_A = 300\text{ K}$$

ب) تغییر انرژی درونی گاز طی این فرایند چقدر است؟

ابداید از هم دما بودن این فرایند مطمئن شویم. این فرایند در صورتی هم دماس است که:

$$P_A V_A = P_B V_B$$

$$P_A V_A = 3 \times 4 = 12$$

$$P_B V_B = 1 \times 12 = 12 \rightarrow P_A V_A = P_B V_B \rightarrow \Delta U = 0$$

ج) اگر گرمای مبادله شده طی این فرایند  $120^\circ$  باشد کار انجام شده بر روی گاز چقدر است؟

$$W = Q \rightarrow W = -120\text{ J} \rightarrow \text{فرایند هم دما است.}$$

فرایند بی دررو

اگر در طول فرایندی بین دستگاه و محیط، گرمایی مبادله نشود به این فرایند، بی دررو می گوییم. قانون اول ترمودینامیک در مورد

$$\Delta U = \emptyset + W \rightarrow \Delta U = W$$

فرایند بی دررو به صورت زیر است:

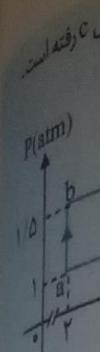
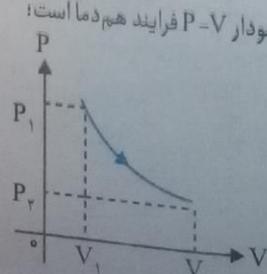
در انساط بی دررو چون کار محیط روی دستگاه ( $W$ ) منفی است پس  $\Delta U$  هم منفی است یعنی انرژی درونی گاز کاهش می یابد.

در تراکم بی دررو چون کار محیط روی دستگاه ( $W$ ) مثبت است پس  $\Delta U$  هم مثبت است یعنی انرژی درونی گاز افزایش می یابد.

لکنه: برای انجام فرایند به صورت بی دررو یا باید دستگاه را گاملاً غایق بندی کرده و تراکم و انساط را به آهستگی انجام دهیم و یا

اینکه دستگاه را چنان با سرعت متراکم یا منبسط کنیم که گاز فرست تیادل گرما با محیط را پیدا نکند.

لکنه: نمودار  $P - V$  فرایند بی دررو منحنی شبیه نمودار  $P - V$  فرایند هم دما است!



د) هم حجم اس  
بند هم فشار اس

د) هم حجم اس  
 $Q_{ab} = \frac{3}{4}(1/5)$

بند هم فشار اس  
 $Q_{bc} = \frac{5}{4}(1/5)$   
 $Q_{ab} = (5 = 15)$

بین:  $U_{ik} = 375\text{ J}$

جهه:

$\Delta U = Q + W \rightarrow$

ت داده است.  
ا گرفته است



فرایند بی دررو  
نمودار  $P - V$  فرایند بی دررو  
 $V_1 = 5 \times 10^{-5}$   
 $P_1 = 10^5 \text{ atm}$   
 $P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{10^5 \times 5 \times 10^{-5}}{10} = 5 \times 10^4 \text{ Pa}$   
نم دما  
 $T_1 =$

الف) فشار نهایی در تراکم هم دما چقدر است؟

$$T_{V_{\text{اول}}}=300\text{K}, \quad T_{V_{\text{نهایی}}}=\text{؟} \quad P_{V_{\text{نهایی}}} = 2\text{atm} = 2 \times 10^5 \text{Pa}, \quad n = 2\text{mol}$$

$$T_{V_{\text{نهایی}}} = 300\text{K}, \quad T_{V_{\text{نهایی}}} = 300\text{K}, \quad P_{V_{\text{نهایی}}} = ?$$

$$PV = nRT \rightarrow P = \frac{nRT}{V} \rightarrow \left(\frac{P_1 V_1}{T_1}\right)_{\text{نهایی}} = \left(\frac{P_2 V_2}{T_2}\right)$$

$$\frac{V_{V_{\text{نهایی}}}}{V_{V_{\text{نهایی}}}} = \left(\frac{P_1}{T_1}\right)_{\text{نهایی}} = \left(\frac{P_2}{T_2}\right)$$

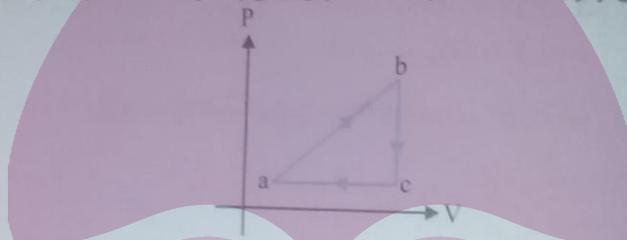
$$\rightarrow \frac{P_{V_{\text{نهایی}}}}{300} = \frac{2}{300} \rightarrow P_{V_{\text{نهایی}}} = \frac{300 \times 2}{300} = 1/\Delta \text{atm} \rightarrow P_{V_{\text{نهایی}}} = 1/\Delta \text{atm}$$

$$(R = A \frac{J}{\text{mol} \cdot \text{K}})$$

می دانیم تغییر انرژی درونی در هر فرایند برابر است با:

$$\Delta U = nC_V \Delta T \rightarrow \Delta U = 2 \times \frac{3}{3} \times A \times (400 - 300) = 2400 \text{J} \rightarrow \Delta U = 2400 \text{J}$$

برنده ترمودینامیک زنجیره ای از فرایندها است که در آن دستگاه پس از طی چند فرایند به حالت اولیه خود بازمی گردد. مثال:



نکته: چون در یک چرخه حالت اولیه و نهایی یکسان است تغییر انرژی درونی صفر است ( $\Delta U = 0$ ). قانون اول ترمودینامیک برای یک چرخه به صورت زیر است:

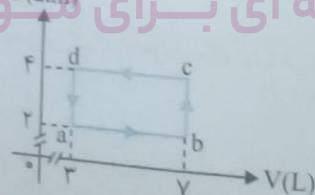
$$Q + W = \Delta U \rightarrow Q + W = 0 \rightarrow Q = -W \quad (\text{در چرخه ترمودینامیکی})$$

نکته: کار کل انجام شده در یک چرخه نمودار  $P-V$  برابر است با مساحت داخل چرخه.

نکته: اگر چرخه ساعتگرد باشد کار انجام شده بر روی دستگاه منفی و اگر چرخه پاد ساعتگرد باشد کار انجام شده بر روی دستگاه مثبت است.

مثال 1: گازی چرخه ترمودینامیکی فرضی زیر را می پیماید.

## توشه ای برای موفقیت



الف) کار انجام شده بر روی گاز در این چرخه چقدر است؟

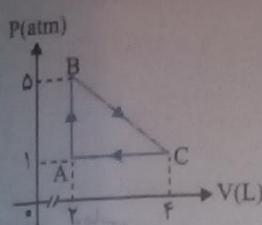
$$|W| = S_{abcd} = \frac{4}{2} \times 10^{-2} \times (3 - 2) \times 10^5 = 100 \text{J} \rightarrow |W| = 100 \text{J}$$

$$Q = -W \rightarrow Q = -100 \text{J}$$

ب) گرمای میداله شده بین گاز و محیط در این چرخه چقدر است؟

در این چرخه، گاز  $100 \text{J}$  گرمای محیط داده است.

$$(R = A \frac{J}{\text{mol} \cdot \text{K}})$$



الف) کار انجام شده در چرخه را محاسبه کنید.

$$|W| = S_{ABC} = \frac{\frac{2}{3} \times 10^{-3} \times (5 - 1) \times 10^5}{2}$$

$$= 4 \times 10^3 = 400 \text{ J} \xrightarrow{\text{چرخه ساختگرد}} W = -400 \text{ J}$$

ب) کار انجام شده، گرمای مبادله شده و تغییر انرژی درونی در فرایند AB را محاسبه کنید.

$$\begin{cases} W_{AB} = 0 \\ Q_{AB} = nC_V \Delta T = n \times \frac{3}{2} R(T_B - T_A) = \frac{3}{2}(nRT_B - nRT_A) \\ \quad = \frac{3}{2}(P_B V_B - P_A V_A) = \frac{3}{2}(5 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3} - 1 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3}) \\ \quad = \frac{3}{2}(1000 - 200) = 1200 \text{ J} \rightarrow Q_{AB} = 1200 \text{ J} \\ \Delta U_{AB} = Q_{AB} + W_{AB} = 0 + 1200 = 1200 \text{ J} \rightarrow \Delta U_{AB} = 1200 \text{ J} \end{cases}$$

فرایند AB هم حجم است.

ج) کار انجام شده، گرمای مبادله شده و تغییر انرژی درونی در فرایند CA را محاسبه کنید.

$$\begin{cases} W_{CA} = -P\Delta V = -1 \times 10^5 \times (2 \times 10^{-3} - 4 \times 10^{-3}) = -1 \times 10^5 \times (-2) \times 10^{-3} \\ \quad = 200 \text{ J} \rightarrow W_{CA} = +200 \text{ J} \\ Q_{CA} = nC_P \Delta T = n \times \frac{5}{2} R(T_A - T_C) = \frac{5}{2}(nRT_A - nRT_C) \\ \quad = \frac{5}{2}(P_A V_A - P_C V_C) = \frac{5}{2}(1 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3} - 1 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3}) \\ \quad = \frac{5}{2}(200 - 400) = -500 \text{ J} \rightarrow Q_{CA} = -500 \text{ J} \\ \Delta U_{CA} = Q_{CA} + W_{CA} = -500 + 200 = -300 \text{ J} \rightarrow \Delta U_{CA} = -300 \text{ J} \end{cases}$$

فرایند CA هم فشار است.

ماشین‌های گرمایی: دستگاهی است که صریح چرخه ترمودینامیکی مقداری گرما از محیط دریافت و بخشی از آن را به کار تبدیل می‌کند.

انواع ماشین‌های گرمایی:

۱- ماشین گرمایی برون‌سوز: ماشینی است که در آن گرما از بیرون به دستگاه داده می‌شود و انواع آن عبارتند از:

ماشین بخار، ماشین استرلینگ، ماشین نیوکامن.

۲- ماشین گرمایی درون‌سوز: ماشینی است که در آن گرما در داخل دستگاه تولید می‌شود و انواع آن عبارتند از:

ماشین بنزینی، ماشین دیزلی.

ماشین بخار وات:

در ماشین بخار وات دستگاهی که چرخه را طی می‌کند، آب است.

نکته: چرخه آرمانی چرخه‌ای است که فرایندهای آن ایستاوار و بدون اتفاف باشد.

چرخه آرمانی یک ماشین بخار وات را چرخه رانکس می‌گویند.

ماشین درون سوز بنزینی:

چرخه ماشین‌های بنزینی شامل شش فرایند است که عبارتند از: ضربه مکش، ضربه تراکم، آتش گرفتن، ضربه انجام کار، تخلیه.

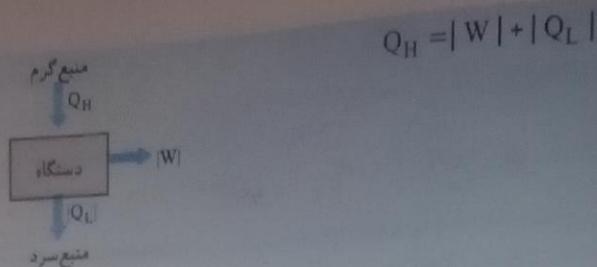
ضربه خروج گاز.

چرخه آرمانی یک ماشین بنزینی را چرخه آتو می‌گویند.

نکته مهم: طرز کار طرح‌وار یک ماشین گرمایی آرمانی به صورت روبه‌رو است که در آن دستگاه مقداری گرما از منبع گرم گرفته

$Q_H$ ، بخشی از آن را به کار تبدیل  $|W|$  و بخشی دیگر را به منبع سرد  $|Q_L|$  می‌دهد. با توجه به شکل و قانون پایستگی

انرژی می‌توان نوشت:



$$Q_H = |W| + |Q_L|$$

بازده ماشین گرمایی

بازده یک ماشین گرمایی به صورت زیر تعریف می شود:

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow \eta = \frac{|W|}{Q_H} \quad \text{ارزی مفید خروجی}$$

بازده ماشین های گرمایی واقعی کمتر از بازده ماشین های گرمایی آرمانی است.

بازده تقریبی برخی از ماشین های گرمایی به صورت زیر است:

بازده ماشین درون سوز بنزینی: ۲۰ تا ۳۰ درصد

بازده ماشین درون سوز دیزلی: ۳۰ تا ۳۵ درصد

بازده ماشین برون سوز بخار: ۳۰ تا ۴۰ درصد

مثال ۱: بازده یک موتور بنزینی ۲۵ درصد است. اگر در هر چرخه  $2000\text{J}$  گرما به موتور داده شود در هر چرخه:

(الف) کار انجام شده توسط موتور چقدر است؟

$$\eta = \frac{20}{100} = 0.20 \quad Q_H = 2000\text{J} \quad |W| = ?$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow |W| = \eta \times Q_H = 0.20 \times 2000 = 400\text{J} \rightarrow |W| = 400\text{J}$$

ب) چند زول گرما به منبع سرد داده می شود؟

$$Q_H = |W| + |Q_L| \rightarrow |Q_L| = Q_H - |W| = 2000 - 400 = 1600\text{J} \rightarrow |Q_L| = 1600\text{J}$$

مثال ۲: یک ماشین گرمایی آرمانی در هر دقیقه  $3 \times 10^3\text{J}$  گرما از منبع گرم دریافت و  $3 \times 10^3\text{J}$  گرما به منبع سرد می دهد.

(الف) این ماشین در هر دقیقه چند زول کار انجام می دهد؟

$$Q_H = 3 \times 10^3 = 2000\text{J} \quad |Q_L| = 3 \times 10^3\text{J} = 3000\text{J}$$

$$Q_H = |W| + |Q_L| \rightarrow |W| = Q_H - |Q_L| = 2000 - 3000 = -1000\text{J} \rightarrow |W| = 1000\text{J}$$

ب) بازده ماشین چقدر است؟

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{1000}{2000} = \frac{10}{20} \rightarrow \eta = 0.5 \quad \text{درصد بازده}$$

توان یک موتور بنزینی  $5\text{kW}$  و بازده آن  $20$  درصد است. در هر دقیقه مقدار گرمای موتور به منبع سرد می شود:

$$P = 5\text{kW} = 5000\text{W} \quad \eta = \frac{20}{100} = 0.2 \quad \Delta t = 1\text{min} = 60\text{s} \quad Q_H = ?$$

کار انجام شده توسط موتور در هر دقیقه:

$$P = \frac{|W|}{\Delta t} \rightarrow |W| = P \cdot \Delta t = 5000 \times 60 = 300000 = 3 \times 10^5\text{J} \rightarrow |W| = 3 \times 10^5\text{J}$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow Q_H = \frac{|W|}{\eta} = \frac{3 \times 10^5}{0.2} = 15 \times 10^5\text{J} \rightarrow Q_H = 15 \times 10^5\text{J}$$

گرمایی داده شده به موتور در هر دقیقه:

قابل دوم ترمودینامیک (به بیان ماشین گرمایی): ممکن نیست دستگاه طی چرخه ای همه گرمای جذب شده از منبع گرم را به

کار تبدیل کند. امکن نیست بازده ماشین گرمایی  $100$  درصد شود.

بازده چرخه کارنو: بیشترین بازده یک ماشین گرمایی که بین دو منبع باダメهای  $T_H$  و  $T_L$  کار می کند را بازده ماشین کارنوی آن

نمی گویند که از رابطه زیر به دست می آید:

$$\eta_{کارنو} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

نکته: بازده ماشین کارنو به جنس ماده‌ای که چرخه را می‌سازد بستگی ندارد.  
قضیه کارنو: بازده یک ماشین گرمایی که بین دو منبع با دمای  $T_L$  و  $T_H$  کار می‌کند هرگز نمی‌تواند بیشتر از بازده ماشین کارنویی باشد که بین این دو منبع کار می‌کند یعنی:  $\eta_{کارنو} \leq \eta$

مثال ۱: یک ماشین گرمایی بین دمای  $T_L = 300K$  و  $T_H = 400K$  کار می‌کند. بازده ماشین کارنویی که بین این دو دما کار می‌کند چقدر است؟

$$\eta_{کارنو} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{400} = 1 - 0.75 = 0.25 \times 100 = 25\%$$

مثال ۲: یک ماشین کارنو بین دمای  $T_L = 100K$  و  $T_H = 500K$  کار می‌کند. اگر این ماشین در هر چرخه  $200J$  گرمای منبع گرم پگیرد:

(الف) در هر چرخه چه مقدار کار انجام می‌دهد؟

$$\eta_{کارنو} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{100}{500} = 1 - 0.2 = 0.8 \rightarrow \eta = \eta_{کارنو} = 0.8$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow |W| = \eta \times Q_H = 0.8 \times 200 = 160J \rightarrow |W| = 160J$$

(ب) در هر چرخه چه مقدار گرمای منبع سرد می‌دهد؟

$$|Q_L| = Q_H - |W| = 200 - 160 = 40J \rightarrow |Q_L| = 40J$$

یخچال

قانون دوم ترمودینامیک به بیان یخچالی: ممکن نیست گرمای خود به خود از جسم سرد به جسم گرم منتقل شود.

نکته: با انجام کار می‌توان گرمای از جسم سرد به جسم گرم منتقل کرد.

یخچال: وسیله‌ای است که با استفاده از کار، گرمای از جسم سرد به جسم گرم منتقل می‌کند. طرز کار یخچال‌ها وارون ماشین‌های گرمایی است.

نکته مهم: طرز کار طرح واریک یخچال به صورت زیر است:



## ایران توشه

زیر به دست می‌آید:

ضریب عملکرد یخچال: نیست گرمای گرفته شده از منبع سرد به کار موتور یخچال را ضریب عملکرد یخچال می‌گویند که از رابطه  $K = \frac{Q_L}{W}$  یا  $K = \frac{Q_L}{|Q_H| - Q_L}$  می‌آید:

نکته: بیشترین ضریب عملکرد یخچال را ضریب عملکرد یخچال کارنو می‌گویند که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$K_{کارنو} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

مثال ۱: موتور یک یخچال در هر دقیقه با مصرف  $J = 10^5$  انرژی الکتریکی  $J = 10^5 \times 5$  گرمای از درون یخچال می‌گیرد.

(الف) در این مدت یخچال چند ژول گرمای فضای بیرون می‌دهد؟

$$t = 60s, W = 10^5 J, Q_L = 5 \times 10^5 J, Q_H = ?$$

$$|Q_H| = W + Q_L = 10^5 + 5 \times 10^5 = 6 \times 10^5 J \rightarrow |Q_H| = 6 \times 10^5 J$$

(ب) ضریب عملکرد آن چند است؟

$$K = \frac{Q_L}{W} = \frac{5 \times 10^5}{10^5} = 5 \rightarrow K = 5$$

مثال ۲: ضریب عملکرد یک یخچال ۳ است: اگر در هر دقیقه  $J = 10^3$  گرمای از درون آن گرفته شود.

(الف) توان مصرفی یخچال چقدر است؟

$$K = 3, t = 60s, Q_L = 9 \times 10^4 J, P = ?$$



برای محاسبه توان مصرفی ابتدا باید کار یخچال را محاسبه کرد:

$$K = \frac{Q_1}{W} \rightarrow W = \frac{Q_1}{K} = \frac{4 \times 10^7}{3} = 3 \times 10^7 J \rightarrow W = 30000 J$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{30000}{5} = 6000 W \rightarrow P = 6000 W$$

پ) در هر دقیقه چه مقدار گرمای خارج از یخچال داده می شود؟

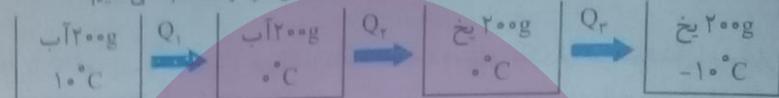
$$Q_H = Q_1 + W = 90000 + 30000 = 120000 J = 120 kJ \rightarrow Q_H = 120 kJ$$

مثال ۳: توان یک یخچال  $W = 20000$  و ضریب عملکرد آن  $3$  است. چه مدت طول می کشد تا در این یخچال  $200 g$  آب  $10^\circ C$  به  $-10^\circ C$  بخ

$$(L_f = 335000 \frac{J}{kg}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot K}, c_{\text{یخ}} = 2100 \frac{J}{kg \cdot K})$$

$$P = 2000 W, K = 3, t = ?, m = 200 g, \text{یخ } 10^\circ C \rightarrow -10^\circ C$$

از دست می دهد تا به  $10^\circ C$  تبدیل شود را محاسبه می کنیم:



$$Q_1 = mc_{\text{آب}} \Delta T = 0 / 2 \times 4200 \times (0 - 10) = -8400 J$$

$$Q_2 = -mL_f = -0 / 2 \times 335000 = -67000 J$$

$$Q_T = mc_{\text{یخ}} \Delta T = 0 / 2 \times 2100 \times (-10 - 0) = -4200 J$$

$$Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_2 + Q_T = -8400 - 67000 - 4200 = -79600 J$$

بنابراین گرمایی که یخچال از آب می گیرد برابر است با:

$$Q_L = 79600 J$$

$$K = \frac{Q_1}{W} \rightarrow W = \frac{Q_1}{K} = \frac{79600}{3} = 19900 J \rightarrow W = 19900 J$$

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow t = \frac{W}{P} = \frac{19900}{200} = 99.5 s \rightarrow t = 99.5 s$$

نکته: دو بیان قانون دوم ترمودینامیک معادل یکدیگرند. یعنی اگر قانون دوم ترمودینامیک به بیان یخچالی نقض شود، قانون دوم ترمودینامیک به بیان ماشین گرمایی نیز نقض می شود و بالعکس.

(۱۵۱)

روی قوطی های اسپری، هشتاد داده شده است که از انداختن آن در آتش خودداری کنید. علت این توصیه را براساس فرایند هم حجم توضیح دهید.

با افزایش دما حجم قوطی تقریباً ثابت است (فرایند هم حجم) ولی فشار گاز داخل آن افزایش می یابد که این افزایش فشار اگر از حد معینی (بسته به جنس گاز و اندازه قوطی) بیشتر شود باعث انفجار قوطی خواهد شد.

(۱۵۲)

تمرين ۱-۵

تمرين ۱-۵

دماي n مول گاز با گرمای ويزه مولی در حجم ثابت  $C_V$  در يك فرایند هم حجم از  $T_1$  به  $T_2$  رسيده است.

الف) تغيير انرژي درونی گاز در اين فرایند را ببيابيد.

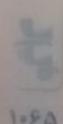
در فرایند هم حجم  $W = 0$  بنابراین:

$$\Delta U = Q + W \rightarrow \Delta U = Q = nC_V \Delta T \rightarrow \Delta U = nC_V \Delta T = nC_V (T_2 - T_1)$$

پ) اگر اين گاز گاز آرامان و تک اتمی باشد، تغيير انرژي درونی آن به چه صورتی نوشته می شود؟

در گاز كامل تک اتمی داريم  $C_V = \frac{3}{2} R$  بنابراین:

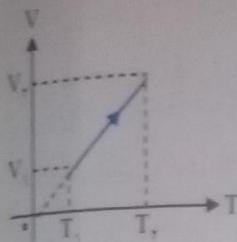
$$\Delta U = n \times \frac{3}{2} R \times \Delta T \rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} nR \Delta T$$



۱۵۳

### تمرین ۲-۵

نشان دهید نمودار  $P-T$  برای فرایند هم فشار یک گاز آرامانی، خط راست است که امتداد آن از مبدأ مختصات می‌گذرد.  
چون گاز آرامانی است با استفاده از معادله حالت گاز داریم:



$$PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P} \rightarrow V = \left(\frac{nR}{P}\right)T$$

چون  $\left(\frac{nR}{P}\right)$  مقداری ثابت است رابطه فوق معادله خط راست است که امتداد آن از مبدأ مختصات می‌گذرد.

۱۵۴

### تمرین ۳-۵

نشان دهید رابطه ۳-۵ که برای یک انبساط هم فشار به دست آمده، برای یک تراکم هم فشار نیز برقرار است.  
اگر طی یک فرایند تراکم در پیستون، فشار گاز  $P$ ، مساحت پیستون  $A$  و جابه جایی آن  $d$  در نظر گرفته شود با توجه به اینکه نیرویی که از طرف گاز به پیستون وارد می‌شود در خلاف جهت جابه جایی است، می‌توان نوشت:

$$\text{کار گاز روی پیستون} = F \times d \times \cos 180^\circ = -Fd = -PAd \quad : \text{در تراکم}, \quad Ad = V_1 - V_2 = -\Delta V$$

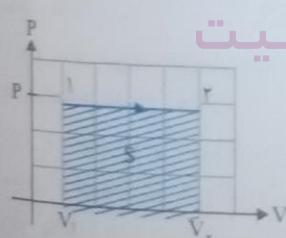
$$\text{کار گاز روی پیستون} = -p(-\Delta V) = P\Delta V \quad : \text{کار گاز روی پیستون} \rightarrow W = -P\Delta V$$

۱۵

۱۵۵

### فعالیت ۱-۵

با توجه به نمودار شکل رو به رو، نشان دهید در فرایند هم فشار مساحت سطح زیر نمودار  $P-V$  برابر با قدر مطلق کار انجام شده است.



$$W = -P\Delta V = -P(V_2 - V_1) \quad \left. S = (P - 0)(V_2 - V_1) = P(V_2 - V_1) \right\} \rightarrow S = |W|$$

۱۵۶

### تمرین ۴-۵

مشابه آنچه که برای تراکم هم دما شرح دادیم، انبساط هم دمای گاز کامل را شرح دهید و علامت های  $Q$  و  $W$  را برای چنین فرایندی تعیین و نمودارهای  $P-T$  و  $T-V$  را برای آنرسم کنید. فشار

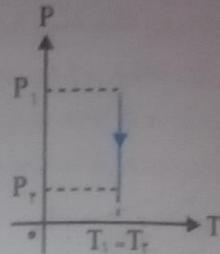
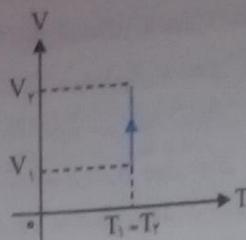
در انبساط هم دما، استوانه حاوی گاز را در تماس با یک منبع گرمایی با دمای ثابت و برابر با دمای اولیه گاز قرار می‌دهیم. فشار گاز داخل استوانه را با برداشتن تدریجی ساقمه‌های سربی روی پیستون، به آهستگی کاهش می‌دهیم، حجم گاز داخل استوانه به تدریج زیاد می‌شود، چون در این فرایند دما ثابت است تغییر انرژی درونی صفر است و می‌توانیم بنویسیم:

$$ΔU = Q + W = 0 \rightarrow Q = -W$$

چون در انبساط، کار انجام شده بر روی گاز منفی است،  $Q$  مثبت می‌شود. یعنی در انبساط هم دما گاز گرمایی گیرد.  
مثبت  $\rightarrow Q$ ، منفی  $\rightarrow W$



۲-۵) این فرایند به صورت زیر است:



۱۵۷)

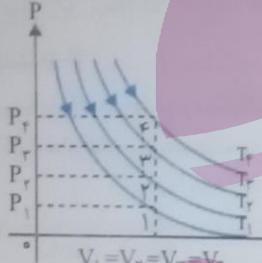
نهایی یک سرنگ حاوی هوا را مسدود و آن را وارد حجم بزرگی از آب کنید، پس از مدتی، پیستون سرنگ را به آرامی بشارید. هوا درون سرنگ چه فرایندی را طی می‌کند؟  
بنابراین یک تراکم هم‌دما است که در آن آب نوش یک منبع گرمایی را دارد.

۲-۶)

۱۵۸)

در شکل رو به رو، نمودار  $P-V$  مربوط به انساط هم‌دمای یک گاز آرامانی در دمای مختلف رسم شده است.  
الف) نشان دهید:  $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$ . (راهنمایی: خطی عمود بر محور  $V$  یا عمود بر محور  $P$  رسم کنید، به گونه‌ای که هر چهار نمودار را قطع کند و سپس قانون گازهای آرامانی را برای نقطه‌های برخورد با منحنی‌ها به کار بینندید)  
ب) خط عمود بر محور  $V$  رسم می‌کنیم به طوری که هر چهار نمودار را قطع کند. نقاط برخورد را نامگذاری می‌کنیم.

۱۵۹)



با توجه به قانون گازها می‌توان نوشت:

$$P_1 V_1 = nRT_1, \quad P_2 V_2 = nRT_2, \quad P_3 V_3 = nRT_3, \quad P_4 V_4 = nRT_4$$

$$P_1 < P_2 < P_3 < P_4$$

$$P_1 V_1 < P_2 V_2 < P_3 V_3 < P_4 V_4 \quad \text{برابر است با:}$$

$$nRT_1 < nRT_2 < nRT_3 < nRT_4 \quad \text{جیوں حجم گاز در تمام این نقاط با هم برابر است می‌توان نوشت:}$$

$$T_1 < T_2 < T_3 < T_4 \quad \text{با استفاده از قانون گازها داریم:}$$

با حذف مقدار  $n$  از نامساوی می‌توان نوشت:

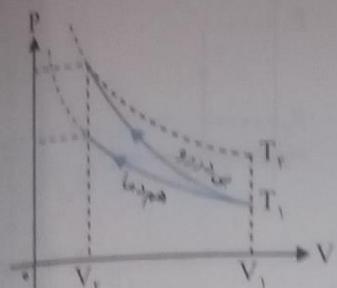
ب) در یک تغییر حجم معین، اندازه کار انجام شده در کدام فرایند بیشتر است؟  
جیوں قدر مطلق کار انجام شده برابر با سطح زیر نمودار ( $P - V$ ) است، هرچه نمودار بالاتر باشد مساحت زیر آن و در نتیجه کار انجام شده در آن فرایند بیشتر است. پس:  $|W_4| > |W_2| > |W_1| > |W_3|$

۱۵۹)

۳) تغییرات  $\Delta$ -۳-۴) وقوعی در یک نوشابه گازدار حلقو سرد را سریع باز می‌کنیم. عشاشهده می‌شود که هاله رقیقی در اطراف دهانه نوشابه ایجاد می‌شود. این پدیده را توجیه کنید. در قسمت بالای بطری نوشابه‌ای که در آن بازنشده مخلوطی از گاز کربن دی‌اکسید (بخار آب وجود دارد. وقتی که در نوشابه را سریع باز می‌کنیم به علت سرعت بالای انجام این کار، گاز داخل بطری نوشابه فرست تبادل گرفتا با محیط را ندارد و فرایندی بی دررو را طی می‌کند. در این فرایند فشار گاز کاهش و حجم آن افزایش می‌یابد. لزنتیجه انرژی درونی گاز و دمای آن کاهش می‌یابد و این کاهش دما باعث می‌شود تا بخار آب موجود در بطری نوشابه به مایع تبدیل و به صورت ارسی (بلو) دیده شود.

### تمرین ۵-۵

مثال ۱۱-۵ را مفرض آنکه گاز به جای ابساط، تراکم باید پاسخ دهد.  
در شکل، دو متحسن همدما برای دماهای  $T_1$  و  $T_2$  رسم شده‌اند. در تراکم همدما، دما تغییر نمی‌کند. بنابراین گاز در مسیر ( $T_1$ ) باقی ماند ولی در تراکم بی‌دروز، چون دمای گاز افزایش می‌باید گاز از مسیر ( $T_1$ ) خارج و به دمایی بالاتر در مسیر ( $T_2$ ) می‌رود. در اینجا چون سطح زیر نمودار فرایند س درجه بیشتر است  $|W|$  برای این فرایند مقدار بیشتری دارد.



### پرسش ۲-۵

سریگ آتشزنه اسوانه کوچکی است مجهر به پیستون که کاملاً بر سطح داخلی استوانه منطبق است. در فضای محبوس داخل سریگ، فقط هوا و نکه کاغذ کوچک قرار دارد. با راندن سریع پیستون به داخل، و تراکم بی‌دروز هوای محبوس، نکه کاغذ مشتعل می‌شود. عموماً از کاغذ نیتروسلولز در این آزمایش استفاده می‌شود که نقطه اشتعال سیار پایین دارد. جراحتی کاغذ در این فرایند آتش می‌گیرد؟

من دانم در تراکم بی‌دروز دمای گاز افزایش می‌باید بنابراین اگر تراکم سریگ سریع و مقدار آن زیاد باشد دمای هوای داخل سریگ به حدی افزایش می‌باید که باعث اشتعال کاغذ درون سریگ می‌شود.

### فعالیت ۴-۵

شکل رویه‌رویک چرخه ترمودینامیک فرایند را نشان می‌دهد.

الف) کار انجام شده روی دستگاه در هر فرایند را بر حسب سطح زیر نمودار آن بیان کنید.



ب) نشان دهد مقدار کار کل انجام شده روی دستگاه برایر با مساحت داخل چرخه است.

$$W_t = W_{ab} + W_{bc} + W_{cd} + W_{da} = -S_{abfh} - S_{bcef} + S_{edge} + S_{dahg} = -S_{abceh} + S_{adceh} = -S_{abcd}$$

$$\Rightarrow W_t = -S_{abcd} = -S_{چرخه}$$

ب) کار کل انجام شده روی دستگاه مثبت است یا منفی؟ توضیح دهید.

چون مساحت زیر نمودار در بخش ابساط (abc) بزرگ‌تر از مساحت زیر نمودار در بخش تراکم eda است، بنابراین کار انجام شده بروزی دستگاه در این چرخه منفی است:

$$W_t = -S_{چرخه}$$

### فعالیت ۵-۵

در مورد ماشین‌های بخاری که امروزه در نیروگاه‌های گرمایی (حرارتی) استفاده می‌شوند و نحوه کارکرد آنها تحقیق کنید و نتیجه تحقیق را به صورت پوستر با پرده‌نگار در کلاس ارائه نمایید. سعی کنید از تصاویر مناسب آموزشی بهره ببرید.  
دانش‌آموخته عزیز می‌توانند با مراجعت به سایت [www.mechanism.ir](http://www.mechanism.ir) و جستجوی عبارت «توربین بخار چیست» و «توربین چیست» در قسمت جستجو در سایت، تصاویر و توضیحاتی را در مورد توربین‌های بخار نیروگاه‌های حرارتی به دست آورند.

**۶-۵ نهایت**  
 قابق پوت - پوت، نوعی قایق است اسباب بازی است که اساساً کار آن مانند ماشین های برون سوز است. در مورد این قابق های اسباب بازی تحقیق کرده و سعی کنید آن را بسازید. در این قایق ها مخزنی از آب قرار دارد که توسط یک ماده اشتعال را مانند الکل یا شمع، گرم و به نقطه جوش می رسد. فشار بخار آبی که از انتهای قایق خارج می شود نیروی پیشوان آن را تأمین می کند. (دانش آموزان عزیز می توانند با مراجعه به سایت [www.aparat.com](http://www.aparat.com) مراحل ساخت قایق بخار را آموزش ببینند).

**۳-۵ پرسش**  
 با فرض آنکه بتوان ضربی عملکرد یک یخچال را با ضربی عملکرد یخچال کارنو توصیف کرد، به گمان شما یک کولر گاری در آب و هوای معتدل بهتر کار می کند یا در آب و هوای گرم ؟  
 در آب و هوای معتدل بهتر کار می کند. زیرا هر قدر دمای منبع گرم  $T_H$  (دماهی هوای بیرون) بیشتر باشد مقدار  $T_H - T_L$  پیشراست بنابراین با افزایش مقدار مخرج در رابطه  $K = \frac{T_L}{T_H - T_L}$  ضربی عملکرد کاهش می یابد.

**۱۷۵ پرسش ها و مسئله های فصل ۵**  
 ۱- ظرفی شامل  $kg / ۳$  آب است. با هم زدن آب داخل ظرف،  $40\text{ kJ}$  کار روی آن انجام می دهیم و در این مدت  $3\text{ kJ}$  گرمای از ظرف به بیرون منتقل می شود. انرژی درونی آب چقدر تغییر می کند؟

۲-  $W = 40\text{ kJ}$  ،  $Q = -31\text{ kJ}$  ،  $\Delta U = ?$   
 $\Delta U = Q + W = -31 + 40 = 9\text{ kJ} \rightarrow \Delta U = 9\text{ kJ}$  : قانون اول ترمودینامیک

۳- (الف) در فرایند هم حجم چگونه می توان فشار گاز را افزایش یا کاهش داد?  
 در فرایند هم حجم با افزایش دما، فشار گاز افزایش و با کاهش دما، فشار گاز کاهش می یابد.  
 (ب) در فرایند هم فشار چگونه می توان حجم گاز را افزایش یا کاهش داد؟

۴- در فرایند هم حجم با افزایش دما، حجم گاز افزایش و اگر دما کاهش یابد، حجم گاز کاهش می یابد.  
 (ت) یک سرنگ را که دسته آن می تواند آزادانه حرکت کند مسدود می کنیم، آن را درون مقداری آب می اندازیم و آب را به تدریج گرم می کنیم. هوای درون چه فرایندی را طی می کند؟ فرایند انبساط هم فشار  
 ۵- حجم  $50\text{ cm}^3$  مول از یک گاز آرامانی تک اتمی  $1/3$  لیترو فشار آن  $1/5$  اتمسفر است.  
 (الف) مقداری گرمای گاز می دهیم تا فشار آن از طریق یک فرایند هم حجم دو برابر شود. کار و گرمای مبادله شده را که این فرایند محاسبه کنید.

$n = 0.5\text{ mol}$  ،  $V = 50\text{ cm}^3$  گازتکاتمی ،  $P_1 = 1/5\text{ atm} = 1/5 \times 10^5 \text{ Pa}$   
 $P_2 = 2P_1 = 2 \times 1/5 \times 10^5 = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$  ،  $W = ?$  ،  $Q = ?$

کارهای انجام شده در فرایند هم حجم صفر است بنابراین:  $W = 0$

گرمای مبادله شده در فرایند هم حجم برابر است با:  

$$Q = nC_V \Delta T = n \times \frac{3}{2} R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (nRT_2 - nRT_1) = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \xrightarrow[V \text{ ثابت}]{\text{فرایند هم حجم}} Q = \frac{3}{2} V \Delta P$$

$$\rightarrow Q = \frac{3}{2} \times 50 \times 10^{-3} \times \frac{1}{5} = 15 \times 10^{-3} = 15 \times 10^{-3} \text{ J} \rightarrow Q = 15 \times 10^{-3} \text{ J}$$

(ب) اگر به جای گرمای گاز داده به گاز، مقداری گرمای از گاز بگیریم تا حجم آن در طی یک فرایند هم فشار گرمای مبادله شده در این فرایند چقدر می شود؟  
 $V_1 = 8/3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  ،  $V_2 = \frac{1}{2} V_1 = \frac{1}{2} \times 8/3 \times 10^{-3} = 4/15 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  ،  $W = ?$  ،  $Q = ?$

کار انجام شده در فرایند هم فشار برابر است با:  
 $W = -P \Delta V = -1/5 \times 10^5 \times (4/15 - 8/3) \times 10^{-3} = -6/225 \times 10^2 \text{ J} \rightarrow W = 6/225 \times 10^2 \text{ J}$



گرمای مبادله شده در فرایند هم‌فشار نیز برابر است با:

$$Q = nC_p \Delta T = n \times \frac{\Delta}{2} \times R(T_2 - T_1) = \frac{\Delta}{2} (nRT_2 - nRT_1) = \frac{\Delta}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \xrightarrow[\text{هم‌فشار نات}]{} Q = \frac{\Delta}{2} P \Delta V$$

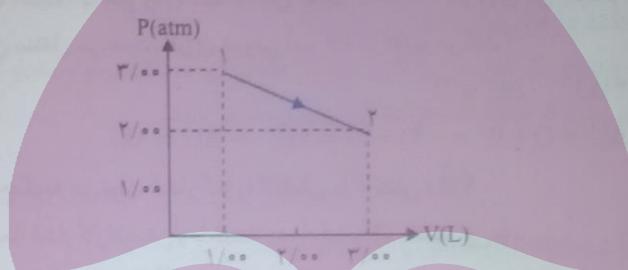
$$Q = \frac{\Delta}{2} \times 1/5 \times 10^5 \times (4/15 - 8/3) \times 10^{-3} = 15/5625 \times 10^2 J \rightarrow Q = 1/6 \times 10^3 \times 10^2 J$$

نکته: برای گازهای تک‌اتمی گرمای مبادله شده در فرایند هم‌حجم را می‌توان از رابطه  $Q = \frac{3}{2} V \Delta P$  و گرمای مبادله

$$\xrightarrow[\text{هم‌فشار}]{Q} = \frac{\Delta}{2} P \Delta V \text{ به دست آورد.}$$

نکته: برای گازهای دوامی نیز گرمای مبادله شده در فرایند هم‌حجم از رابطه  $Q = \frac{5}{2} V \Delta P$  و هم‌فشار از رابطه  $\xrightarrow[\text{هم‌فشار}]{Q} = \frac{7}{2} P \Delta V$  به دست می‌آید.

۵- نمودار  $P-V$  ی گازی رقیق در شکل رو به رو نشان داده شده است. در این فرایند با فرض آنکه انرژی درونی در نقطه (۱) برابر  $J = 456$  و در نقطه (۲) برابر  $J = 912$  باشد، چقدر گرمای مبادله شده است؟ آیا گاز گرفته است یا از دست داده است؟



با توجه به انرژی اولیه و نهایی، تغییر انرژی درونی فرایند برابر است با:

$$U_1 = 456 J, \quad U_2 = 912 J \rightarrow \Delta U = U_2 - U_1 = 912 - 456 = 456 J$$

برای محاسبه گرمای مبادله شده ابتدا باید کار انجام شده در این فرایند را محاسبه کنیم که برابر است با مساحت سطح زیر نمودار  $P-V$ :

$$W = \frac{(2+3) \times 10^5 \times (3-1) \times 10^{-3}}{2} = \frac{5 \times 10^5 \times 10^{-3}}{2} = 5 \times 10^2 = 500 J \rightarrow |W| = 500 J$$

چون در این فرایند گاز منبسط شده علامت کار منفی است:  $W = -500 J$

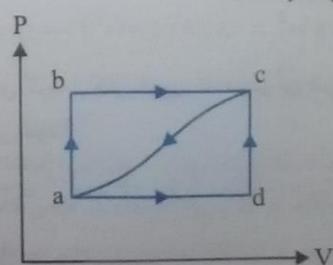
حال با داشتن تغییر انرژی درونی و کار انجام شده و با استفاده از قانون اول ترمودینامیک، گرمای مبادله شده برابر است با:

$$Q = \Delta U - W = 456 - (-500) = 456 + 500 = 956 J \rightarrow Q = 956 J$$

علامت  $Q$  مثبت است بنابراین گاز در این فرایند گرمای گرفته است.

۶- گازی مطابق شکل، از طریق مسیر abc از حالت a به c، می‌رود. گاز در این مسیر، ۹۰ ژول گرمای می‌گیرد و ۷۰ ژول کار انجام می‌دهد.

الف) تغییر انرژی درونی گاز در مسیر abc چقدر است؟



$$Q = +90 J, \quad W = -70 J \rightarrow \Delta U = Q + W = 90 - 70 = 20 J \rightarrow \Delta U = 20 J$$

ب) آنکه رسانیدن به حالت c فرایند از مسیر abc انجام شود، کار انجام شده توسط گاز در مقایسه با گاز بیشتر است یا کمتر؟  
چون مساحت سطح زیر نمودار در مسیر abc کمتر است، قدر مطلق کار نیز در این مسیر کمتر است.

نطای ابتداء و انتهای هر دو مسیر مشترک است پس تغییر انرژی درونی هر دو مسیر یکسان است؛ از طرفی چون گاز در مسیر abc کمتری را انجام داده است، گرمای کمتری نیز دریافت کرده است.

پ) اگر گاز را از مسیر خمیده از حالت a برگردانیم، چقدر باید از آن انرژی بگیریم؟  
انرژی که از گاز در مسیر c به a گرفته می‌شود برابر با تغییر انرژی درونی گاز در این مسیر است، بنابراین:

$$\Delta U_{a \rightarrow c} = 20J \rightarrow \Delta U_{c \rightarrow a} = -20J$$

نطای ابتداء و انتهای درونی گاز به گرمای داده شده به آن را به دست آورید؟

روش اول:

$$\left. \begin{array}{l} \text{تغییر انرژی درونی در هر فرایند: } \\ \text{گرمای مبادله شده در فرایند هم فشار: } \\ Q = nC_p \Delta T \end{array} \right\} \rightarrow \frac{\Delta U}{Q} = \frac{nC_v \Delta T}{nC_p \Delta T} = \frac{C_v}{C_p} \Rightarrow \frac{\Delta U}{Q} = \frac{21/2}{29/4} = 0.721$$

روش دوم: برای اکسیژن داریم:

$$C_v = 21/2 \frac{J}{mol \cdot K}, C_p = 29/4 \frac{J}{mol \cdot K}, M_{O_2} = 32 \frac{g}{mol}, \Delta T = 125 - 25 = 100 K, m = 12 g$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{12}{32} = \frac{3}{8} mol \rightarrow n = \frac{3}{8} mol: O_2$$

تعداد مول گاز O<sub>2</sub>

$$\left. \begin{array}{l} \Delta U = nC_v \Delta T = \frac{3}{8} \times 21/2 \times 100 = 636 J \\ \Delta Q = nC_p \Delta T = \frac{3}{8} \times 29/4 \times 100 = 8820 J \end{array} \right\} \rightarrow \frac{\Delta U}{Q} = \frac{636}{8820} = \frac{636}{8820} = 0.721$$

۱- یک مکعب آلومینیم توپر به ضلع ۲۰/۰ cm در فشار متعارف جو (۱۰۰۰۰ Pa) از ۵۰/۰°C از ۲۰/۰°C گرم می‌شود. کار انجام شده توسط مکعب و تغییر انرژی درونی آن را محاسبه کنید.

$$V_1 = 20 \times 20 \times 20 = 8000 \text{ cm}^3, \Delta T = 150 - 50 = 100 K, P = 1000000 Pa$$

$$\alpha_{AL} = 23 \times 10^{-6} \frac{1}{K}, c_{AL} = 900 \frac{J}{mol \cdot K}, \rho_{AL} = 27 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{ابتدا تغییر حجم جسم را از ابسط اینسیط حجمی جامدها محاسبه می‌کنیم:}$$

$$\Delta V = V_1(3\alpha)\Delta T = 8000 \times 3 \times 23 \times 10^{-6} \times 100 = 55/2 \text{ cm}^3 \rightarrow \Delta V = 55/2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

کار انجام شده در فرایند هم فشار برابر است با:

کار انجام شده توسط مکعب →  $W = -P\Delta V = -1000000 \times 55/2 \times 10^{-6} = -5/57 J$  →  $W = -5/57 J$  به گرمای داده شده به

برای محاسبه تغییر انرژی درونی مکعب با استفاده از قانون اول ترمودینامیک ( $\Delta U = Q + W$ ) مکعب نیاز داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = mc_{AL}\Delta\theta = 21/6 \times 900 \times 100 = 194/4 \times 10^4 J \rightarrow Q = 194 \times 10^6 J \\ m = \rho V = 27 \times 10^3 \times 8000 \times 10^{-6} = 21/6 kg \end{array} \right.$$

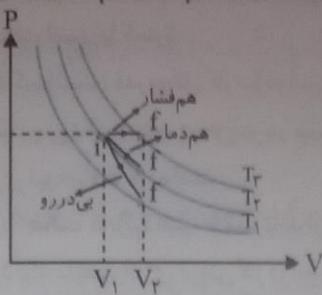
کار انجام شده توسط مکعب نسبت به گرمای داده شده به آن بسیار ناچیز است؛ بنابراین با صرف نظر کردن از کار انجام شده

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{W=0} \Delta U = Q = 194 \times 10^6 J$$

توسط مکعب داریم:

نتیجه: در جامدها تقریباً همه گرمای داده شده به جسم صرف تغییر انرژی درونی آن می‌شود.

۹- مطابق شکل رو به رو، حجم گازی آرمانی طی سه فرایند هم فشار، هم دما و بی دررو از  $V_1$  به حجم بزرگتر  $V_2$  می‌رسد.



الف) اندازه گار انجام شده توسط گاز را در این سه فرایند مقایسه کنید.

$$|W_{\text{بی دررو}}| > |W_{\text{هم دما}}| > |W_{\text{هم فشار}}|$$

با توجه به مساحت سطح زیر نمودار در سه فرایند داریم:

ب) دماینهای را در این فرایندها مقایسه کنید.

$$T_{\text{بی دررو}} > T_{\text{هم دما}} > T_{\text{هم فشار}}$$

مطلوب نمودار  $T_1 > T_2 > T_3$  بنابراین:

پ) گرمای داده شده به گاز را در این فرایندها مقایسه کنید.

$$\text{در فرایند بی دررو} = \text{در فرایند بی دررو} = 0$$

در فرایند هم دما داریم:

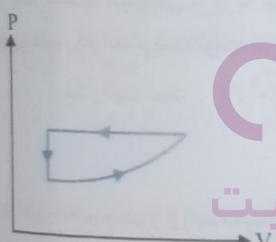
$$\Delta U = 0 \Rightarrow Q = -W \Rightarrow Q_{\text{هم دما}} > 0$$

$$Q = nC_P \Delta T = \frac{C_P}{R} nR\Delta T = \frac{C_P}{R} P\Delta V = \frac{C_P}{R} |W|_{\text{هم فشار}}$$

در فرایند هم فشار داریم:

$$Q = \frac{C_P}{R} |W|_{\text{هم فشار}} > Q_{\text{هم دما}} > Q_{\text{بی دررو}} = 0$$

۱۰- برای چرخه گازی که نمودار  $P-V$  ای آن در اینجا نشان داده شده است،  $\Delta U$  گاز،  $W$  و  $Q$  مثبت است یا منفی، و یا برابر صفر است؟



$$\Delta U = 0 \rightarrow Q + W = 0 \rightarrow Q = -W \xrightarrow{\text{منفی}} Q < 0$$

تعییر انرژی درونی در یک چرخه صفر است بنابراین:

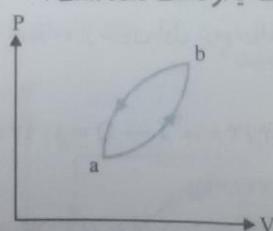
چرخه پاد ساعتگرد است بنابراین کار انجام شده در چرخه مشتمل است ( $W$  مثبت)

# ایران توشه

توشه‌ای برای موفقیت

۱۱- شکل رو به رو چرخه‌ای را نشان می‌دهد که یک گاز طی کرده است.

الف) تعیین کنید که گاز در این چرخه گرمای گرفته یا از دست داده است؟



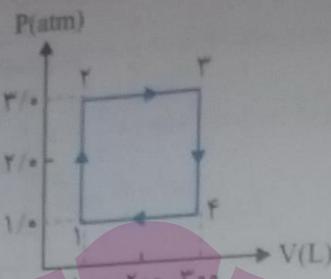
گاز گرمای گرفته است.  $Q = -W \rightarrow Q > 0 \rightarrow W < 0 \rightarrow$  چرخه ساعتگرد

ب) اگر مقدار گرمای مبادله شده در این چرخه  $400 \text{ J}$  باشد، کار انجام شده روی گاز چقدر است؟

$$Q = 400 \text{ J} \rightarrow Q = -W \rightarrow W = -Q = -400 \rightarrow W = -400 \text{ J}$$



یک گاز کامل دو اتمی چرخه نشان داده شده در شکل زیر را منبیماید. دمای گاز در حالت (۱) برابر  $200\text{ K}$  است.



$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \text{فرایند ۱ به ۲} \rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow \frac{1}{200} = \frac{2}{T_2} \rightarrow T_2 = 400\text{ K}$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \quad \text{فرایند ۲ به ۳} \rightarrow \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \rightarrow \frac{200}{200} = \frac{300}{T_3} \rightarrow T_3 = 300\text{ K}$$

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_4 V_4}{T_4} \quad \text{فرایند ۳ به ۴} \rightarrow \frac{P_3}{T_3} = \frac{P_4}{T_4} \rightarrow \frac{300}{300} = \frac{1}{180} \rightarrow T_4 = 180\text{ K}$$

ب) کار انجام شده در چرخه چقدر است؟

$$|W|_{\text{چرخه}} = S = (3 - 1) \times 10^5 \times (300 - 100) \times 10^{-3} = 2 \times 10^5 \times 200 \times 10^{-3} = 400 \times 10^2 \text{ J} = 4 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\text{چرخه ساعتگرد} \rightarrow W = -4 \times 10^3 \text{ J}$$

ب) در چه فرایندهایی گاز گرم گرفته است؟

باتوجه به رابطه‌های هم‌حجم و هم‌شارکرمای مبادله شده با  $Q = nC_v \Delta T$  در فرایندهای هم‌حجم و هم‌شارکرمای مبادله شده با  $Q = nC_p \Delta T$

فرایش دما مثبت و با کاهش دما منفی است بنابراین:

گاز گرم گرفته است  $\rightarrow Q > 0$   $\xrightarrow{\text{افزاش دما}} \text{فرایند ۱ به ۲}$

گاز گرم گرفته است  $\rightarrow Q > 0$   $\xrightarrow{\text{افزاش دما}} \text{فرایند ۲ به ۳}$

گاز گرم از دست داده است  $\rightarrow Q < 0$   $\xrightarrow{\text{کاهش دما}} \text{فرایند ۳ به ۴}$

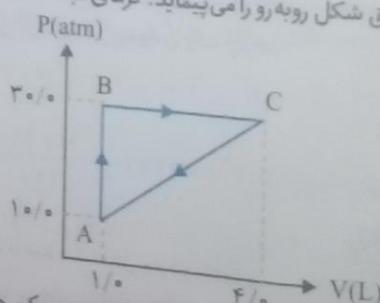
گاز گرم از دست داده است  $\rightarrow Q < 0$   $\xrightarrow{\text{کاهش دما}} \text{فرایند ۴ به ۱}$

نادر چه فرایندهای گاز گرم از دست داده است؟

## ایران توشه

### توشه ای برای موفقیت

۱۳- گاز داخل یک استوانه، چرخه‌ای مطابق شکل روبه رو را می‌بینید. گرمای گرمای مبادله شده در این چرخه چند زول است؟



باتوجه به اینکه در یک چرخه  $-W = Q$  برای محاسبه گرمای مبادله شده در یک چرخه باید کار انجام شده در چرخه را

با توجه به اینکه در یک چرخه  $-W = Q$  برای محاسبه گرمای مبادله شده در یک چرخه باید کار انجام شده در یک چرخه را محاسبه کنیم:

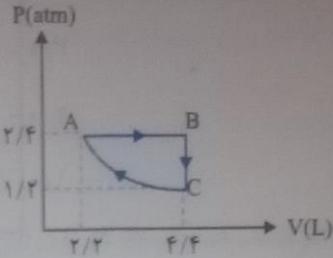
$$|W_{\text{چرخه}}| = S_{\text{منتهی}} = \frac{(3 - 1) \times 10^5 \times (4 - 1) \times 10^{-3}}{2} = \frac{20 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-3}}{2} = 3000\text{ J}$$

$$\text{چرخه ساعتگرد} \rightarrow W = -3000\text{ J}$$

$$Q = -W = -(-3000) = +3000\text{ J} \rightarrow Q = 3000\text{ J}$$

۱۴- دستگاهی متشکل از  $32\text{ mol}$  گاز کامل تک اتمی حجمی برابر  $2\text{ L}$  را در فشار  $2\text{ atm}$  اشغال کند. این دستگاه چرخه‌ای مطابق شکل را می‌پیماید که در آن فرایند CA فرایندی هم دما است.

الف) دما در نقاط A و B و C چقدر است؟



$$n = 32\text{ mol}, R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$\text{فرایند CA: } P_A V_A = nRT_A \rightarrow T_A = \frac{P_A V_A}{nR} = \frac{2/4 \times 10^5 \times 2/2 \times 10^{-3}}{0.32 \times 8.314} = 206.25 \text{ K} \rightarrow T_A = 206.25 \text{ K}$$

$$\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_B V_B}{T_B} \xrightarrow{\text{فرایند B به A برد}} \frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B} \rightarrow \frac{2/2}{206.25} = \frac{4/4}{T_B}$$

$$\rightarrow T_B = \frac{4/4 \times 206.25}{2/2} = 412.5 \text{ K} \rightarrow T_B = 412.5 \text{ K}$$

$$\frac{P_B V_B}{T_B} = \frac{P_C V_C}{T_C} \xrightarrow{\text{فرایند C به B برد}} \frac{P_B}{T_B} = \frac{P_C}{T_C} \rightarrow \frac{2/4}{412.5} = \frac{1/2}{T_C}$$

$$\rightarrow T_C = \frac{412.5 \times 1/2}{2/4} = 206.25 \text{ K} \rightarrow T_C = 206.25 \text{ K}$$

ب)  $\Delta U$  را برای هر یک از سه فرایند چرخه به دست آورید.

$$n = 32\text{ mol}, C_V = \frac{3}{2} R$$

تغییر انرژی درونی در همه فرایندها از رابطه  $\Delta U = nC_V \Delta T$  به دست می‌آید:

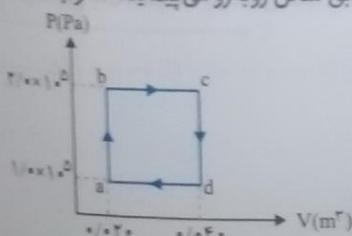
$$\Delta U_{AB} = nC_V(T_B - T_A) = 32 \times \frac{3}{2} \times 8 \times (412.5 - 206.25) = 792 \text{ J} \rightarrow \Delta U_{AB} = 792 \text{ J}$$

$$\Delta U_{BC} = nC_V(T_C - T_B) = 32 \times \frac{3}{2} \times 8 \times (206.25 - 412.5) = -792 \text{ J} \rightarrow \Delta U_{BC} = -792 \text{ J}$$

توضیحات:  $\Delta U_{CA} = 0$  (فرایند CA هم دما است).

۱۵- یک مول از یک گاز تک اتمی در یک ماشین گرمایی آرمانی، چرخه‌ای را مطابق شکل رویه رومی پیماید. مطلوب است:

الف) کار انجام شده توسط ماشین گرمایی در پیمودن یک چرخه.



کار انجام شده در یک چرخه برابر است با مساحت داخل چرخه بنابراین:

$$W_{abc} = S = (2-1) \times 10^5 \times (0.04 - 0.02) = 2000 \xrightarrow{\text{چرخه ساعتگرد}} W = -2000 \text{ J}$$

$$Q_{abc} = Q_{ab} + Q_{bc}$$

ب) گرمای مبادله شده در فرایند abc:

$$Q_{ab} = \frac{3}{2} V \Delta P = \frac{3}{2} \times 0.02 \times (2-1) \times 10^5 = 3000 \text{ J} \rightarrow Q_{ab} = 30 \text{ kJ}$$

$$Q_{bc} = \frac{5}{2} P \Delta V = \frac{5}{2} \times 2 \times 10^5 \times (0.04 - 0.02) = 10000 \text{ J} \rightarrow Q_{bc} = 10 \text{ kJ}$$

$$\rightarrow Q_{abc} = 30 + 10 = 40 \text{ kJ} \rightarrow Q_{abc} = 40 \text{ kJ}$$



۱۴ اشغال کن  
۱۵ گرما مبادله شده در فرایند cda

$$Q_{cda} = Q_{cd} + Q_{da}$$

فرایند cd هم حجم است.

$$Q_{cd} = \frac{3}{2} \times V \Delta P = \frac{3}{2} \times 10^4 \times (1-2) \times 10^5 = -6000 \text{ J} \rightarrow Q_{cd} = -6 \text{ kJ}$$

فرایند bc هم فشار است.

$$Q_{da} = \frac{5}{2} P \Delta V = \frac{5}{2} \times 1 \times 10^5 \times (0/10^2 - 0/10^4) = -5000 \text{ J} \rightarrow Q_{da} = -5 \text{ kJ}$$

$$\rightarrow Q_{cda} = -6/0-5/0 = -11 \text{ kJ} \rightarrow Q_{cda} = -11 \text{ kJ}$$

۱۶ تغییر انرژی درونی در فرایند abc

$$\Delta U_{abc} = \Delta U_{ab} + \Delta U_{bc} = (Q_{ab} + W_{ab}) + (Q_{bc} + W_{bc})$$

فرایند ab هم حجم است.

$$W_{ab} = -P \Delta V = -2 \times 10^5 \times (0/10^4 - 0/10^2) = -4/0 \text{ kJ} \rightarrow W_{bc} = -4/0 \text{ kJ}$$

فرایند bc هم فشار است.

$$\Delta U_{abc} = (3/0+0) + (10-4)/0 = 9/0 \text{ kJ} \rightarrow \Delta U_{abc} = 9/0 \text{ kJ}$$

اگر ماشین گرمای آرمانی در هر چرخه  $J/0 = 10$  گرما از منبع دما بالا می‌گیرد و  $J/0 = 6$  گرما به منبع دما پایین می‌دهد.

الف) بازده این ماشین چقدر است؟

$$Q_H = 10 \text{ J}, Q_L = -6 \text{ J}, t = 0/05 \text{ s}, \eta = ?, P = ?$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H} = 1 - \frac{6}{10} = 1 - 0.6 = 0.4 \rightarrow \eta = 40\%$$

ب) اگر هر چرخه  $500 \text{ s}$  طول بکشد، توان خروجی این ماشین چقدر است؟

$$|W| = Q_H - |Q_L| = 10 - 6 = 4 \text{ J}, P = \frac{|W|}{t} = \frac{4}{0/05} = 80 \text{ W} \rightarrow P = 80 \text{ W}$$

الف) بازده ایک ماشین آرمانی  $25/0$  درصد است و در هر چرخه  $J/0 = 10^3$  کار انجام می‌دهد.

الف)  $Q_H$  و  $|Q_L|$  را در هر چرخه ماشین به دست آورید.

$$\eta = \frac{25}{100} = 0.25, |W| = 8/2 \times 10^3 \text{ J}, Q_H = ?, Q_L = ?$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow Q_H = \frac{|W|}{\eta} = \frac{8/2 \times 10^3}{0.25} = 32/8 \times 10^3 \text{ J} \rightarrow Q_H = 32/8 \times 10^3 \text{ J}$$

$$Q_H = |W| + |Q_L| \rightarrow |Q_L| = Q_H - |W| = 32/8 \times 10^3 - 8/2 \times 10^3 = 24/6 \times 10^3 \rightarrow |Q_L| = 24/6 \times 10^3 \text{ J}$$

ب) اگر باتنظیم موتور، بازده ماشین به  $30/0$  درصد افزایش یابد،  $Q_H$  و  $|Q_L|$  به ازای همان مقدار کار چقدر می‌شود؟

$$\eta = \frac{30}{100} = 0.3, |W| = 8/2 \times 10^3 \text{ J}, Q_H = ?, Q_L = ?$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow Q_H = \frac{|W|}{\eta} = \frac{8/2 \times 10^3}{0.3} = 27/3 \times 10^3 \text{ J} \rightarrow Q_H = 27/3 \times 10^3 \text{ J}$$

$$|Q_L| = Q_H - |W| = 27/3 \times 10^3 - 8/2 \times 10^3 = 19/1 \times 10^3 \text{ J} \rightarrow |Q_L| = 19/1 \times 10^3 \text{ J}$$

الف) اگر با توجه به این نتایج، بازده ماشین به  $50/0$  درصد افزایش یابد،  $Q_H$  و  $|Q_L|$  به ازای همان مقدار کار چقدر می‌شود؟

ب) اگر با توجه به این نتایج، بازده ماشین به  $50/0$  درصد افزایش یابد،  $Q_H$  و  $|Q_L|$  به ازای همان مقدار کار چقدر می‌شود؟

$$Q_H = 1/5 \times 10^5 \text{ MJ}, |Q_L| = 9 \times 10^4 \text{ MJ} = 0.9 \times 10^5 \text{ MJ}, |W| = ?$$

$$|W| = Q_H - |Q_L| = 1/5 \times 10^5 - 0.9 \times 10^5 = 0.2 \times 10^5 \text{ MJ} \rightarrow |W| = 2 \times 10^4 \text{ MJ}$$

$$\eta = \frac{W}{Q_H} = \frac{6 \times 10^4}{10 \times 10^5} = 0.6 = 60\% \rightarrow \eta = 60\%$$

ب) بازده این ماشین چقدر است؟

- ۱۹- یک ماشین گرمایی درون سوز در هر چرخه  $A = 10 \text{ kJ}$  گرمای از سوزاندن سوخت دریافت می‌کند و  $Q_H = 10 \text{ kJ}$  تحویل می‌دهد. گرمای حاصل از سوخت  $g = 5 \times 10^4 \text{ J/g}$  است و ماشین در هر ثانیه  $40\%$  چرخه را می‌سازد. کمیت‌های زیر را حساب کنید.

(الف) بازده ماشین.

$$Q_H = A \times 10^3 \text{ J} , |W| = 2 \text{ kJ} = 2 \times 10^3 \text{ J} \quad \text{هر ثانیه } 40\% \text{ چرخه}, \eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{2 \times 10^3}{5 \times 10^4} = 0.04 = 4\%$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{2 \times 10^3}{A \times 10^3} = 0.04 \rightarrow \eta = 4\%$$

ب) با فرض آرمانی بودن ماشین، گرمای تلف شده در هر چرخه.

$$|Q_L| = Q_H - |W| = A \times 10^3 - 2 \times 10^3 = 6 \times 10^3 \text{ J} \rightarrow |Q_L| = 6 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{6 \times 10^3}{A \times 10^3} \rightarrow x = \frac{A \times 10^3}{6 \times 10^3} = 0.16 \text{ g} \rightarrow x = 0.16 \text{ g}$$

پ) سوخت مصرف شده در هر چرخه و توان ماشین.

$$|W| = 4 \times 2 \times 10^3 = A \times 10^3 , t = 18 , P = \frac{|W|}{t} \rightarrow P = \frac{A \times 10^3}{18} = A \times 10^3 \text{ W}$$

- ۲۰- مخترعی مدعی است ماشین ساخته که بین نقطه‌های حوش (در فسارت متعارف جو) و انجام‌آب کار می‌کند و بازده آن  $70\%$  درصد است. آیا ادعای این مخترع می‌تواند درست باشد؟ توضیح دهد.

بازده کارنوی ماشین گرمایی که بین این دو دما کار می‌کند را بدست می‌آوریم:

$$T_H = 100 + 273 = 273 \text{ K} , T_L = 0 + 273 = 273 \text{ K} , \eta_{ Carnot} = ?$$

$$\eta_{ Carnot} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{273}{273} = 1 - 0.273 = 0.727 \rightarrow \eta_{ Carnot} = 72.7\%$$

با توجه به اینکه حداکثر بازده ماشین گرمایی که بین این دمای کار می‌کند، ۷۲ درصد است ادعای این مخترع نادرست است.

- ۲۱- من خواهیم بازده یک ماشین کارنوی افزایش دهنده متعارف برویم که بازده این ماشین را به همان مقدار کاهش دهیم؟

$$\eta_{ Carnot} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{2}{4} = 0.5 \quad \text{با فرض } T_H = 4 \text{ K} \text{ و } T_L = 2 \text{ K} \text{ بازده کارنو برابر است:}$$

$$\eta_{ Carnot} = 1 - \frac{2}{4+1} = \frac{2}{5} = 0.4 \quad \text{اگر دمای منبع دما بالا را یک درجه افزایش دهیم داریم:}$$

$$\eta_{ Carnot} = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4} = 0.75 \quad \text{اگر دمای منبع دما پایین را یک درجه کاهش دهیم داریم:}$$

با توجه به نتایج بدست آمده در مثال فوق برای افزایش بازده ماشین کارنو بهتر است دمای منبع دما پایین را کاهش دهیم.

- ۲۲- مخترع ادعا می‌کند چهار ماشین ساخته است که هر یکی بین منعهای دمای  $300 \text{ K}$  و  $400 \text{ K}$  کار می‌کند.

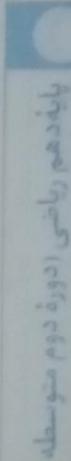
داده‌های هر ماشین در هر چرخه عبارت اند از:

$$W = -40 \text{ J} , Q_L = -175 \text{ J} , Q_H = 200 \text{ J} \quad \text{ماشین A}$$

$$W = -40 \text{ J} , Q_L = -200 \text{ J} , Q_H = 50 \text{ J} \quad \text{ماشین B}$$

$$W = -40 \text{ J} , Q_L = -200 \text{ J} , Q_H = 60 \text{ J} \quad \text{ماشین C}$$

$$W = -10 \text{ J} , Q_L = -90 \text{ J} , Q_H = 100 \text{ J} \quad \text{ماشین D}$$



بافرض آرمانی بودن این چهار ماشین:

الف) کدام یک از ماشین‌ها قانون اول ترمودینامیک را نقض می‌کند؟

قانون اول ترمودینامیک همان قانون اول پایستگی انرژی است یعنی در هر ماشین گرمایی  $Q_H$  بنا بر این:

$$\text{قانون اول نقض می‌شود} \rightarrow |Q_L| + |W| = 1750 + 40 = 1790 \text{ J} \rightarrow Q_H \neq |Q_L| + |W|$$

A ماشین:  $\begin{cases} |Q_L| + |W| = 1750 + 40 = 1790 \text{ J} \\ Q_H = 1800 \text{ J} \end{cases}$

$$\text{قانون اول نقض می‌شود} \rightarrow |Q_L| + |W| = 400 + 200 = 600 \text{ J} \rightarrow Q_H \neq |Q_L| + |W|$$

B ماشین:  $\begin{cases} |Q_L| + |W| = 400 + 200 = 600 \text{ J} \\ Q_H = 500 \text{ J} \end{cases}$

$$\text{قانون اول برقرار است} \rightarrow |Q_L| + |W| = 400 + 200 = 600 \text{ J} \rightarrow Q_H = |Q_L| + |W|$$

C ماشین:  $\begin{cases} |Q_L| + |W| = 400 + 200 = 600 \text{ J} \\ Q_H = 800 \text{ J} \end{cases}$

$$\text{قانون اول برقرار است} \rightarrow |Q_L| + |W| = 100 + 90 = 190 \text{ J} \rightarrow Q_H = |Q_L| + |W|$$

D ماشین:  $\begin{cases} |Q_L| + |W| = 100 + 90 = 190 \text{ J} \\ Q_H = 100 \text{ J} \end{cases}$

ب) کدام یک از ماشین‌ها قابل ساخت هستند؟

دراfter بازده یک ماشین گرمایی که بین دو منبع گرم و سرد با دمای  $300\text{K}$  و  $400\text{K}$  کار می‌کند بروایر است با:

$$\eta_{کارنو} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{400} = 1 - \frac{3}{4} = 0.25 \rightarrow \eta_{کارنو} = 0.25$$

بازده ماشین‌های C و D را محاسبه کرده و با بازده کارنو مقایسه می‌کنیم، ماشینی قابل ساخت است که در آن هم قضیه کارنو و

هم قانون اول ترمودینامیک برقرار باشد:

$$\eta_C = 1 - \frac{|Q_L|}{|Q_H|} = 1 - \frac{200}{500} = 1 - 0.4 = 0.6 \rightarrow \eta_C > \eta_{کارنو}$$

$$\eta_D = 1 - \frac{|Q_L|}{|Q_H|} = 1 - \frac{90}{100} = 1 - 0.9 = 0.1 \rightarrow \eta_D < \eta_{کارنو}$$

۲۲- یک ماشین کارنو بین دمای  $280\text{K}$  و  $360\text{K}$  کار می‌کند. این ماشین در هر جرخه  $750\text{J}$  گرمایی از

منبع دما بالا می‌گیرد.

الف) در هر چرخه  $|W|$  چقدر است؟

$$T_L = 280\text{K}, T_H = 360\text{K}, Q_H = 750\text{J}, |W| = ? \quad |Q_L| = ?$$

$$\eta_{کارنو} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{280}{360} = 1 - \frac{7}{9} = \frac{2}{9}$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow |W| = \eta Q_H = \frac{2}{9} \times 750 = \frac{500}{9} \rightarrow |W| = \frac{500}{9} \text{ J}$$

ب) در هر چرخه چقدر گرمایی به منبع دما پایین داده می‌شود؟

$$|Q_L| = Q_H - |W| \rightarrow |Q_L| = 750 - \frac{500}{9} = \frac{1750}{9} \rightarrow |Q_L| = \frac{1750}{9} \text{ J}$$

۲۴- قرار است نیم ساعت دیگر مهمانی برای شما برسد در حالی که هیچ یخی را برای نوشابه خود آماده نکرده‌اید. به

سرعت  $L = 10\text{m/s}$  آب  $C_p = 4200\text{J/kg}\cdot\text{K}$  را در قالب‌های یخ می‌ریزید و در فریزر قرار می‌دهید. آیا در زمانی که مهمان می‌رسد،

یخ خواهد داشت؟ ضریب عملکرد یخچال  $\eta_F = 110\%$  است. (فرض کنید همه توان الکتریکی یخچال

صرف سرد کردن و یخ زدن آب می‌شود).

$$V = 1L = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3, c_p = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}, L_F = 333 / 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}, \rho_{آب} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

K = ۳, P = ۱۰۰W, t = ?



با استفاده از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  جرم آب را محاسبه می کنیم:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 1000 \times 1 \times 10^{-3} = 1\text{kg} \rightarrow m = 1\text{kg}$$

مقدار گرمایی که ۱kg آب  $10^{\circ}\text{C}$  از دست می دهد تا به بخ  $C$  تبدیل شود به صورت زیر به دست می آید:

$$Q = mc_p \Delta\theta - mL_f = 1 \times 4200 \times (0 - 10) - (1 \times 222 / 7 \times 10^3)$$

$$= -4200 - 222700 = -225700 \rightarrow |Q_L| = 225700\text{J}$$

گرمایی که یخچال از آب برای بخ زدن می گیرید کاری که یخچال برای بخ زدن آب اجسام می دهد:

$$K = \frac{|Q_L|}{W} \rightarrow W = \frac{|Q_L|}{K} = \frac{225700}{1/3 \times 10^3} = 677100\text{J} \rightarrow W = 677100\text{J}$$

زمانی که طول می کشد تا آب بخ بزند:

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow t = \frac{W}{P} = \frac{677100}{110} = 61555 \rightarrow t = 14\text{ min}$$

باتوجه به اینکه تقریباً ۱۴ دقیقه طول می کشد تا همه آب به بخ  $C$  تبدیل شود زمان کافی برای درست کردن بخ خواهیم داشت.

۲۵- یک کولر گازی در هر دقیقه  $10^3 \times 10^{-3}\text{J}$  گرمایی از اتاق می گیرد و در همان مدت  $1/3 \times 10^3\text{J}$  گرمایی به فضای بیرون می دهد. با فرض آرمانی بودن کولر،

(الف) توان مصرفی این کولر چند وات است؟

$$I = 6\text{A} , |Q_L| = 9 \times 10^3\text{J} , Q_H = 12 \times 10^3\text{J} , P = ? , K = ?$$

برای بدست آوردن توان مصرفی کولر ابتدا این کار انجام شده توسط کولر را محاسبه کرد:

$$|Q_H| = Q_L + W \rightarrow W = |Q_H| - |Q_L| = 12 \times 10^3 - 9 \times 10^3 = 3 \times 10^3\text{J} \rightarrow W = 3 \times 10^3\text{J}$$

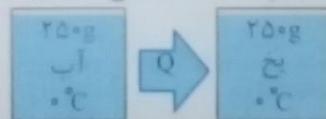
$$P = \frac{W}{I} = \frac{3 \times 10^3}{6} = \frac{1}{2} \times 10^3\text{W} \rightarrow P = \frac{1}{2} \times 10^3\text{W}$$

توان مصرفی کولر  $\frac{1}{2} \times 10^3\text{W}$

ب) ضریب عملکرد آن چقدر است؟

$$K = \frac{|Q_L|}{W} = \frac{9 \times 10^3}{3 \times 10^3} = 3$$

۲۶- فرض کنید  $25^{\circ}\text{C}$  آب صفر درجه سلسیوس در اختصار داریم. من خواهیم قرار دادن این آب در یخچال، بخ تهه کنیم. یخچال در اتاق قرار دارد که دمای آن  $22^{\circ}\text{C}$  است. دمای داخل یخچال در  $-5^{\circ}\text{C}$  نسبت نگه داشته شده است. کمترین مقدار انرژی الکتریکی که باید به یخچال داده شود تا بخ صفر درجه سلسیوس تشکیل شود. چقدر است؟



$$m = 25\text{g} = 0.025\text{kg} , T_H = 22 + 273 = 295\text{K} , T_L = -5 + 273 = 268\text{K} , W = ?$$

$$L_f = 222 / 7 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$Q_L = -mL_f = -0.025 \times 222 / 7 \times 10^3 = -82425\text{J} \rightarrow |Q_L| = 82425\text{J}$$

کمترین مقدار انرژی داده شده به یخچال زمانی است که یخچال بیشترین بازده را داشته باشد:  $K_{max}$

$$K_{max} = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{-5}{295 - (-5)} = \frac{268}{295} = 0.9 \rightarrow K_{max} = K = 0.9$$

ضریب عملکرد یخچال:

$$K = \frac{|Q_L|}{W} \rightarrow W = \frac{|Q_L|}{K} = \frac{82425}{0.9} = 91583\text{J} \rightarrow W = 91583\text{J}$$



## ارزشیابی مستمر

۱- درست یا نادرست بودن جمله های زیر را مشخص کنید. (۱ نمره)

(الف) انرژی درونی یک گاز کامل فقط تابع دمای مطلق گاز است.

نادرست  درست

نادرست  درست

نادرست  درست

نادرست  درست

نادرست  درست

نادرست  درست

(الف) چرخه آرمانی یک ماشین بنزینی را چرخه می گویند.

(ب) با انجام می توان گرمای از جسم سرد به جسم گرم منتقل کرد.

(ج) بیشترین ضریب عملکرد یخچال را ضریب عملکرد یخچال می گویند.

(د) اگر حجم دستگاه کاهش یابد علامت  $W$  است.

۲- از داخل پرانتز عبارت درست را انتخاب کنید. (۱)

(الف) بازده ماشین کارنو به جنس ماده ای که چرخه را می پیماید بستگی (دارد - ندارد).

(ب) در فرایند (هم فشار - هم حجم) تغییر انرژی درونی دستگاه برابر با گرمای میادله شده است.

(ج) در فرایند (هم دما - بی دررو) گرمایی بین محیط و دستگاه میادله نمی شود.

(د) در فرایندهای انبساط هم دما و انبساط بی دررو کار انجام شده در فرایند (هم دما - بی دررو) بیشتر است.

۳- گزینه درست را مشخص کنید. (۱)

(الف) بازده ماشین کارنویی که بین دماهای  $100^{\circ}\text{K}$  و  $500^{\circ}\text{K}$  کار می کند چقدر است؟

(الف) ۲۰ درصد  (ب) ۴۰ درصد  (ج) ۶۰ درصد  (د) ۸۰ درصد

(ب) یخچالی با صرف انرژی  $1200 \text{ J}$  مقدار  $400 \text{ g}$  انرژی گرمایی را از داخل یخچال می گیرد. ضریب عملکرد این یخچال چقدر است؟

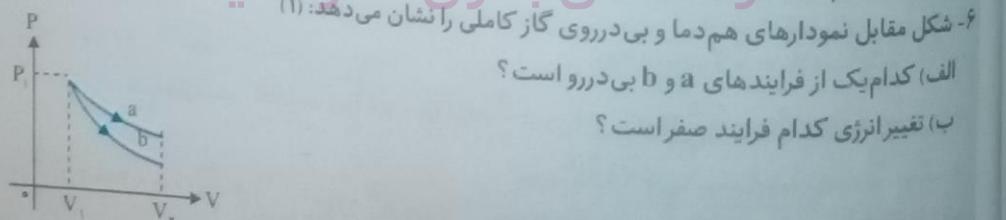
(الف) ۱  (ب) ۲  (ج) ۳  (د) ۴

۴- مفاهیم زیر را تعریف کنید. (۱)

(الف) قانون اول ترمودینامیک

(ب) قانون دوم ترمودینامیک  (به بیان ماشین گرمایی)

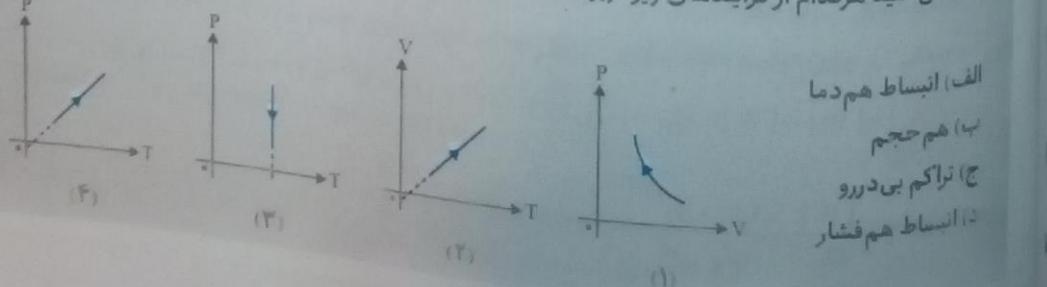
۵- شکل مقابل نمودارهای هم دما و بی درروی گاز کامل را نشان می دهد: (۱)



(الف) کدام یک از فرایندهای a و b بی دررو است؟

(ب) تغییر انرژی کدام فرایند صفر است؟

۶- مشخص کنید هر کدام از فرایندهای زیر مربوط به کدام نمودار است؟ (۱)



(الف) انبساط هم دما

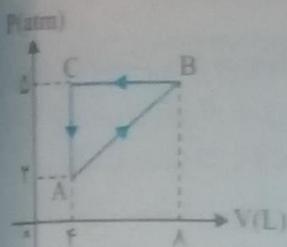
(ب) هم حجم

(ج) تراکم بی دررو

(د) انبساط هم فشار



۳-۸) مول گاز تک انس چرخه‌ای مطابق شکل زیر طن می‌کند. (نهایی ریاضی - ۵۲) (۱/۷۵)



الف) کار انجام شده در این چرخه چقدر است؟

ب) گاز در فرایند BC چند جول گرمای محیط صادله می‌کند؟

$$C_p = \frac{\Delta}{\gamma} R \quad R = \lambda \frac{J}{mol \cdot K}$$

۴) یک ماشین بخار آرمائی در هر دقیقه  $4 \times 10^{-3}$  گرمای از دست بخار دریافت می‌کند و  $1 \times 10^{-3}$  گرمای

سردکننده از دست می‌دهد. (نهایی ریاضی - خرد ۹۵)

الف) کار انجام شده توسط ماشین در هر دقیقه چند جول است؟

ب) طارده این ماشین چقدر است؟

## یاسخ ارزشیابی مستمر

۱) الف) درست (۲۵)، ب) درست (۲۵)، ج) درست (۲۵)، د) نادرست (۰/۰) الف) (۰/۰)، ب) (۰/۰)، ج) (۰/۰)

ج) کارنو (۰/۰)، د) ثابت (۰/۰) ۲) الف) نادرست (۰/۰)، ب) هم حجم (۰/۰)، ج) بی درزو (۰/۰)، د) هم دما

۳) الف) گزینه (۰/۰)، ب) (۰/۰)، ج) (۰/۰) ۴) الف)  $T_L = 100\text{ K}$ ,  $T_H = 500\text{ K}$ ,  $\eta_{کارنو} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{100}{500} = 0.8$   $\rightarrow \lambda \times 100 = 0.8 \times 500$

ب) گزینه (ج) (۰/۰) ۵) الف) اگر در یک فرایند استوار، دستگاه گرمایی را بگرد و کار  $W$  را دستگاه انجام شود (۰/۰)، تغییر انرژی درونی

دستگاه برابر است با مجموع گرمایی صادله شده و کار انجام شده.  $\Delta U = Q + W$  (۰/۰)

ب) ممکن نیست دستگاه طی چرخه‌ای همه گرمایی حباب شده از منبع گرمایی کار تبدیل کند. (۰/۰)

۶) الف) شب تحدار پس در رو یعنی از هم دما است بایران فرایند آرسی درزو است. (۰/۰) ب) تغییر انرژی درونی فرایند

هم دما صفر است از آنجاکه فرایند هم دماست بنابراین تغییر انرژی درونی فرایند صفر است. (۰/۰)

۷) الف) نمودار (۰/۰)، ب) نمودار (۰/۰)، ج) نمودار (۰/۰)، د) نمودار (۰/۰) هر سواد (۰/۰)

$|W| = S_{ABC} = \frac{(A - C) \times 10^3 \times (B - C) \times 10^3}{(T_B - T_A)} = 6 \times 10^6 \text{ J} \rightarrow |W| = 6 \times 10^6 \text{ J}$  (۰/۰)

$\rightarrow W = + 6 \times 10^6 \text{ J}$  (۰/۰)

$\rightarrow Q = nC_p \Delta T = n \times \frac{\Delta}{\gamma} R (T_C - T_B) = \frac{\Delta}{\gamma} (nRT_C - nRT_B)$  هم فشار است BC فرایند (۰/۰)

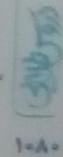
$\rightarrow Q = \frac{\Delta}{\gamma} (P_C V_C - P_B V_B) = \frac{\Delta}{\gamma} (\Delta \times 10^3 \times 4 \times 10^{-3} - \Delta \times 10^3 \times 1 \times 10^{-3}) = \frac{\Delta}{\gamma} (2000 - 400) = \frac{\Delta}{\gamma} (-1600)$

$\rightarrow Q = -1600 \text{ J}$  (۰/۰)

$Q_H = 3 \times 10^{10} \text{ J}$ ,  $|Q_L| = 1 / \lambda \times 10^{10} \text{ J}$ ,  $|W| = ?$  (۰/۰)

$Q_H = |Q_L| + |W| \rightarrow |W| = Q_H - |Q_L| = 3 \times 10^{10} - 1 / \lambda \times 10^{10} = 1 / 2 \times 10^{10} \text{ J} \rightarrow |W| = 1 / 2 \times 10^{10} \text{ J}$  (۰/۰)

$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{1 / 2 \times 10^{10}}{3 \times 10^{10}} = 0.33 = 33\%$  (۰/۰)





## سوالات انتخابی

کمین ای با (نوبت اول)

گامن

ذست

۱- درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید.

الف) جرم جسم کمیتی برداری است.

درست  نادرست

درست  نادرست

درست  نادرست

درست  نادرست

۲- از داخل پرانتز عبارات درست را انتخاب کنید.

الف) مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل یک جسم را انرژی (دروندی- مکانیکی) جسم می‌گویند.

ب) وقتی وزنه برداری وزنه‌ای را به آرامی پایین می‌آورد، کار ورزشکار روی وزنه (مثبت - منفی) است

ج) اگر نیروی هم چسبی بین مولکول‌های مایع از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد (بیشتر - کمتر) باشد، مایع جامد را ترنپی کند.

د) پدیده اکشن سطحی - پخش ناشی از حرکت نامنظم و کاتورهای مولکول‌های مایع است.

۳- گزینه درست را مشخص کنید.

الف) یک دماستنج دیجیتالی دمای جسمی را  $5^{\circ}\text{C}$  /  $23^{\circ}\text{C}$  نشان می‌دهد. خطای این وسیله چقدر است؟

(د)  $\pm 0^{\circ}\text{C}$  (ج)  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  (ب)  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  (ف)  $\pm 5^{\circ}\text{C}$

ب) با خط کشی که بر حسب میلی‌متر درجه‌بندی شده است، طول جسمی  $142\text{ mm}$  اندازه‌گیری

می‌شود. رقم غیرقطعی این اندازه‌گیری کدام است؟

(الف) ۱ (ب) ۴ (ج) ۲ (د) ۵

۴- مفاهیم زیر را تعریف کنید.

الف) کشش سطحی (ب) کار و انرژی پتانسیل کشسانی

۵- مرتبه بزرگی اعداد زیر را تخمین بزنید.

(الف)  $10^{10} \text{ cm}^9$  (ب)  $10^{-6} \text{ pm}$  (ج)  $10^{-6} \text{ Tg}$  (د)  $10^{-14} \text{ m}$

۶- عدد زیر را با نمادگذاری علمی و بر حسب یکای خواسته شده بنویسید.

(الف)  $175 \times 10^{-14} \text{ m} =$  (ب)  $95 \times 10^{-3} \text{ mg} =$

(ج)  $2500 \times 10^{-6} \text{ pm} =$  (د)  $10^{10} \text{ N} =$

۷- دو ویزگی آب در لوله موین را بنویسید.

۸- به چه جامداتی آمورف می‌گویند؟ مثالی بزنید.

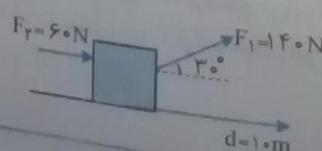
۹- چگالی الكل در SI،  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  است. جرم  $80\text{ cm}^3$  الكل چند گرم است؟

۱۰- مطابق شکل زیر بر جعبه‌ای دو نیروی  $140\text{ N}$  و  $60\text{ N}$  وارد می‌شود. اگر نیروی اصطکاک

جنبیش در حین حرکت  $32\text{ N}$  باشد، کار کل انجام شده بر روی جسم را در جایه‌جایی  $1\text{ m}$  محاسبه

کنید.

$$(\cos 30^\circ = 0.866, \cos 18^\circ = -0.951)$$



۱۱- چتر بازی با جرم کل  $7\text{ kg}$  از بالنی که در ارتفاع  $8\text{ m}$  از سطح زمین است، با تندی  $\frac{m}{s}$  به بیرون می‌پرد. اگر او با تندی  $\frac{m}{s}$  به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا روی چتر باز در طول مسیر چقدر است؟ (با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی حل شود)

$$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$$

۱۲- جرم موتورسواری با موتورش  $150\text{ kg}$  است. اگر این موتورسوار از تپه‌ای به ارتفاع  $5\text{ m}$  به تپه‌ای پایین تر به ارتفاع  $2\text{ m}$  پرشی انجام دهد. کار نیروی وزن موتورسوار در این جایه‌جایی چقدر است؟

$$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$$

۱۳- جسمی به جرم  $2\text{ kg}$  مطابق شکل از ارتفاع  $5\text{ m}$  روی سطح شیب دار از نقطه A رها می‌شود. اگر کار نیروهای مقاوم در طول مسیر  $2\text{ m}$  باشد، سرعت جسم در نقطه B چقدر است؟ (با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی حل شود)

$$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$$

۱۴- تلمیه‌ای با توان  $2\text{ kW}$  در مدت  $10\text{ s}$  مقدار  $6\text{ لیتر آب}$  را از سطح زمین تا ارتفاع  $15\text{ m}$  بالا می‌فرستد. اگر چگالی آب  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  باشد، بازده این تلمیه چند درصد است؟

$$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$$

**سوال‌های ویژه دانش آموzan تجربی**

۱۵- روشی پیشنهاد کنید که به کمک آن توان حجم یک جسم جامد با شکل نامنظم را بدست آورد.

۱۶- آیا انرژی جنبش یک جسم می‌تواند منفی باشد؟ توضیح دهید.

۱۷- چرا آب مایع مناسبی برای خاموش کردن بنزین شعله‌ور نیست؟

۱۸- مرتبه بزرگی تعداد ضربان قلب یک انسان در طول عمرش را تخمین بزنید. میانگین طول عمر انسان را  $75$  سال، تعداد ضربان قلب در هر ثانیه را  $8\text{ /s}$  و هر سال  $10^7 \times 3$  در نظر بگیرید.

**سوال‌های ویژه دانش آموzan ریاضی و فیزیک**

۱۵- در شکل زیر فشار جو  $10^5 \text{ Pa}$  است. فشار گاز درون مخزن چقدر است؟ (ماع)  $(P = \rho \frac{g}{cm^3}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$

۱۶- در شکل مقابل  $A_1 = 2\text{ mm}^2$  و  $A_2 = 8\text{ mm}^2$  است. اگر تندی آب در  $A_2$  چقدر است؟ آب در A برابر  $6\text{ m/s}$  باشد، تندی حرکت آب در  $A_2$  چقدر است؟

۱۷- الف) اصل ارشمیدس را توضیح دهید.  
ب) چرا وقتی کامیون در حرکت است، پوشش بروزنتی آن بیف می‌کند؟

۱۸- یک ستون فرضی به سطح مقطع  $2\text{ m}^2$  در نظر بگیرید که از سطح دریای آزاد تا بالاترین بخش جو زمین ادامه دارد. اگر فشار هوا در سطح دریا  $10^5 \text{ Pa}$  باشد، چند کیلوگرم هوا در این ستون فرضی وجود دارد؟

$$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$$



## پانچ سوالات امتحانی

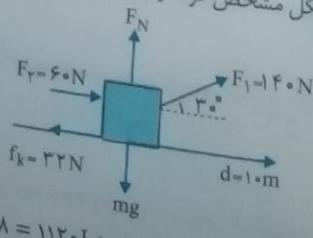
- الف) نادرست (۰/۵)، ب) نادرست (۰/۵)، ج) درست (۰/۵)، د) نادرست (۰/۵) ۲ الف) مکانیکی (۰/۵)، ب) منفی (۰/۵)
- ج) پیشتر (۰/۵) د) پخش (۰/۵) ۳ الف) گزینه (ج) (۰/۵)، خطای وسیله های رقمی، مثبت منفی یک واحد از آخرين رقمی است که می خوانند. ب) گزینه (د) (۰/۵) آخرین رقم سمت راست عدد اندازه گیری شده، رقم غیر قطعی است. ۴ الف) به لایل نیروهای جاذبه ای که مولکول های سطح مایع به یکدیگر وارد می کنند سطح مایع شبیه یک پوسته تحت کشش رفتار منکد و کشش سطحی روی می دهد. (۰/۵) ب) کار نیروی فندر یک جایه جایی برابر است با منفی تغییر انحراف پتانسیل اکسازی سامانه جسم - فندر آن جایه جایی.  $\Delta U = -W$  (۰/۵)
- $$175 \times 10^{-13} \text{ m} \times 10^{-12} \text{ pm} = 175 \times 10^{-13} \times 10^{12} \text{ pm}$$
- $$= 175 \times 10^7 \times 10^{-13} \text{ pm} = 175 \times 10^7 \text{ pm} = 175 \text{ pm} \quad (۰/۲۵)$$
- $$0.95 \times 10^3 \text{ mg} \times 10^{-12} \text{ pm} = 0.95 \times 10^3 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^12 \text{ pm}} \times \frac{1 \text{ Tg}}{10^{12} \text{ kg}}$$
- $$= 0.95 \times 10^3 \times 10^{-3} \text{ Tg} = 0.95 \times 10^{-10} \text{ Tg} = 9.5 \times 10^{-11} \text{ Tg} \quad (۰/۲۵)$$
- ۷- ارتفاع آب در لوله مویین بالاتر از ارتفاع آب در ظرف است. (۰/۲۵) ۸- سطح آب در لوله مویین فروخته است. (۰/۲۵)
- ۹- جامد هایی که در آنها مولکول ها به صورت نامنظم در گذار هم قرار داشته و معمولاً از سرد کردن سریع مایع مذاب پدید می آیند، آمورف می گویند؛ مثل شیشه. (۰/۵)

۱۰- ابتدا باید چگالی الكل را بر حسب  $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  محاسبه کنیم:

$$\rho_{\text{ الكل}} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{10^3 \text{ g}}{10^6 \text{ cm}^3} = \frac{10^3 \text{ g}}{10^6 \text{ cm}^3} = 10^{-3} \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\text{ الكل}} = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = \frac{1}{10^3} \times 20 = 16 \text{ g} \rightarrow m = 16 \text{ g} \quad (۰/۲۵)$$

۱۱- همه نیروهای وارد بر جسم را بر روی شکل مشخص کرده و کارتک تک نیروها را محاسبه می کنیم:



$$W_{F_1} = F_1 d \cos 30^\circ = 140 \times 10 \times 10 / \sqrt{3} = 1120 \text{ J} \quad (۰/۲۵)$$

$$W_{F_2} = F_2 d = 60 \times 10 = 600 \text{ J} \quad (۰/۲۵)$$

دالخ غرفه مدرج

نیروهای برابر با این انرژی  
کمتر از پیشنهادی بینین کنم

نیروهای محدود بر جایه جایی هستند، کار این نیروها صفر است:

$$W_{f_k} = f_k d \cos 180^\circ = 32 \times 10 \times (-1) = -320 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$W_{F_N} = W_{mg} = 0 \quad (0/25)$$

$$W_t = W_{F_N} + W_{mg} + W_{F_Y} + W_{f_k} = 1120 + 800 - 320 = 1400 \text{ J} \rightarrow W_t = 1400 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$m = 70 \text{ kg}, d = 80 \text{ m}, v_1 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}, v_2 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, W_f = ?$$

نیروهای مقاومت هوا و وزن به این جسم وارد شود بنابراین:

$$W_f = \Delta K \rightarrow W_f + W_{mg} = K_2 - K_1 \quad (0/25)$$

$$W_{mg} = mgd = 70 \times 10 \times 80 = 56000 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$K_1 = \frac{1}{2} mv_1^2 = \frac{1}{2} \times 70 \times 2^2 = 140 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$K_2 = \frac{1}{2} mv_2^2 = \frac{1}{2} \times 70 \times 4^2 = 560 \text{ J} \quad (0/25)$$



$$\rightarrow W_f + 56000 = 560 - 140 \rightarrow W_f = 420 - 56000 = -55580 \text{ J}$$

$$\rightarrow W_f = -55580 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$m = 15 \text{ kg}, h_1 = 5 \text{ m}, h_2 = 2 \text{ m}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, W_{mg} = ?$$

$$W_{mg} = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = -(mgh_2 - mgh_1) = -mg(h_2 - h_1) = -15 \times 10 \times (2 - 5) \quad (0/25)$$

$$\rightarrow W_{mg} = 45000 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$m = 2 \text{ kg}, h_A = 5 \text{ m}, v_A = 0, W_f_{مقابله} = -20 \text{ J}, h_B = 0, v_B = ?$$

$$W_f = E_B - E_A \rightarrow W_f = (K_B - \cancel{U_B}) - (K_A + U_A) \rightarrow W_f = K_B - U_A$$

$$W_f = \frac{1}{2} mv_B^2 - mgh_A \rightarrow -20 = \frac{1}{2} \times 2 \times v_B^2 - 2 \times 10 \times 5 \rightarrow -20 = v_B^2 - 100$$

$$(0/25)$$

$$\rightarrow v_B = 10 \rightarrow v_B = \sqrt{10} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (0/25)$$

$$P = 2kW = 2000 \text{ W}, \Delta t = 10 \text{ s}, V = 5 \text{ L} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3, h = 15 \text{ m}, \rho_{بخار} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (0/25)$$

$$R_a = ?$$

$$P_{ورودی} = \frac{E_{ورودی}}{\Delta t} \rightarrow E_{ورودی} = P_{ورودی} \Delta t = 2000 \times 10 = 20000 \text{ J} \rightarrow E_{ورودی} = 20000 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$E_{خروجی} = \Delta U = mgh \xrightarrow{m=\rho V} E_{خروجی} = \rho Vgh = 1000 \times 5 \times 10^{-3} \times 10 \times 15 = 1500 \text{ J}$$

$$\rightarrow E_{خروجی} = 1500 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$R_a = \frac{E_{خروجی}}{E_{ورودی}} = \frac{1500}{20000} = 0.075 \quad (0/25)$$

درصد بازده



## پاسخ نامه سوال‌های ویژه دانش‌آموزان تجربی

جسم را داخل ظرف مدرج حاوی آب قرار می‌دهیم، اختلاف حجم آب، بعد و قبل از ورود جسم برابر است با حجم این

که برابر با توجه به رابطه انرژی جنبشی  $K = \frac{1}{2}mv^2$ ، چون هر دو کمیت  $m$  و  $v$  مثبت هستند، حاصل ضرب آنها نیز مثبت است؛ بنابراین انرژی جنبشی کمیتی مثبت خواهد بود. (۰/۵)

چون چگالی بنزین کمتر از آب است بنزین بر روی سطح آب قرار گرفته و همچنان شعله‌ور باقی می‌ماند. (۰/۵)

مرتبه بزرگی طول عمر میانگین انسان برابر است با:

$$75\text{year} = 7.5 \times 10^{-1} \times 10^1 - 10^1 \text{ year} \quad (0/25)$$

مرتبه بزرگی هرسال بر حسب ثانیه برابر است با:

$$3 \times 10^7 \text{ s} - 10^7 \times 10^7 - 10^7 \text{ s} \quad (0/25)$$

بنویسید: با اطلاعات بدست آمده تعداد ضربان قلب انسان در طول عمرش را می‌توان به صورت زیر تخمین زد:

$$N = (10^3 \text{ year}) \left( \frac{10^7 \text{ beat}}{1 \text{ year}} \right) \left( \frac{10^9 \text{ beat}}{10^7 \text{ s}} \right) = 10^2 \times 10^7 \text{ beat} - 10^9 \text{ beat} \quad (0/25)$$

## پاسخ نامه سوال‌های ویژه دانش‌آموزان ریاضی و فیزیک

$$P_0 = 10^5 \text{ Pa} , h = 25\text{cm} = 0.25\text{m} , g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$P_{\text{مایع}} = (\lambda \frac{g}{cm^3})(1) = (\lambda \frac{F}{cm^3})(\frac{1kg}{10^3 \frac{N}{m^2}})(\frac{10^6 cm^3}{1m^3}) = \frac{\lambda \times 10^6}{10^3} \frac{kg}{m^3} = \lambda \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$$

$$P_{\text{مختلط}} = P_0 + \rho gh = 10^4 + (\lambda \times 10^3) \times 0.25 / 25 = 10000 + 25000 = 12500 \text{ Pa}$$

$$\rightarrow P_{\text{مختلط}} = 1/2 \times 10^5 \text{ Pa} \quad (0/25)$$

$$A_1 = 2\text{mm}^2 , A_2 = \lambda\text{mm}^2 , V_1 = \frac{6}{s} , V_2 = ?$$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \rightarrow 2 \times 6 = \lambda \times V_2 \rightarrow V_2 = \frac{12}{\lambda} = 1/5 \text{ m/s} \rightarrow V_2 = 1/5 \text{ m/s} \quad (0/25)$$

با حرکت کامپیون تندی جریان هوا در بالای پوشش بروزنشی افزایش یافته و طبق اصل برنولی فشار هوا در آن قسمت کاهش

شده توسط جسم برابر است. (۰/۵)

با با حرکت کامپیون تندی جریان هوا در بالای پوشش بروزنشی افزایش یافته و طبق اصل برنولی فشار هوا در آن قسمت کاهش

می‌باشد، در نتیجه اختلاف فشارهای داخل و بیرون پوشش بروزنشی باعث پف کردن آن می‌شود. (۰/۵)

$$A = 2\text{m}^2 , P_0 = 10^5 \text{ Pa} , g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} , m = ?$$

$$P_0 = \frac{F}{A} \rightarrow F = P_0 A \xrightarrow{F=mg} mg = P_0 A \rightarrow m = \frac{P_0 A}{g} = \frac{10^5 \times 2}{10} = 2 \times 10^4 \text{ kg}$$

$$\rightarrow m = 2 \times 10^4 \text{ kg} \quad (0/25)$$



## سوالات انتخابی

آزمون نهاده (نمرت دوم)

کار

دست

۱- درست یا نادرست بودن جمله های زیر را مشخص کنید.

الف) به رقم هایی که بعد از اندازه گیری یک کیفیت فیزیکی نسبت می کنند، رقم های با معنا م گویند.

- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> درست | <input type="checkbox"/> نادرست |
| <input type="checkbox"/> درست | <input type="checkbox"/> نادرست |
| <input type="checkbox"/> درست | <input type="checkbox"/> نادرست |
| <input type="checkbox"/> درست | <input type="checkbox"/> نادرست |

ب) کار نیروی وزن جسم همواره منفی است.

ج) ویژگی های فیزیکی همه مواد در مقیاس نانو تغییر می کنند.

د) انساط حجم جامدات از مایعات بسیار کمتر است.

۲- از داخل پرانتز عبارت درست را انتخاب کنید.

الف) دما و مقدار ماده گیتی های (اصلی - فرعی) هستند.

ب) انرژی جنبشی جسم به جهت حرکت آن بستگی (دارد - ندارد).

ج) وقتی مایعی به سرعت سرد شود، معمولاً جامد (بلورین - بین شکل) به وجود می آید.

د) در رساناهای فلزی سهم (مولکول ها - الکترون های آزاد) در رسانش گرما پیشتر از آنها است.

۳- گزینه درست را مشخص کنید.

الف) خطای اندازه گیری خط کشی که تا میلی متر مدرج شده گدام گزینه است؟

- |                                    |                                |                                    |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ±0 / 5 cm | <input type="checkbox"/> ±1 mm | <input type="checkbox"/> ±0 / 5 mm | <input type="checkbox"/> ±1 mm |
|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|

ب) جرم یک قطعه فلزی  $\frac{1}{10}$  و چگالی آن  $1 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$  است. حجم این قطعه حد سانچ مکعب است؟

- |  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> 1 cm <sup>3</sup> | <input type="checkbox"/> 1 / cm <sup>3</sup> | <input type="checkbox"/> 1 cm <sup>-3</sup> | <input type="checkbox"/> 1 / cm <sup>-3</sup> |
|--|--|---|---|

ج) اگر حجم جسم پیشتر از حجم شاره جایه جا شده باشد:

الف) جسم در مایع غوطه ور است.

ج) نیروی شناوری بزرگ تراز نیروی وزن است.

د) دمای سردترین نقطه در قطب جنوب  $-85^\circ\text{C}$  است. این دما بر حسب فارنهایت برابر است با:

- |                                 |                               |                                |                                 |
|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> -185 F | <input type="checkbox"/> 77 F | <input type="checkbox"/> 188 F | <input type="checkbox"/> -121 F |
|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|

۴- مفاهیم زیر را تعریف کنید.

الف) اصل برتوانی

۵- عبارت های مناسب را به یکدیگر وصل کنید.

الف) مرتبه بزرگی عدد  $10^{-2}$

ب) مجموع ارزی های ذرات تشکیل دهنده جسم

ج) دلیل خمیدگی در نوار دو فلزه

د) نوع فرایند میان

ا) ارزی درونی

۱۰

گرمایش

ب) ارزی اصل برتوانی

۱۰

ا) انساط و انتقام

گرماده

۶- آیا کار کل انجام شده بر روی یک جسم در یک حایه جایی می تواند منفی باشد؟ توضیح دهد.

۷- چرا ارتفاع جیوه در لوله موبین پایین تراز سطح جیوه در ظرف است؟

- ۱۰- دو عامل مؤثر در تابش گرمایی از یک جسم را نام ببرید.
- ۱۱- آزمایش طراحی کنید که به کمک آن بتوانید فشار هوا در محل زندگی خود اندازه گیری کنید.
- ۱۲- مطابق شکل زیر گلوله ای به جرم  $500\text{g}$  از نقطه A با تندی اولیه  $4\text{m/s}$  رو به پایین حرکت می کند. اگر تندی گلوله در نقطه B برابر  $6\text{m/s}$  باشد، کار نیروهای مقاوم در طول مسیر چقدر است؟  
 $(g = N/kg)$



- ۱۳- بالایری با توان  $1\text{kW}$  و بازده  $80\%$  درصد باری به جرم  $250\text{kg}$  را در مدت  $1\text{e}5$  چند متر بالا می برد؟  
 $(g = 10\text{N/kg})$

- ۱۴- در یک لوله U شکل آب، جیوه و الكل به صورت زیر به حالت تعادل قرار دارند اگر ارتفاع الكل  $20\text{cm}$  و اختلاف ارتفاع جیوه در دو شاخه  $5\text{cm}$  باشد، ارتفاع آب چقدر است؟

$$P_{آب} = \rho_{آب} \cdot h \quad , \quad P_{جيوه} = \rho_{جيوه} \cdot 20 \quad , \quad P_{ الكل} = \rho_{ الكل} \cdot 25$$

- ۱۵- چند گرم بخ C  $20^{\circ}\text{C}$  را با  $200\text{g}$  آب  $20^{\circ}\text{C}$  مخلوط کنیم تا پس از تعادل گرمایی دمای تعادل C  $20^{\circ}\text{C}$  شود؟  
 $(c_{آب} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}} \quad , \quad L_f = 330000 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \quad , \quad c_{جيوه} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}})$

- ۱۶- یک ورقه مسی به ابعاد  $2\text{m} \times 5\text{m}$  متربا از تغییر دمای  $5^{\circ}\text{C}$  به اندازه  $18\text{cm}^3$  افزایش سطح پیدا می کند. ضریب انبساط طولی مس را پیدا کنید.

## سوالات ویژه دانش آموzan تجربی

- ۱۷- گازی در دمای  $C = 20^{\circ}\text{C}$  دارای حجم  $100\text{cm}^3$  است. این گاز را باید تا چه دمایی گرم کنیم تا در فشار ثابت حجم آن  $200\text{cm}^3$  شود؟

- ۱۸- در محفظه ای  $64\text{g}$  اکسیژن با فشار  $2\text{atm}$  و دمای  $27^{\circ}\text{C}$  وجود دارد. حجم این محفظه چند لیتر است؟  
 $M_{O_2} = 32 \quad , \quad R = 8.31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

- ۱۹- گلوله ای به جرم  $500\text{g}$  با تندی  $4\text{m/s}$  به سمت فنری پرتا شده و فنر را فشرده گردید و برای لحظه ای متوقف می شود. اگر انرژی پتانسیل کشسانی فنر در لحظه ای توقف  $J = 3$  باشد کار نیروی اصطکاک در طول مسیر چقدر است؟  $(1/5)$

- ۲۰- طبق اصل بروولی توضیح دهد چرا باریکه آب با نزدیک ترشدن به سطح زمین باریک نمی شود؟

- ۲۱- اگر سطح مقطع یک لوله را  $4$  برابر کنیم، تندی جريان آب در لوله با فرض اینکه آب همه لوله را فرا گیرد، چند برابر می شود؟

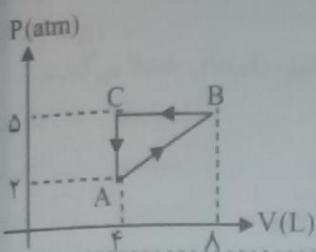
- ۲۲- فشار وارد شده از سوی  $40\text{cm}$  جیوه معادل فشار چه ارتفاعی روشن است؟  
 $\rho_{جيوه} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad , \quad \rho_{روشن} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

### سوال‌های ویژه دانش‌آموزان ریاضی و فیزیک

۱۵- مول گاز تک اتمی چرخه‌ای مطابق شکل را طی می‌کند. (نهایی ریاضی - دی ۹۲)

الف) کار انجام شده در کل چرخه چقدر است؟

ب) گرمای مبادله شده گاز با محیط در فرایند BC چقدر است؟

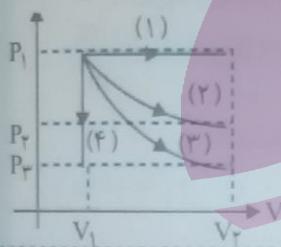


$$(R = \Lambda \frac{J}{moL \cdot K}, C_p = \frac{\Lambda}{2} R)$$

۱۶- ضریب عملکرد یک کولر گازی ۳ است. اگر در هر دقیقه  $1.0 \times 10^4$  ج گرمای از درون اتاق گرفته شود، توان

صرفی کولر چند وات است؟

۱۷- گاز کاملی چهار فرایند هم حجم، هم فشار، هم دما و بین دررو را مطابق شکل طی می‌کند. در هر بخش شماره فرایند مریبوط را بنویسید.



الف) در این فرایند  $Q = 0$  است. ( )

ب) در این فرایند  $\Delta T = 0$  است. ( )

ج) در این فرایند  $W = 0$  است. ( )

د) در این فرایند  $|W|$  بیشترین مقدار است. ( )

۱۸- از داخل پرانتز عبارت مناسب را انتخاب کنید.

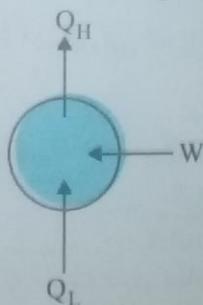
الف) براساس قانون (اول - دوم) ترمودینامیک گرمای خودی خود از جسم سرد به جسم گرم منتقل نمی‌شود.

ب) در تراکم بین دررو گاز کامل، دمای گاز (افزایش - کاهش) می‌یابد.

۱۹- در شکل مقابل یک دستگاه ترمودینامیک را به صورت طرح وار مشاهده می‌کنید.

الف) این دستگاه چه نام دارد؟

ب) در هر چرخه این دستگاه چه رابطه‌ای بین کمیت‌های داده شده برقرار است؟



## پاسخ سوالات امتحانی

الف) درست (۰/۲۵)، ب) نادرست (۰/۲۵)، ج) درست (۰/۰۵)، د) درست (۰/۲۵)، ۲ الف) اصلی (۰/۲۵)، ب) ندارد (۰/۰۵)، ۳ الف) گزینه (ب)، خطای اندازه‌گیری وسیله‌های درجه‌بندی شده، چ) شکل (۰/۰۵)، د) الکترون‌های آزاد (۰/۰۵)

کمترین تقسیم‌بندی مقیاس آنهاست.  $0.5 \text{ mm} + 2 = 0.5 \text{ mm}$ ، ب) گزینه (الف)، ابتدا چگالی جسم را بر  $\text{g/cm}^3$  محاسبه می‌کنیم:

$$m = 10 \text{ g}, \rho = 10^4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = (10^4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})(1)(1) = (10^4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})(\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}})(\frac{1 \text{ m}}{10^6 \text{ cm}^3}) =$$

$$\frac{10^4 \times 10^3}{10^6} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 10 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{10}{10} = 1 \text{ cm}^3 \rightarrow V = 1 \text{ cm}^3$$

۴ الف) در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد. (۰/۰۵) ب) مقدار گرمایی است که به یک کیلوگرم از جسم چامد در نقطه ذوب داده می‌شود تا به مایع تبدیل شود. (۰/۰۵)

۵ الف)  $10^0 (۰/۰۵)$ ، ب) انرژی درونی ( $۰/۰۵$ )، ج) انبساط و انقباض ( $۰/۰۵$ )، د) گرماده ( $۰/۰۵$ )

به، اگر در چاهه‌جایی یک جسم نیروی های ملأوم بیشتر از نیروی محرك باشد، جسم پس از طی مسافتی متوقف و کار انجام شده بر روی جسم ملأی می‌شودا به بیان دیگر طبق تعییر کار و انرژی، جنبشی اگر سرعت جسم کاهش یابد، انرژی جنبشی آن نیز کاهش یافته و مطابق رابطه  $W_i = K_i - K_f$ ، کار کل نیروهای وارد بر جسم ملأی می‌شود. (۰/۰۵)

۶ چون نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های جیوه بیشتر از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های جیوه و مولکول‌های شیشه است، بنابراین جیوه سطح شیشه را اترینی کند و سطح جیوه در لوله مویین پایین تراز سطح جیوه درون طرف است. (۰/۰۵)

۷ دعا، مسافت، میزان صیقلی بودن و زنگ سطح جسم (۰/۰۵) مورد کافی است.

۸ آزمایش توریچلی یک لوله شیشه‌ای است (به طول تقریبی  $8.0 \text{ cm}$ ) با یک سر بسته را از جیوه پر کرده و درون طرف سنتوی جیوه به طور وارونه قرار می‌دهیم. فشار هوا در محل برابر است با فشار ارتفاع سنتوی جیوه در لوله. بنابراین با ازایه‌گیری ارتفاع جیوه درون لوله و دانستن چگالی جیوه ( $\rho_{جیوه}$ ) می‌توان فشار هوا را در محل با استفاده از رابطه  $P_{جیوه} = \rho_{جیوه} gh$  محاسبه کرد. (۰/۰۷۵)

$$m = 500 \text{ g} = 0.5 \text{ kg}, v_A = 4 \text{ m/s}, h_A = 4 \text{ m}, v_B = 6 \text{ m/s}$$

$$h_B = 2 \text{ m}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, W_f = ?$$

$$E_A = K_A + U_A = \frac{1}{2} mv_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 4^2 + 0.5 \times 10 \times 4 = 4 + 20 = 24 \text{ J}$$

$$\rightarrow E_A = 24 \text{ J} \quad (۰/۰۵)$$

$$E_B = K_B + U_B = \frac{1}{2} mv_B^2 + mgh_B = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 6^2 + 0.5 \times 10 \times 2 = 9 + 10 = 19 \text{ J}$$

$$\rightarrow E_B = 19 \text{ J} \quad (۰/۰۵)$$

$$W_f = E_B - E_A = 19 - 24 = -5 \text{ J} \rightarrow W_f = -5 \text{ J} \quad (۰/۰۵)$$

$$P = kW = 1000W, Ra = \frac{A}{\lambda} = s/\lambda, m = 2\Delta \cdot kg, \Delta t = 1s, h = ?, g = 10 \frac{N}{kg}$$

$$P = \frac{E_{\text{کل}}}{\Delta t} \rightarrow E_{\text{کل}} = P \cdot \Delta t = 1000 \times 1s = 1000J \rightarrow E_{\text{کل}} = 1000J (s/\Delta)$$

$$Ra = \frac{E_{\text{کل}}/h}{E_{\text{کل}}} \rightarrow E_{\text{کل}}/h = Ra \cdot E_{\text{کل}} = s/\lambda \times 1000 = 1000J \rightarrow E_{\text{کل}}/h = 1000J (s/\Delta)$$

$$E_{\text{کل}}/h = \Delta U \rightarrow E_{\text{کل}}/h = mgh \rightarrow h = \frac{E_{\text{کل}}/h}{mg} = \frac{1000}{2\Delta \times 10} = 50m \rightarrow h = 50m (s/\Delta)$$

الکل:  $\rho = \frac{kg}{m^3}, h = 50cm = s/5m$

نمای:  $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}, h = 50cm = s/0.5m$

پا:  $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}, h = ?$

$$\rightarrow P_{\text{ول}} = P_{\text{بخار}} + P_{\text{جذب}} \rightarrow P_{\text{ول}}/h_{\text{ول}} = P_{\text{بخار}}/h_{\text{بخار}} + P_{\text{کل}}/h_{\text{کل}} (s/\Delta)$$

$$\rightarrow 1000/h = 1000 \times 0.5 / 0.5 + 1000 \times 0 / 5 \rightarrow 1000/h = 1000 + 0 (s/\Delta)$$

$$\rightarrow h = \frac{1000}{1000} = s/100m \rightarrow h = 100cm (s/\Delta)$$



**توشه‌ای برای موفقیت**

$$C_{\text{ب}} = 2100 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}, L_f = \frac{kg}{kg \cdot ^\circ C} = \frac{kg}{kg \cdot ^\circ C}$$

در تعادل گرمایشی:  $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0 (s/\Delta)$

$$Q_1 = mc_{\text{ب}} \Delta \theta = m \times 2100 \times (0 - (-10)) = 21000m (s/\Delta)$$

$$Q_2 = mL_f = m \times 210000 = 210000m (s/\Delta)$$

$$Q_3 = mc_{\text{ب}} \Delta \theta = m \times 2100 \times (20 - 0) = 42000m (s/\Delta)$$

$$Q_4 = mc_{\text{ب}} \Delta \theta = 0 / 2 \times 2100(20 - 30) = -21000J (s/\Delta)$$

$$\rightarrow 21000m + 210000m + 42000m - 21000J = 0 \rightarrow 253000m = 21000 \rightarrow m = \frac{21000}{253000} (s/\Delta)$$

$$\rightarrow m = 0.08 \Delta kg \rightarrow m = \Delta A g (s/\Delta)$$

$$A_1 = 2 \times \delta = 10m^2, \Delta T = \Delta k, \Delta A = 100cm^2, \alpha = ?$$

$$\Delta A = A_1(\Delta \alpha) \Delta T \rightarrow \alpha = \frac{\Delta A}{A_1 \Delta T} = \frac{100 \times 10^{-2}}{2 \times 10 \times 10} = \frac{100 \times 10^{-2}}{20} = 5 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-3} \frac{1}{K} (s/\Delta)$$

$$\rightarrow \alpha = 5 \times 10^{-3} \frac{1}{K} (s/\Delta)$$

## پاسخ نامه سوال‌های تحریری

$$T_1 = 27 + 273 = 292 \text{ K}, V_1 = 100 \text{ cm}^3, V_2 = 200 \text{ cm}^3, T_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow[\text{(نیز)}]{\text{کسر}} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{100}{292} = \frac{200}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{200 \times 292}{100} = 584 \text{ K} \rightarrow T_2 = 584 \text{ K} \quad (\text{n/25})$$

$$m = \rho V, P = \rho atm = 2 \times 10^5 \text{ Pa}, T = 27 + 273 = 290 \text{ K} \quad (\text{n/25})$$

$$V = ?, M_{O_2} = 32 \text{ g/mol}, R = 8.31 \text{ J/mol.K}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{84}{32} = 2 \text{ mol} \quad (\text{مقدار مول ماده}) \quad (\text{n/25})$$

$$PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P} = \frac{2 \times 8.31 \times 290}{2 \times 10^5} = 2.4 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$V = 24 \text{ L} \quad (\text{n/25})$$

$$m = 84 \text{ g} = 84 \text{ kg}, v_1 = \frac{m}{m} = 1, v_2 = 0, U_1 = 0, U_2 = 0, W_f = ?$$

$$W_i = \Delta U \rightarrow W_{f_k} + W_{f_g} = K_2 - K_1 \quad (\text{n/25})$$



$$W_{f_k} = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = -(\frac{1}{2}kx^2 - 0) = -\frac{1}{2}kx^2 \quad (\text{کار نیروی فشریدن}) \quad (\text{n/25})$$

## توشه‌ای برای موفقیت



$$K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} \times 84 / 5 \times 4^2 = 4 \text{ J} \quad (\text{n/25})$$

$$K_2 = 0 \quad (\text{n/25})$$

$$\rightarrow -3 + W_{f_k} = 0 - 4 \rightarrow W_{f_k} = -4 + 3 = -1 \text{ J} \rightarrow W_{f_k} = -1 \text{ J} \quad (\text{n/25})$$

توجه به اینکه نیروهای عمودی سطح و وزن جسم عمود برجایه جایی هستند کار این نیروها صفر است که از نوشتند آنها صرف نظر شده است.  $(\text{n/25})$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

الف) طبق معادله پیوستگی سطح مقطع و تندی شاره نسبت عکس دارند  $(\text{n/25})$

طریق بازدیدیک تر شدن باریکه آب به زمین، تندی آن افزایش می‌یابد، پس طبق معادله پیوستگی سطح مقطع آن کاهش

نموده بافت.  $(\text{n/25})$

$$h_2 = \frac{V_2}{A_2} \cdot \frac{V_1}{V_2} = ?$$

$$\frac{A_1 V_1}{P_1 T_1} = \frac{A_2 V_2}{P_2 T_2} \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{\cancel{A_1}}{3\cancel{A_1}} = \frac{1}{3} \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{3} \quad (* / \Delta T)$$

$$P_{\text{بخار}} = P_{\text{بخار}} / h_{\text{بخار}} = P_{\text{بخار}} / h_{\text{بخار}} \rightarrow 1 \times 10^5 \times 40 = 1 \times 10^5 \times h_{\text{بخار}}$$

$$\rightarrow h_{\text{بخار}} = \frac{1 \times 10^5 \times 40}{1 \times 10^5} = 40 \text{ cm} \quad (* / \Delta T)$$

پاسخ نامه سوال‌های ریاضی و فیزیک

$$W = S_{ABC} = \frac{(\cancel{A} \cancel{B}) \times 1 \times 10^{-3} \times (\cancel{A} \cancel{C}) \times 1 \times 10^3}{\cancel{V}} = 1 \times 10^7 \text{ J} \rightarrow |W| = 1 \times 10^7 \quad (* / \Delta T)$$

$$\rightarrow W = + 1 \times 10^7 \quad (* / \Delta T)$$

$$\text{فرایند } BC \rightarrow Q_{\text{بخار}} = \frac{\Delta}{T} P \Delta V = \frac{\Delta}{T} \times \Delta \times 1 \times 10^3 \times (T - \Delta) \times 10^{-3} = - \Delta \times 10^3 \quad (* / \Delta T)$$

$$\rightarrow Q_{\text{بخار}} = - \Delta \times 10^3 \quad (* / \Delta T)$$

$$K = T, t = 1 \text{ min} = P \cdot S, Q_L = 1 \times 10^7 \text{ J}, P = ?$$

$$K = \frac{Q_L}{W} \rightarrow W = \frac{Q_L}{K} = \frac{1 \times 10^7}{T} = 1 \times 10^7 \rightarrow W = 1 \times 10^7 \quad (* / \Delta T)$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1 \times 10^7}{1} = 1 \times 10^7 = 1 \times 10^7 \text{ W} \rightarrow P = 1 \times 10^7 \quad (* / \Delta T)$$

الف) فرایند ۳ - گرمای مادله شده در فرایند بی‌دروغ صفر است. از میان نمودارهای ۲ و ۳ چون شب نمودار (۳) بهتر است، پس آین نمودار بی‌دروغ است.  $(*) / \Delta T$

ب) فرایند ۲ - در فرایند هدما  $\Delta T = 0$  است. از میان نمودارهای ۲ و ۳ چون شب نمودار ۲ کمتر است، آین نمودار بی‌دروغ فرایند هدما است.  $(*) / \Delta T$

ج) فرایند ۴ - در فرایند همچو خنک  $W = 0$  است.  $(*) / \Delta T$

د) فرایند ۱ - سطح زیر نمودار در آین فرایند از سایر فرایندها بیشتر است.  $(*) / \Delta T$

الف) دوم  $(*) / \Delta T$ , ب) افزایش  $(*) / \Delta T$

الف) پنهان  $(*) / \Delta T$ , ب)  $|Q_H| = Q_L \cdot W \quad (*) / \Delta T$

# ایران تووشه

- دانلود نمونه سوالات امتحانی
- دانلود **۱۵۶** به **۱۵۶**
- دانلود آزمون **۱۶** جزو **۱۶** قلم چی و نجاشی
- دانلود خیام و مقاہی آنلاین
- دانلور و مثاواه



IranTooshe.Ir



@irantoooshe



IranTooshe

