

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

فیزیک ۱

مفاهیم بنیادی

حرکت

مسافت: مجموع طول‌هایی است که برای رفتن از یک نقطه (مبدأ) به نقطه دیگر (مقصد) پیموده می‌شود. که یکای آن m/s است. **جابه‌جایی:** کوتاه‌ترین فاصله بین مبدأ و مقصد است. **تندی متوسط:** نسبت مسافت پیموده شده به مدت زمان صرف شده برای طی آن را «تندی متوسط» می‌گویند.

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{زمان}}$$

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

$$m/s \xrightarrow{\times 3.6} km/h, \quad km/h \xrightarrow{+3.6} m/s$$

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 جابه‌جایی به مدت زمان جابه‌جایی را «سرعت متوسط» می‌گویند.

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابه‌جایی}}{\text{زمان}}$$

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.

$$\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییرات سرعت}}{\text{زمان}}$$

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.

قوانین 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 می‌کنند 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 اصطکاک است که در برابر حرکت جسم ساکن بر روی یک سطح مقاومت ایجاد می‌کند.

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

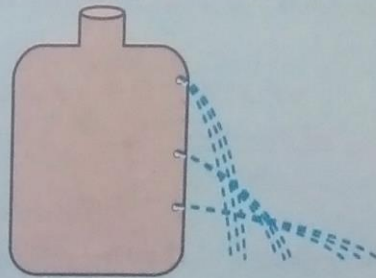
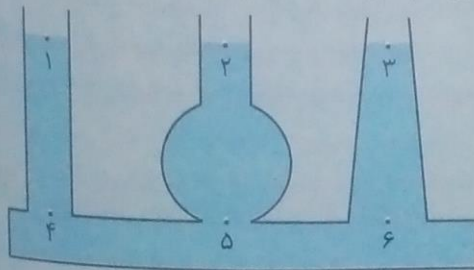
نکته: نیروی اصطکاک ایستایی به اندازه نیروی خالص وارد شده بر جسم است؛ نیروی اصطکاک جنبشی به اندازه نیروی خالص وارد شده بر جسم، بستگی نداشته و می‌تواند کمتر یا بیشتر یا هم‌اندازه با آن باشد.

فشار

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

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

فشار مایعات: فشار در مایعات به عمق مایع بستگی داشته و نقاط هم‌عمق، هم‌فشار هستند:



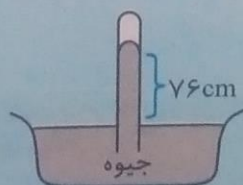
$$P_1 = P_2 = P_3, \quad P_4 = P_5 = P_6$$

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

فشارسنج جیوه‌ای توریچلی



فصل ۱ فیزیک و اندازه‌گیری

کلیدواژه

کمیت‌های فیزیکی - پیشوند‌های SI - نمادگذاران علمی - خطا و دقت - تخمین مرتبه بزرگی - چگالی

مفاهیم آموخته‌شده

برای توصیف پدیده‌ها در فیزیک از سه مورد استفاده می‌شود { قوانین: همواره ثابت هستند. مدل‌ها نظریه‌های فیزیکی با زمان و تحت شرایط تغییر می‌کنند.

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 می‌کنیم.

کمیت‌های فیزیکی

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

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

75 kg
یکای عدد

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

4 m
یکای 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 یکاها نیز کمیت‌ها را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد:

۱- کمیت‌های اصلی: کمیت‌هایی که برای آنها یکاهای استاندارد تعریف شده است مثل: طول، جرم، زمان و ...
۲- کمیت‌های فرعی: کمیت‌هایی که برحسب کمیت‌های اصلی بیان می‌شوند، مثال: تندی، مساحت و ...

اندازه‌گیری و دستگاه بین‌المللی یکاها (SI): به دستگاه یکاهایی که مورد توافق بیشتر دانشمندان و کشورهاست، دستگاه بین‌المللی یکاها می‌گویند که آن را با علامت اختصاری (SI) نشان می‌دهند.

مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها هفت کمیت را به عنوان کمیت‌های اصلی انتخاب کرده است که اساس دستگاه بین‌المللی یکاها 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	یکای (SI)	کمیت فرعی	نماد	یکای (SI)	کمیت اصلی
m / s	متر بر ثانیه	تندی	m	متر	طول
m ²	مترمربع	مساحت	kg	کیلوگرم	جرم
J	ژول	انرژی	s	ثانیه	زمان
N	نیوتون	نیرو	K	کلوین	دما
			mol	مول	مقدار ماده
			A	آمپر	جریان الکتریکی
			cd	کندلا (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 جداگانه‌ای دارند مثلاً یکای انرژی ($\frac{kgm^2}{s^2}$) است که آن را ژول (J) می‌نامند.

تبدیل یکاها: برای تغییر یکای یک کمیت می توان از روش تبدیل زنجیره ای استفاده کرد. از آنجا که ضرب کردن هر کمیت در عدد یک، اندازه آن کمیت را تغییر نمی دهد، کمیت را در یک ضریب تبدیل که نسبتی از یکاها و برابر یک است ضرب می کنیم:

مثال ۱: 52 cm چند mm است؟

می دانیم هر 1 cm برابر 10 mm است بنابراین $1 \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} = 1$ یا $1 \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} = 1$ 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: 4 mm چند کیلومتر است؟

می دانیم $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$ و $1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$ است؛ بنابراین $1 \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 1$ و $1 \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} = 1$ ضرایب تبدیل مناسب این سؤال

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

سازگاری یکاها: 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

$$F = m \cdot a$$

↓ ↓ ↓
نیوتون(N) kg $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

به دست می آید:

پیشوندهای یکاها: کمیت های خیلی بزرگ یا خیلی کوچک را به کمک پیشوندی که به یکاهای آنها اضافه می شوند، نامگذاری می کنند.

مثال:

یکای mm پیشوند $6 \rightarrow 6$ میلی متر یکای km پیشوند $42 \rightarrow 42$ کیلومتر

برخی از پیشوندهای SI عبارتند از:

ضریب	پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد
10^1	دکا	da	10^{-1}	دسی	d
10^2	هکتو	h	10^{-2}	سانتی	c
10^3	کیلو	k	10^{-3}	میلی	m
10^6	مگا	M	10^{-6}	میکرو	μ
10^9	گیگا (جیگا)	G	10^{-9}	نانو	n
10^{12}	ترا	T	10^{-12}	پیکو	p
10^{15}	پتا	P	10^{-15}	فمتو	f
10^{18}	اِکزا	E	10^{-18}	آتو	a
10^{21}	زتا	Z	10^{-21}	زپتو	z
10^{24}	یوتا	Y	10^{-24}	یوکتو	y

مثال ۱: کمیت های زیر را بر حسب یکاهای خواسته شده بنویسید.

(الف) 0.004 Ms چند کیلو ثانیه است؟

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

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

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

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

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

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

ج) ۴۵ هزار نانو ثانیه چند کیلو ثانیه است؟

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

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

$$\text{روش دوم: } \frac{45000 \cancel{\text{ ns}}}{1 \cancel{\text{ ns}}} = \frac{45000 \times 10^{-9}}{10^3} = 45000 \times 10^{-9} \times 10^{-3} = 45 \times 10^{-9}$$

د) ۰/۰۰۰۰۸۳ گیگامتر چند پیکومتر است؟

$$\text{روش اول: } 0/000083 \text{ Gm} = (0/000083 \text{ Gm})(1)(1) = (0/000083 \cancel{\text{ Gm}}) \left(\frac{10^9 \cancel{\text{ m}}}{1 \cancel{\text{ Gm}}} \right) \left(\frac{1 \text{ pm}}{10^{-12} \cancel{\text{ m}}} \right)$$

$$= 0/000083 \times 10^9 \times 10^{12} \text{ pm} = 0/000083 \times 10^{21} \text{ pm} = 83 \times 10^{15} \text{ pm}$$

$$\text{روش دوم: } \frac{0/000083 \cancel{\text{ Gm}}}{1 \cancel{\text{ Gm}}} = \frac{0/000083 \times 10^9}{10^{-12}} = 0/000083 \times 10^9 \times 10^{12} = 83 \times 10^{15}$$

نمادگذاری علمی: روشی است که نوشتن 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:

$$\text{شعاع خورشید: } \underbrace{6/9}_{\text{توانی از } 10} \times \underbrace{10^8}_{\text{عدد تا } 10} \text{ m}$$

نکته: در نوشتن اعداد با نمادگذاری علمی علامت توان ۱۰ با توجه به جابه‌جایی ممیز به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود: (برعکس علامت محور اعداد صحیح)

$$\begin{array}{c} + \qquad \qquad \qquad - \\ \text{جابه‌جایی ممیز} / \text{جابه‌جایی ممیز} \\ \text{ممیز} \end{array}$$

مثال ۱: اعداد زیر را با نمادگذاری علمی بنویسید.

$$453/6 = 4/536 \times 10^2$$

$$0/0006/8 = 6/8 \times 10^{-4}$$

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

الف) $0/000125 \mu\text{m} = X \text{ cm}$

$$X = \frac{0/000125 \cancel{\mu\text{m}}}{1 \cancel{\mu\text{m}}} = \frac{1/25 \times 10^{-4} \times 10^{-6}}{10^{-2}} = 1/25 \times 10^{-4} \times 10^{-6} \times 10^2 = 1/25 \times 10^{-8}$$

ب) $6870 \text{ Tg} = X \text{ Eg}$

$$X = \frac{6870 \cancel{\text{Tg}}}{1 \cancel{\text{Tg}}} = \frac{6/870 \times 10^3 \times 10^{12}}{10^{18}} = 6/870 \times 10^3 \times 10^{12} \times 10^{-18} = 6/870 \times 10^{-3}$$

خطا و دقت

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

دقت 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 آخرین رقمی است که آن ابزار می‌خواند.

نکته: خطای اندازه‌گیری خط‌کش و سایر وسیله‌های درجه‌بندی شده $\pm \frac{1}{3}$ برابر کمترین تقسیم‌بندی مقیاس آن وسیله است.

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

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

خطای آن چقدر است؟

خطای خط‌کش سانتی‌متری: $\pm 0/5 \text{ cm}$

خطای خط‌کش میلی‌متری: $\pm 0/5 \text{ mm}$

مثال ۲: یک دماسنج دیجیتال دمای $8/65^{\circ}\text{C}$ را نشان می‌دهد. خطای این دماسنج چقدر است؟

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

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

نکته: برای کاهش خطا در 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 با معنا می‌گویند. در رقم‌های با معنا، رقم آخر عدد که آن را حدس می‌زنیم غیرقطعی است.

مثال ۳: با خط‌کشی که بر حسب سانتی‌متر مدرج شده طول جسمی را $10/7$ سانتی‌متر اندازه‌گیری می‌کنیم؛

الف) خطای اندازه‌گیری این وسیله چقدر است؟

چون خط‌کش بر حسب سانتی‌متر مدرج شده خطای اندازه‌گیری آن $\pm 0/5\text{cm}$ است.

ب) در این اندازه‌گیری تعداد ارقام با معنا 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 با نمادگذاری علمی ($x \times 10^n$) نوشته و به صورت زیر عمل می‌کنیم:

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

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

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

مثال ۱: مرتبه بزرگی اعداد زیر را تخمین بزنید.

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

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

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

چگالی: جرم واحد حجم اجسام را چگالی می‌گویند و آن را با ρ نشان داده و از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

m : جرم بر حسب kg، V : حجم بر حسب m^3 و ρ : چگالی بر حسب kg/m^3 .

مثال ۱: مقدار ۵ کیلوگرم از فلزی $0/001\text{m}^3$ حجم دارد. چگالی این فلز چقدر است؟

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

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

مثال ۲: اگر چگالی هوا $1/2 \text{ kg}/\text{m}^3$ باشد، در اتاقی به ابعاد ۵، ۴ و ۶ متر چند کیلوگرم هوا وجود دارد؟

$$\rho = 1/2 \text{ kg}/\text{m}^3, \quad V = 4 \times 5 \times 6 = 120\text{m}^3$$

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

مثال ۳: اگر چگالی الکل $0/8 \text{ g}/\text{cm}^3$ باشد. جرم $0/2\text{L}$ الکل چند گرم است؟

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

$$\rho = 0/8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \quad V = 0/2\text{L} = 0/2 \times 10^3 \text{cm}^3, \quad m = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 0/8 \times 0/2 \times 10^3 = 160\text{g}$$

مثال ۴: چگالی مایع A، $\frac{4}{5}$ چگالی مایع B است. اگر حجم ۸kg از مایع A برابر ۱۰L باشد. حجم ۵kg از B چند لیتر است؟

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

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

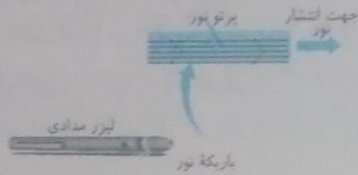
فعالیت ۱-۱

افزون 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 سائتریفیوژ در غنی‌سازی اورانیوم ۲- دستگاه‌های کنترل سرعت در بزرگراه‌ها ۳- کاربرد فناوری‌های نانو در تولید آبرساناها ۴- طراحی و ساخت انواع رم (Ram) و حافظه‌های جانبی رایانه.

۶

پرسش ۱-۱

شکل الف براساس 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 به‌کار رفته است. (شکل ب)

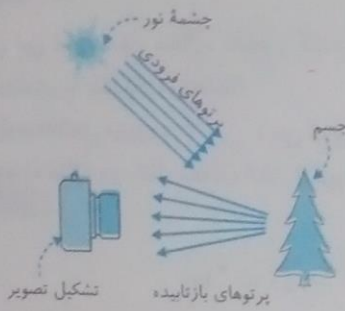


شکل الف

پرتوی نور، نازک‌ترین باریکه نوری که بتوان تصور کرد، پرتوی نور می‌گویند. 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 بر روی فیلم عکاسی منتقل می‌کند.



شکل ب

۸

فیزیک ۱

۸

پرسش ۲-۱

اگر مطابق شکل روبه‌رو، یکای طول را به صورت فاصله نوک بینی تا نوک انگشتان دست کشیده شده بگیریم، چه مزایا و معایبی دارد؟
مزایا: همواره و در همه جا در دسترس است.
معایب: مقدار این یکا ثابت نبوده و از فردی به فرد دیگر تغییر می‌کند.



۸

فعالیت ۲-۱

ذرع و فرسنگ از جمله یکاهای قدیمی ایرانی برای طول است. هر ذرع ۱۰۴ سانتی‌متر و هر فرسنگ ۶۰۰۰ ذرع است. قشم، بزرگ‌ترین جزیره خلیج فارس است که مساحت آن از بیش از بیست کشور جهان بزرگ‌تر است. طول این جزیره حدود ۱۲۰ کیلومتر برآورد شده است. این طول را برحسب ذرع و فرسنگ بیان کنید.

ابتدا طول جزیره را به متر و سپس به سانتی‌متر تبدیل می‌کنیم. (هر کیلومتر برابر ۱۰۰۰ متر و هر متر برابر ۱۰۰ سانتی‌متر است.)
 $120 \text{ km} \times 1000 = 120000 \text{ m}$ و $120000 \text{ m} \times 100 = 12000000 \text{ cm}$
 ذرع $12000000 \text{ cm} \div 104 = 115384 / 615$ و فرسنگ $115384 / 615 \div 6000 = 19 / 231$

تمرین ۱-۱

الف) یکای نجومی برابر میانگین فاصله زمین تا سطح خورشید است ($1 \text{ AU} = 1/50 \times 10^{11} \text{ m}$). فاصله زمین منظومه شمسی تا نزدیکترین ستاره بعد از خورشید، بر حسب یکای نجومی چقدر است؟

مطابق جدول ۱-۳ فاصله منظومه شمسی تا نزدیکترین ستاره $4 \times 10^{16} \text{ m}$ است. اگر این فاصله را بر یکای نجومی تقسیم کنیم فاصله منظومه شمسی تا نزدیکترین ستاره به دست می‌آید:

$$\frac{4 \times 10^{16}}{1/50 \times 10^{11}} = 2/6 \times 10^5 \text{ AU}$$

ب) مسافتی را که نور در مدت یک سال در خلأ می‌پیماید یک سال نوری می‌نامند و آن را با نماد ly نمایش می‌دهند. 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 $1/000 \times 10^{26}$ متر برآورد شده است. این فاصله را بر حسب سال نوری بیان کنید. تندی نور را در خلأ $3/00 \times 10^8$ متر بر ثانیه در نظر بگیرید.

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

$$1 \text{ ly} = 9 \times 10^{15} \text{ m}$$

$$\frac{1 \times 10^{26}}{9 \times 10^{15}} = \frac{1}{9} \times 10^{11} = 0/1 \times 10^{11} \text{ ly}$$

فعالیت ۳-۱

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

۱ خروار = ۱۰۰ من تبریز
 ۱ من تبریز = ۴۰ سیر = ۶۴۰ مثقال
 ۱ مثقال = ۲۴ نخود = ۹۶ گندم

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

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

$$1 \text{ مثقال} = \frac{1}{96} \times 96 \text{ گندم} = \frac{1}{96} \times 4/86 = 0/05 \text{ g} = 0/05 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$1 \text{ مثقال} = \frac{1}{24} \times 24 \text{ نخود} = \frac{1}{24} \times 4/86 = 0/2 \text{ g} = 0/2 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$1 \text{ مثقال} = \frac{640}{40} \times 1 \text{ سیر} = 16 \times 4/86 = 77/8 \text{ g} = 77/8 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$1 \text{ من} = 100 \times 3110/4 \text{ g} = 3110/4 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$1 \text{ خروار} = 100 \times 3110/4 \text{ g} = 31104 \text{ g} = 31104 \times 10^{-3} = 31/10 \text{ kg}$$

فعالیت ۴-۱

در خصوص چگونگی اندازه‌گیری زمان از دوران باستان تا عصر حاضر مطالبی را به طور مستند تهیه کنید. مطالب تهیه شده را با توجه به مهارت و علاقه‌مندی افراد گروه خود، به یکی از شکل‌های روزنامه دیواری، پاورپوینت، قطعه فیلم کوتاه و ... به کلاس درس ارائه دهید.

انسان‌ها در گذشته جهت انجام امور کشاورزی، تعیین دستمزد و ... نیاز به اندازه‌گیری زمان داشتند که استفاده از خورشید، ماه و آب از جمله ابزارهای قدیمی سنجش زمان بوده است. آریایی‌ها و زرتشتیان شبانه‌روز را بر مبنای پنج‌گانه شامل برآمدن آفتاب تا نیمروز، نیمروز تا ۳ ساعت پس از نیمروز، از ۳ ساعت پیشین تا فرود آمدن آفتاب، از فرورفتن آفتاب و پیدا شدن ستاره شامگاهی در آسمان تا نیمه شب و از نیمه شب تا برآمدن آفتاب تقسیم می‌کردند. شیوه دیگر تقسیم شبانه‌روز به ۲۴ ساعت یا پاس بود. در برخی موارد نیز از سایه خورشید یا استفاده از ستون‌ها و یا دیوارها زمان را تعیین می‌کردند. از جمله ابزارهای اندازه‌گیری زمان ساعت‌های آبی، ساعت‌های آفتابی، ساعت‌های شنی یا ماسه‌ای بودند. با پیشرفت علم و دانش بشری به تدریج ساعت‌های دقیق‌تر مکانیکی، ورنه‌ای، فنردار، برقی، باتری‌دار، کامپیوتری، و ... جای ساعت‌های قدیمی را گرفت. به خصوص از زمان استفاده انسان از فنر، جهت راه انداختن چرخ‌دنده‌ها، سنجش دقیق‌تر زمان امکان‌پذیر گردید. در اوایل قرن ۱۶ اولین ساعت مچی آهنی توسط یک آلمانی ساخته شد. بعدها با استفاده از فنر و چرخ‌دنده‌های بسیار ریز امکان ساختن ساعت‌های مچی ظریف به وجود آمد. اولین ساعت‌های مچی شبیه ساعت‌های امروزی در کشور سوئیس ساخته شد. تکنولوژی‌های امروزی، انسان را قادر ساخته است

ساعت‌های بسیار دقیق کامپیوتری و حتی اتمی را بسازد که از جمله آنها ساعت‌های بلور کوارتز است که بر اساس تداوم ارتعاشات بلور کوارتز به طریق الکتریکی کار می‌کند. خطای بهترین نوع این ساعت‌ها ۰/۰۲۵ در سال است. نوعی ساعت اتمی نیز ساخته شده است که بر اساس بسامد مشخص ایزوتوپ سزیم (^{133}Cs) کار می‌کند و دقت آن $\frac{1}{10^{12}}$ است، یعنی دو ساعت سزیم که با این دقت کار می‌کنند بعد از ۶۰۰۰ سال بیش از ۱۵ اختلاف نخواهند داشت. (اطلاعات تکمیلی را می‌توانید با مراجعه به سایت ویکی‌پدیا به آدرس <https://fa.wikipedia.org> و جستجوی «تاریخ ابزارهای زمان» کسب کنید).

۱۱

تمرین ۱-۲

در فیزیک، تغییر هر کمیت را نسبت به زمان، معمولاً آهنگ آن کمیت می‌نامیم. از شلنگ شکل روبه‌رو، 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 ۱۰۰۰ سانتی‌متر مکعب است.)

$$125 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = (125 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}})(1)(1) = (125 \frac{\text{cm}^3}{\cancel{\text{cm}^3}})(\frac{60 \cancel{\text{min}}}{1 \text{ min}})(\frac{1 \text{ L}}{1000 \cancel{\text{cm}^3}}) = 7.5 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

۱۳

پرسش ۱-۳

کدام گزینه جرم یک زنبور عسل (0.00015 kg) را به صورت نمادگذاری علمی درست بیان می‌کند؟

$15 \times 10^{-5} \text{ kg}$ $1.5 \times 10^{-4} \text{ kg}$ $0.15 \times 10^{-3} \text{ kg}$

جرم زنبور عسل بانماگذاری علمی به صورت $1.5 \times 10^{-4} \text{ kg}$ است.

۱۳

تمرین ۱-۳

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

قطر میانگین یک گلبول (گویچه) قرمز:

$$7.0 \times 10^{-6} \text{ m} = (7.0 \times 10^{-6} \text{ m})(1) = (7.0 \times 10^{-6} \cancel{\text{m}})(\frac{1000 \text{ mm}}{1 \cancel{\text{m}}}) = 7.0 \times 10^{-6} \times 10^3 \text{ mm} = 7 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$7.0 \times 10^{-6} \text{ m} = (7.0 \times 10^{-6} \text{ m})(1) = (7.0 \times 10^{-6} \cancel{\text{m}})(\frac{1 \mu\text{m}}{1 \cancel{\text{m}}}) = 7 \mu\text{m}$$

قطر هسته اتم اورانیوم:

$$1.75 \times 10^{-14} \text{ m} = (1.75 \times 10^{-14} \text{ m})(1) = (1.75 \times 10^{-14} \cancel{\text{m}})(\frac{1 \text{ pm}}{10^{-12} \cancel{\text{m}}}) = 1.75 \times 10^{-2} \text{ pm}$$

$$1.75 \times 10^{-14} \text{ m} = (1.75 \times 10^{-14} \text{ m})(1) = (1.75 \times 10^{-14} \cancel{\text{m}})(\frac{1 \text{ fm}}{10^{-15} \cancel{\text{m}}}) = 1.75 \times 10 \text{ fm} = 17.5 \text{ fm}$$

جرم یک گیره کاغذ:

$$1.0 \times 10^{-4} \text{ kg} = (1.0 \times 10^{-4} \text{ kg})(1) = (1.0 \times 10^{-4} \cancel{\text{kg}})(\frac{1000 \text{ g}}{1 \cancel{\text{kg}}}) = 1 \times 10^{-1} \text{ g}$$

$$1.0 \times 10^{-4} \text{ kg} = (1.0 \times 10^{-4} \text{ kg})(1)(1) = (1.0 \times 10^{-4} \cancel{\text{kg}})(\frac{1000 \cancel{\text{g}}}{1 \cancel{\text{kg}}})(\frac{1 \text{ mg}}{10^{-3} \cancel{\text{g}}}) = 1 \times 10^2 \text{ mg}$$

زمانی که نور مسافت ۰/۳ متر را در هوا طی می‌کند:

$$1.0 \times 10^{-9} \text{ s} = (1.0 \times 10^{-9} \text{ s})(1) = (1.0 \times 10^{-9} \cancel{\text{s}})(\frac{1 \mu\text{s}}{10^{-6} \cancel{\text{s}}}) = 1 \times 10^{-3} \mu\text{s}$$

$$1.0 \times 10^{-9} \text{ s} = (1.0 \times 10^{-9} \text{ s})(1) = (1.0 \times 10^{-9} \cancel{\text{s}})(\frac{1 \text{ ns}}{10^{-9} \cancel{\text{s}}}) = 1 \text{ ns}$$

زمانی که صوت مسافت ۰/۳۵ متر را در هوا طی می کند:

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

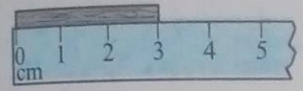
$$= (1 \times 10^{-3} s)(1) = (1 \times 10^{-3} \cancel{g}) \left(\frac{1\mu s}{10^{-6} \cancel{g}} \right) = 1 \times 10^3 \mu s$$

۱۷

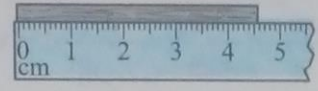
تمرین ۱-۴

۱- در هر یک از شکل های (الف) تا (پ)، طول جسم را چقدر گزارش می کنید؟ در گزارش خود، هم عدد غیر قطعی و هم خطای وسیله را مشخص کنید.

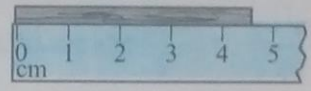
- الف) طول جسم $4.5 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$ ، عدد غیر قطعی ۵، خطای وسیله $0.5 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$
- ب) طول جسم $4.5 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ ، عدد غیر قطعی ۷، خطای وسیله $0.5 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$
- پ) طول جسم $3.0 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$ ، عدد غیر قطعی ۰، خطای وسیله $0.5 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$



(پ)

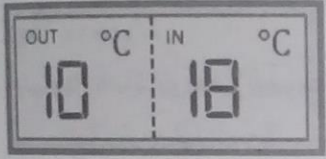


(ب)



(الف)

۲- شکل روبه رو یک دماسنج رقمی را نشان می دهد که دمای خارج و داخل گلخانه ای را به ترتیب 10°C و 18°C می خواند. عدد غیر قطعی و خطای دماسنج را مشخص کنید.



در دمای داخل عدد غیر قطعی ۸ و در دمای خارج عدد غیر قطعی صفر است. خطای این دماسنج $1^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$ است.

۳- نتیجه اندازه گیری توسط دماسنج شکل ۱-۱۲ را به همراه خطای آن بنویسید. نتیجه اندازه گیری این دماسنج 27°C و خطای آن $5^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$ است.

۱۷

فعالیت ۱-۵

در بسیاری از کارگاه های صنعتی مانند تراشکاری ها، اندازه گیری طول با ابزارهای دقیق تر از خط کش میلی متری انجام می شود. این ابزارها، کولیس و ریزسنج نام دارند که اجزای اصلی آنها در شکل های الف و ب نشان داده شده است...

نحوه کار کردن با کولیس را معلم به شما توضیح می دهد. موارد قابل اندازه گیری توسط کولیس عبارتند از:

- ضخامت میز کلاس، ضخامت یک کتاب، قطر داخلی یک لوله، قطر خارجی یک گوی شیشه ای
- $16/23 \text{ mm}$ 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 شیشه ای

شرح کار با کولیس: جسم را بین شاخک های ثابت و متحرک طوری قرار می دهیم که هر دو شاخک با بدنه جسم تماس داشته باشد. سپس درجات را از روی خط کش (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 می کنیم که درست برابر یکی از درجات خط کش قرار گرفته است. موارد قابل اندازه گیری توسط ریزسنج عبارتند از:

- ضخامت یک برگ کاغذ، ضخامت یک تکه مقوا، ضخامت یک خط کش 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 خط کش فلزی
- $7/73 \text{ mm}$ قطر خارجی یک لوله خودکار

شرح کار با ریزسنج: خط کش ریزسنج دارای خطی افقی است که تقسیم بندی بالای این خط فاصله های ۱mm و تقسیم بندی زیر خط فاصله های ۰/۵ mm را مشخص می کند. استوانه مدرج چرخانی نیز روی خط حرکت کرده و بر روی آن از صفر تا ۵۰ تقسیم بندی شده است. برای خواندن عدد، آخرین درجه خط کش اندازه اصلی ما بر حسب mm است. مقادیر کمتر از mm اندازه گیری 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 اندازه گیری کرد.
اندازه گیری جرم یک قطره آب: ظرفی را بر روی ترازوی دیجیتال قرار داده و ترازو را در وضعیت صفر قرار می دهیم. با قطره چکان آن قدر قطرات آب را در ظرف می چکانیم 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 می آید.

اندازه گیری 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 می کنیم 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 می آید. (به جای سرنگ از قطره چکان درجه بندی شده نیز می توان استفاده کرد.)

ب) تکه ای سیم لاکه نازک یا نخ قرقره به طول تقریبی یک متر تهیه کنید. آزمایش طراحی و اجرا کنید که به کمک یک خط کش میلی متری بتوان قطر این سیم یا نخ را اندازه گیری کرد.

سیم را با دقت به دور یک لوله باریک (مثل لوله خودکار) طوری می پیچیم که دوره های سیم در کنار هم قرار گیرند. اگر ضخامت سیم پیچیده شده را با خط کش اندازه گیری کرده و بر تعداد دوره های سیم تقسیم کنیم قطر سیم به دست می آید.

تمرین ۵-۱

۲۱

الف) تخمین بزنید در هر شبانه روز چند لیتر بخار بنزین وارد هوای شهر تهران می شود. چون تبخیر سطحی بنزین بالاست، در مخازن بنزین همواره بخار بنزین وجود دارد. از آنجا که با وارد شدن هر مقدار بنزین به یک مخزن به همان مقدار بخار بنزین از مخزن خارج می شود، با کمی دقت در فرایند پخش درمی یابیم برای اینکه یک لیتر بنزین به دست مصرف کننده برسد سه 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 بنزین، ۳ لیتر بخار بنزین وارد هوا می شود. اگر میانگین مصرف بنزین شهر تهران را ۸۱ میلیون لیتر در روز فرض کنیم، در هر شبانه روز ۲۴ میلیون لیتر $10^7 \sim 10^6 \times 10^6 \times 10^6 \sim 10^6 \times 10^6 \times 10^6 \sim 2/4 \times 10^6 \times 10^6 \times 10^6$ (۲۴ × ۱۰^۶) بخار بنزین وارد هوای شهر تهران می شود.

ب) تحقیق کنید در کشورهای دوستدار محیط زیست، چه تدابیری می اندیشند تا این بخار، که برای محیط زیست و همچنین سلامتی انسان ها بسیار مضر است، وارد هوا نشود.

۱- بخار بنزین خارج شده در زمان جابه جایی ها را جمع آوری کرده و دوباره استحصال (بازیافت) می کنند.

۲- با وسایل و تجهیزات کافی محل اتصال مسیرهای انتقال بنزین را پوشش می دهند.

تمرین ۶-۱

۲۲

یکی دیگر از یکاهای متداول چگالی، گرم بر سانتی متر مکعب (g/cm^3) است. به روش تبدیل زنجیره ای نشان دهید:

$$1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g} \\ 1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3 \end{array} \right. \Rightarrow 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = (1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) (1)(1) = (1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) (\frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3}) (\frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}})$$

$$= 10^3 \times 10^3 \times 10^{-6} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

۲۲

پرسش ۴-۱

چگالی بنزین $6/80 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ است. توضیح دهید چرا آب مایع مناسبی برای خاموش کردن بنزین شعله ور نیست.

چون چگالی بنزین $(6/80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$ کمتر از چگالی آب $(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$ است، بنزین بر روی سطح آب قرار گرفته و همچنان شعله ور باقی می ماند.

تمرین ۱-۷

جرم خون در گردش یک فرد بالغ با توجه به جرمش، می‌تواند بین $4/70L$ تا $5/50L$ باشد. جرم $4/70L$ خون چند کیلوگرم است؟ چگالی خون را $1/05 g/cm^3$ بگیرید.

$$V = 4/70L = 4/70 \times 10^3 cm^3, \rho = 1/05 \frac{g}{cm^3}, m = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 1/05 \times 4/70 \times 10^3 = 4/93 \times 10^3 g = 4/93 kg \rightarrow m = 4/93 kg$$

۲۳

تمرین ۱-۸

جرم و وزن تقریبی هوای درون کلاستان را پیدا کنید.

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

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

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

جرم هوای کلاس:

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

وزن هوای کلاس:

۲۳

فعالیت ۱-۷

اگر پرتقالی را درون ظرف محتوی آب بیندازیم پیش بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را انجام دهید (شکل الف) و نتیجه مشاهده خود را با توجه به مفهوم چگالی توضیح دهید. پرتقال بر روی سطح آب قرار می‌گیرد، چون چگالی آن کمتر از چگالی آب است.



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

پرتقال پوست کنده داخل آب فرو می‌رود، چون چگالی آن بیشتر از چگالی آب است.

در آزمایش (الف) پرتقال جرم بیشتری دارد و اصطلاحاً سنگین تر است. آیا سنگین تر بودن یک جسم دلیلی بر فرورفتن آن در آب است؟ توضیح دهید. خیر، برای فرورفتن جسم در آب باید چگالی جسم بیشتر از چگالی آب باشد. در قسمت الف هم جرم و هم حجم پرتقال 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

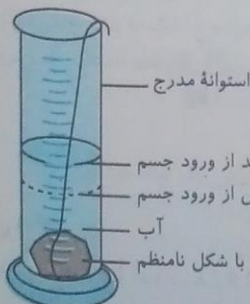
$$\text{اول افزایش می‌یابد: } (\uparrow \rho = \frac{m}{V} \downarrow)$$

۲۳

فعالیت ۱-۸

الف) جرم و حجم تعدادی جسم جامد را اندازه بگیرید. در صورتی که شکل جسم‌ها منظم باشد، ابعاد آنها را به کمک کولیس یا ریزسنج اندازه بگیرید. اگر جسم جامد شکل نامنظمی داشته باشد، از روشی که در شکل روبه‌رو نشان داده شده است حجم آن را اندازه بگیرید.

اگر جسم شکل نامنظمی داشته باشد برای اندازه‌گیری 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.



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

نوع جسم	جرم	حجم
یک عدد سیب	0/125kg	400 cm ³
قوطی کبریت خالی	0/025kg	27 cm ³
یک عدد پاک کن	0/030kg	11 cm ³
کلید	0/020kg	4 cm ³

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

نوع مایع	جرم	حجم	چگالی
شیر	2/1g	2 cm ³	1050 $\frac{kg}{m^3}$
روغن مایع	1/8g	2 cm ³	900 $\frac{kg}{m^3}$
مایع ظرفشویی	1/7g	2 cm ³	950 $\frac{kg}{m^3}$

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.

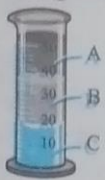
۲۵

فیزیک ۱

۲۳

پرسش ۱-۵

سه مایع مخلوط‌نشده A، B و C که چگالی‌های متفاوتی دارند درون استوانه‌ای شیشه‌ای ریخته شده‌اند. این سه مایع عبارت‌اند از: جیوه (با چگالی $13/6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)، روغن زیتون (با چگالی $9/20 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$) و آب (با چگالی $1/00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) است. جنس هر یک از مایع‌های A، B و C درون استوانه را مشخص کنید.

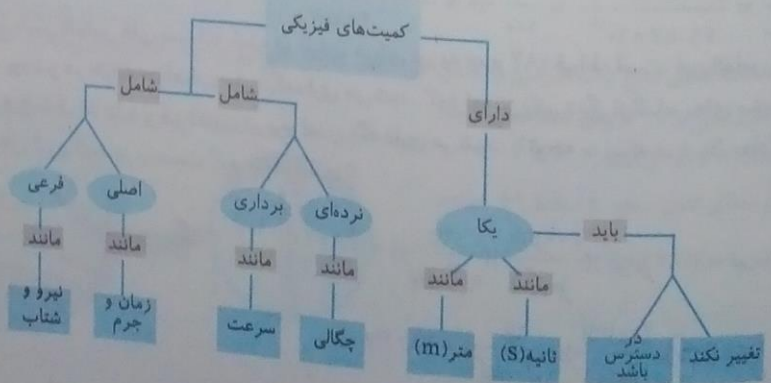


- C: جیوه - چون چگالی جیوه از همه بیشتر است پایین‌تر از بقیه قرار می‌گیرد.
- B: آب - چون چگالی آب از روغن بیشتر است پایین‌تر از روغن قرار می‌گیرد.
- A: روغن - چون چگالی روغن از همه کمتر است بالاتر از سایر مایعات قرار می‌گیرد.

۲۵

پرسش‌ها و مسئله‌ها

- 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.
- فرآیند مدل‌سازی در فیزیک را با ذکر یک مثال توضیح دهید. در بررسی حرکت اجسام در قرقوه‌ها 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.
- نقشه مفهومی زیر را کامل کنید.



۴- سعی کنید با نگاه کردن، طول برخی از اجسامی را که در محیط اطرافتان هستند، بر حسب سانتی متر یا متر برآورد کنید. سپس طول آنها را با خط کش یا متر اندازه بگیرید. برآوردهای شما تا چه حد درست بوده اند؟ دقت در برآورد امری تجربی است و به ندرت می توان طول دقیق یک جسم را به درستی برآورد کرد.

مورد اندازه گیری	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 ته گرد را چگونه می توان با یک ترازوی آشپزخانه اندازه گیری کرد؟ تعداد معینی سوزن را بر روی ترازو قرار داده و جرم آنها را اندازه گیری می کنیم. اگر این جرم را بر تعداد سوزن ها تقسیم کنیم، جرم هر سوزن مشخص می شود.

۶- گالیلو در برخی از کارهایش از ضربان نبض خود به عنوان زمان سنج استفاده کرد. شما نیز چند پدیده تکرار شونده در طبیعت را نام ببرید که می توانند به عنوان ابزار اندازه گیری 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.

۷- الف) هر میکروقرن، تقریباً چند دقیقه است؟ $\left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}\right) \left(\frac{1 \text{ day}}{24 \text{ h}}\right) \left(\frac{1 \text{ year}}{365 \text{ day}}\right) \left(\frac{1 \text{ year}}{10^6 \text{ year}}\right) = (\text{میکروقرن}) = 1 \text{ میکروقرن}$

$$= 1 \times 10^6 \times 365 \times 24 \times 60 (\mu \text{ min}) = 52560000 \times 10^{-6} \text{ min} = 52 / 56 \text{ min}$$

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

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

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

الف) اگر زمین را کره ای یکنواخت به شعاع ۶۴۰۰ کیلومتر در نظر بگیریم (شکل روبه رو)، مساحت آن چند هکتار است؟

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

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

اگر مساحت بر حسب مترمربع را بر ۱۰۰۰۰ تقسیم کنیم، مساحت زمین بر حسب هکتار به دست می آید:

$$49152 \times 10^{10} \text{ m}^2 = (49152 \times 10^{10} \text{ m}^2) \left(\frac{1 \text{ هکتار}}{10^4 \text{ m}^2}\right) = 49152 \times 10^6 \text{ هکتار}$$

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

$$1648195 \text{ km}^2 = 1648195 \times 10^6 \text{ m}^2 = (1648195 \times 10^6 \text{ m}^2) \left(\frac{1 \text{ هکتار}}{10^4 \text{ m}^2}\right) \\ = 1648195 \times 10^2 \text{ هکتار}$$

$$\frac{\text{مساحت ایران}}{\text{مساحت کره زمین}} = \frac{1648195 \times 10^6}{49152 \times 10^{10}} = \frac{x}{100} \rightarrow x = \frac{1648195 \times 10^6 \times 100}{49152 \times 10^{10}} = 33 \times 10^{-2} = 0 / 33 \text{ درصد}$$

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

$$\left(\frac{200 \text{ mg}}{1 \text{ قیراط}}\right) \left(\frac{1 \text{ g}}{10^3 \text{ mg}}\right) = 36 / 4 \text{ g}$$

$$108 = (108 \text{ قیراط}) \left(\frac{200 \text{ mg}}{1 \text{ قیراط}}\right) \left(\frac{1 \text{ g}}{10^3 \text{ mg}}\right) = 21 / 6 \text{ g}$$

۱۰- سریع‌ترین رشد گیاه متعلق به گیاهی موسوم به هسپروئیکا است که در مدت ۱۴ روز، $3/7$ متر رشد می‌کند (شکل روبه‌رو). آهنگ رشد این گیاه برحسب میکرومتر بر ثانیه چقدر است؟ چون آهنگ رشد برحسب میکرومتر بر ثانیه خواسته شده است، بنابراین باید مقدار رشد را برحسب میکرومتر و زمان را برحسب ثانیه محاسبه کنیم.

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

هر روز 86400 s است.

$$\text{زمان} = 14 \text{ روز} = 14 \times 86400 = 1209600 \text{ s}$$

$$\text{آهنگ رشد} = \frac{\text{مقدار رشد}}{\text{زمان}} = \frac{3/7 \times 10^6}{1209600} = 3/06 \mu\text{m/s}$$

۱۱- دستگاه بریتانیایی یکاها، دستگاهی است که در برخی از کشورها مانند آمریکا و انگلستان همچنان استفاده می‌شود. 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 هواپیمایی را که در فاصله 30000 پا از سطح آزاد دریاها در حال پرواز است برحسب متر به دست آورید. هر اینچ $2/540$ سانتی‌متر است.

$$30000 \text{ ft} = (30000 \text{ ft}) \left(\frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} \right) \left(\frac{2/540 \text{ cm}}{1 \text{ in}} \right) \left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right) = 9144 \text{ m}$$

۱۲- قدیمی‌ترین سنگ نوشته حقوق بشر که تاکنون یافت شده است به حدود ۲۵۵۰ سال پیش بازمی‌گردد که به فرمان کوروش، پادشاه ایران در دوره هخامنشیان نوشته شده است. مرتبه بزرگی سن این سنگ نوشته برحسب ثانیه چقدر است؟
سال 10^3 - سال 10^2 - سال $10^3 \times 10^2$ - سال $2/550 \times 10^3 = 2550$ سال: تخمین مرتبه بزرگی قدمت

$$10^3 \times 10^2 = 10^5 \text{ s} \Rightarrow 10^5 \text{ s} - 10^7 \text{ s} - 3 \times 10^7 \text{ s}: \text{تخمین مرتبه بزرگی یک سال}$$

۱۳- تندی شناورها در دریا برحسب یکایی به نام گره بیان می‌شود. هر گره دریایی برابر $0/5144$ 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 برحسب کیلومتر بر ساعت به دست آورید.

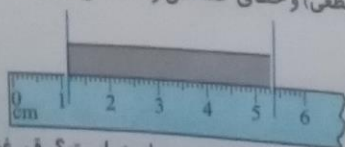
$$\text{تندی کشتی برحسب m/s} = 14 \text{ گره} = (14 \text{ گره}) \left(\frac{0/5144 \text{ m/s}}{1 \text{ گره}} \right) = 7/2016 \text{ m/s}$$

$$\text{تندی کشتی برحسب km/h} = 7/2016 \text{ m/s} = (7/2016 \text{ m/s}) \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \right) \left(\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \right) = 25/93 \text{ km/h}$$

ب) مایل، یکی دیگر از یکاهای متداول طول در دستگاه بریتانیایی است. یک مایل دریایی برابر 1852 متر است. تندی کشتی قسمت الف) را برحسب مایل بر ساعت به دست آورید.

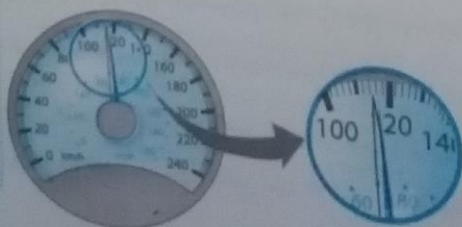
$$7/2016 \text{ m/s} = (7/2016 \text{ m/s}) \left(\frac{1 \text{ mile}}{1852 \text{ m}} \right) \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \right) = 14 \text{ mile/h}$$

۱۴- دانش‌آموزی برای اندازه‌گیری طول میله‌ای به کمک یک خط‌کش میلی‌متری، مطابق شکل زیر عمل کرده است. طول میله را برحسب میلی‌متر، سانتی‌متر و متر گزارش کنید. در گزارش خود رقم حدسی (غیرقطعی) و خطای خط‌کش را مشخص کنید.



رقم غیرقطعی ۳ و خطای خط‌کش $0/5 \text{ mm}$ است.

۱۵- شکل زیر، صفحه تندی سنج یک خودرو را نشان می‌دهد. تندی خودرو را چند کیلومتر بر ساعت است؟ رقم غیر



قطعی و خطای تندی سنج را در گزارش مشخص کنید.

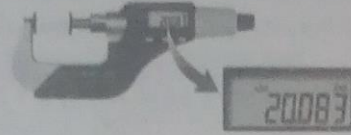
تندی خودرو $(140 \pm 1) \text{ km/h}$ است.

رقم غیرقطعی ۵ و خطای تندی سنج 1 km/h است.

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



(ب)



(الف)

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

۱۷- 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:

$$x = \frac{15}{60} = 0.25 = 2/5 \times 10^{-1} \sim 10^0 \times 10^{-1} \times 10^{-1} \text{ تنفس}$$

$$10^2 \text{ year} \sim 10^1 \times 10^1 \sim 10^1 \times 10^1 \times 10^1 = 75 \text{ سال} = \text{میانگین طول عمر انسان}$$

$$10^7 \text{ s} \sim 10^0 \times 10^7 \sim 10^7 \text{ s} = \text{یک سال}$$

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

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

(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:

$$x = \frac{30}{60} = 0.5 = 5 \times 10^{-1} \sim 10^0 \times 10^{-1} \sim 10^0$$

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

$$N = 10^9 \text{ پلک} \sim 10^2 \times 10^7 \times 10^0 \sim 10^2 \times 10^7 \times \left(\frac{10^0 \text{ پلک}}{1 \text{ s}}\right) \left(\frac{10^7 \text{ s}}{1 \text{ year}}\right) \sim 10^9 \text{ پلک}$$

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

$$V = 1/32 \times 10^{12} \text{ m}^3 \sim 10^0 \times 10^{12} \sim 10^{12} \text{ m}^3 \text{ مرتبه بزرگی حجم آب اقیانوس‌ها} \quad \rho_{\text{آب}} = 1050 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{\text{آب}} = 1050 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1/050 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \sim 10^0 \times 10^3 \sim 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ مرتبه بزرگی چگالی آب}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 10^3 \times 10^{12} = 10^{15} \text{ kg} \text{ مرتبه بزرگی جرم آب اقیانوس‌ها}$$

۱۹- (الف) قطعه‌ای فلزی به شما داده شده است و ادعا می‌شود که از طلاي 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 ۸-۱ (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 طلاي خالص ($\rho = 19320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) مقایسه می‌کنیم. اگر هر دو

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

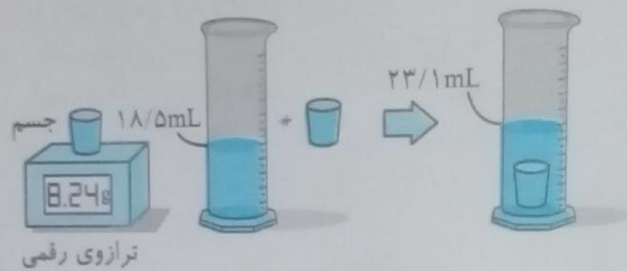
ب) بزرگ‌ترین شمش طلا با حجم $1/573 \times 10^4 \text{ cm}^3$ و جرم $250/0 \text{ kg}$ توسط یک شرکت زاپس ساخته شده است (شکل روبه‌رو). چگالی این شمش طلا را به دست آورید.

$$m = 250/0 \text{ kg}, \quad V = 1/573 \times 10^4 \text{ cm}^3 = 1/573 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho = \frac{250/0 \text{ kg}}{1/573 \times 10^{-2} \text{ m}^3} = 15893 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

ب) نتیجه به دست آمده در قسمت (ب) را با چگالی طلا در جدول ۸-۱ مقایسه کنید و دلیل تفاوت این دو عدد را بیان کنید. اطلاعات جدول ۸-۱، چگالی طلا در دمای 0°C و فشار یک اتمسفر را نشان 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.

۲۰- 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 g/L و g/cm^3 حساب کنید.



برای محاسبه چگالی جسم بر حسب g/L باید جرم جسم بر حسب گرم و حجم جسم بر حسب لیتر باشد بنابراین:

$$m = 8/24 \text{ g}, \quad V = (23/1 - 18/5) \text{ mL} = (4/6) \text{ mL} = \left(\frac{10^{-3} \text{ L}}{1000}\right) = 4/6 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{8/24 \text{ g}}{4/6 \times 10^{-3} \text{ L}} = 1/79 \times 10^3 \text{ g/L}$$

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

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

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{8/24 \text{ g}}{4/6 \text{ cm}^3} = 1/79 \text{ g/cm}^3$$

۲۱- الف) ستاره‌های کوتوله سفید بسیار چگال هستند و چگالی آنها در SI حدود 100 میلیون است. اگر شما یک قوطی کبریت از ماده تشکیل دهنده این ستاره‌ها در اختیار داشتید، جرم آن چند کیلوگرم می‌شد؟ ابعاد و حجم قوطی کبریت را خودتان تخمین بزنید!

ابعاد قوطی کبریت را $5/3$ و $1/5$ سانتی متر فرض می‌کنیم:

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

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

ب) اگر جمعیت کره زمین 7 میلیارد نفر، جرم میانگین هر نفر 60 کیلوگرم و ماده تشکیل دهنده انسان‌ها از جنس ستاره‌های کوتوله سفید فرض شود (فرض نامسکن است)، ابعاد یک اتاق چقدر باشد تا همه انسان‌ها در آن جای گیرند؟

$$\rho = 100 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad m = 7 \times 10^9 \times 60 = 420 \times 10^9 = 42 \times 10^{10} \text{ kg}, \quad V = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{42 \times 10^{10}}{100 \times 10^6} = \frac{42 \times 10^{10}}{10^8} = 4200 \text{ m}^3$$

حجم اتاق \rightarrow ابعاد اتاق : $3 \times 14 \times 100$

ارزشیابی مستمر

- ۱- جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب پر کنید. (۵/۵ نمره)
 الف) نادیده گرفتن اثرات جزئی و بررسی موارد مهم و تعیین‌کننده پدیده‌های فیزیکی را
 ب) کمیت‌هایی که برای آنها یکای استاندارد تعریف شده است، کمیت می‌گویند.
- ۲- گزینه درست را مشخص کنید. (۵/۵)
 الف) انرژی و دما کمیت‌هایی هستند.
 ب) فرعی
 ج) عددی (اسکالر)
 د) برداری
- ب) کدام یک از عوامل زیر مؤثر بر دقت اندازه‌گیری نیست؟
 الف) تعداد دفعات اندازه‌گیری
 ب) حساسیت اولیه
 ج) مهارت شخص
 د) مدت زمان اندازه‌گیری
- ۳- عبارات‌های مناسب را به یکدیگر وصل کنید. (۵/۵)
 ضرب پیشوند اگزا عدد ۲۰۰۰ به صورت نماد علمی
 2×10^3
 10^{-21}
 0.2×10^2
 10^{18}
- ۴- مفاهیم زیر را تعریف کنید. (۱)
 الف) کمیت برداری
 ب) چگالی
- ۵- $0.001 \mu s$ چند آتوانیه است؟ (۵/۵)
- ۶- اعداد زیر را با نماد گذاری علمی و بر حسب یکاهای خواسته شده بنویسید. (۱)
 الف) $0.05 \times 10^{-10} Ts = \dots \dots \dots ns$
 ب) $2456 \times 10^{-5} Zm = \dots \dots \dots km$
- ۷- مرتبه بزرگی اعداد زیر را تخمین بزنید: (۱)
 الف) $145/6$
 ب) $0/175$
- ۸- در شهری با مساحت 250 کیلومتر مربع در یک روز بارانی 8 میلی‌متر باران باریده است. اگر هر قطره باران به صورت کره‌ای به شعاع $0.5 mm$ فرض کنیم، مرتبه بزرگی تعداد قطره‌های بارانی 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 1700 کیلومتر در نظر بگیریم، مساحت آن چند هکتار است؟ (حاصل را با نماد گذاری علمی بنویسید). (۵/۷۵)
- ۱۰- فلزی به چگالی $2/7 g/cm^3$ به طور کامل در ظرفی پر از الکل به چگالی $0.8 g/cm^3$ فرو می‌رود و به اندازه $160g$ الکل از ظرف بیرون می‌ریزد. جرم قطعه فلز چقدر است؟ (سراسری ریاضی - ۹۳) (۱)
- ۱۱- حجم یک قطعه طلا به جرم 38 گرم چند سانتی‌متر مکعب است؟ $(\rho_{طلا} = 19000 \frac{kg}{m^3})$ (۵/۷۵)
- ۱۲- گیاه ذرت در مدت 60 روز به اندازه $10.8cm$ رشد می‌کند. آهنگ رشد این گیاه بر حسب نانومتر بر ثانیه چقدر است؟ (هر روز برابر $9 \times 10^4 s$ است). (۱)

پاسخ ارزشیابی مستمر

- ۱ الف) مدل‌سازی (۵/۲۵)، ب) اصلی (۵/۲۵) ۲ الف) گزینه (ج) (۵/۲۵) ب) گزینه (د) (۵/۲۵) ۳ ضرب پیشوند اگزا 10^{18} (۵/۲۵) عدد ۲۰۰۰ به صورت نماد علمی 2×10^3 (۵/۲۵) ۴ الف) کمیت‌هایی که علاوه بر عدد و یکا، جهت نیز دارند، کمیت برداری نامیده می‌شوند. (۵/۵) ب) جرم واحد حجم هر جسم را چگالی آن جسم می‌گویند. (۵/۵)
- ۵ $0.001 \mu s \times \frac{10^{-6} s}{1 \mu s} \times \frac{1 as}{10^{-18} s} = 10^{-3} \times 10^{-6} \times 10^{18} as = 10^9 as$ (۵/۲۵)

$$0.005 \times 10^{-10} \text{ Xs} = 0.05 \times 10^{-10} \text{ Xs} \times \frac{10^{12} \cancel{\text{Xs}}}{1 \cancel{\text{Xs}}} \times \frac{1 \text{ ns}}{10^{-9} \cancel{\text{Xs}}}$$

$$= 0.05 \times 10^{-10} \times 10^{12} \times 10^9 \text{ ns} = 5 \times 10^9 \text{ ns} \quad (0/25)$$

$$2456 \times 10^{-5} \text{ Zm} = 2456 \times 10^{-5} \text{ Zm} \times \frac{10^{21} \cancel{\text{m}}}{1 \cancel{\text{Zm}}} \times \frac{1 \text{ km}}{10^3 \cancel{\text{m}}}$$

$$= 2456 \times 10^{-5} \times 10^{21} \times 10^{-3} = 2.456 \times 10^{16} \text{ km} \quad (0/25)$$

$$145/6 = 1/456 \times 10^2 - 10^2 \quad (0/25)$$

$$0.175 = 1/75 \times 10^{-1} - 10^{-1} \quad (0/25)$$

$$\text{مساحت شهر: } A = 250 \text{ km}^2 = (250 \text{ km}^2) \left(\frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right)^2 = (250 \text{ km}^2) \left(\frac{10^6 \text{ m}^2}{1 \text{ km}^2} \right) = 250 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$= 2.5 \times 10^2 \times 10^6 \text{ m}^2 - 10^2 \times 10^2 \times 10^6 \text{ m}^2 - 10^8 \text{ m}^2 \quad (0/25)$$

$$\text{ارتفاع باران: } d = 8 \text{ mm} = (8 \text{ mm}) \left(\frac{10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ mm}} \right) = 8 \times 10^{-3} \text{ m} - 10^1 \times 10^{-3} \text{ m} - 10^{-2} \text{ m} \quad (0/25)$$

$$\text{حجم باران باریده شده: } V_1 = Ad = 10^8 \text{ m}^2 \times 10^{-2} \text{ m} = 10^6 \text{ m}^3 \quad (0/25)$$

$$\text{شعاع یک قطره باران: } r = 0.5 \text{ mm} = (0.5 \text{ mm}) \left(\frac{10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ mm}} \right) = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m} \quad (0/25)$$

$$\text{حجم یک قطره باران: } V_2 = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3.14 \times (0.5 \times 10^{-3})^3 = 0.523 \times 10^{-9} \text{ m}^3$$

$$= 5.23 \times 10^{-1} \times 10^{-9} \text{ m}^3 - 10^1 \times 10^{-1} \times 10^{-9} \text{ m}^3 - 10^{-9} \text{ m}^3 \quad (0/25)$$

برای محاسبه مرتبه بزرگی تعداد قطرات باران باید حجم باران باریده شده را بر حجم یک قطره تقسیم کنیم:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{10^6}{10^{-9}} = 10^6 \times 10^9 = 10^{15} \quad (0/25)$$

$$\text{شعاع ماه: } r = 1700 \text{ km} = 1700 \times 10^3 \text{ m} = 1.7 \times 10^6 \text{ m} \quad (0/25)$$

$$\text{مساحت ماه: } A = 4\pi r^2 = 4 \times 3.14 \times (1.7 \times 10^6)^2 = 36/3 \times 10^{12} \text{ m}^2 \quad (0/25)$$

$$\frac{36/3 \times 10^{12}}{10000} = \frac{36/3 \times 10^{12}}{10^4} = 36/3 \times 10^8 \text{ هکتار} \quad (0/25)$$

مساحت ماه بر حسب هکتار:

$$\rho_{\text{فرد}} = 2/7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \quad m_{\text{فرد}} = ?$$

$$\rho_{\text{کل}} = 0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \quad m_{\text{کل}} = 16 \text{ g}, \quad \rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

$$V_{\text{کل}} = V_{\text{فرد}} \rightarrow \frac{m_{\text{کل}}}{\rho_{\text{کل}}} = \frac{m_{\text{فرد}}}{\rho_{\text{فرد}}} \rightarrow \frac{16}{0.8} = \frac{m_{\text{فرد}}}{2/7} \rightarrow m_{\text{فرد}} = \frac{16 \times 2/7}{0.8} = 54 \text{ g} \rightarrow m_{\text{فرد}} = 54 \text{ g} \quad (0/25)$$

$$\rho_{\text{ماده}} = 19000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad m = 28 \text{ g} = 0.028 \text{ kg}, \quad V = ?, \quad \rho = \frac{m}{V} \quad (0/25) \rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{m}{\rho} = \frac{0.028}{19000} = \frac{28 \times 10^{-3}}{19 \times 10^3} = 2 \times 10^{-2} \times 10^{-7} = 2 \times 10^{-9} \text{ m}^3 = 2 \text{ cm}^3 \quad (0/25)$$

$$\frac{1.08 \text{ cm}}{60} = \frac{\text{cm}}{\text{day}} \left(\frac{1}{1} \right) \left(\frac{\text{cm}}{\text{day}} \right)^{(0/25)} = \left(\frac{1}{1} \right) \left(\frac{\text{cm}}{\text{day}} \right) \left(\frac{10^{-2} \text{ m}}{1 \text{ cm}} \right) \left(\frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}} \right) \left(\frac{1 \text{ day}}{9 \times 10^4 \text{ s}} \right) (0/25)$$

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

کار، انرژی و توان

کلیدواژه

انرژی جنبشی - کار نیروی ثابت - کار و انرژی جنبشی - کار و انرژی پتانسیل (کار و انرژی پتانسیل گرانشی - کار و انرژی پتانسیل کشسانی)
پایستگی انرژی مکانیکی - کار و انرژی درونی - توان

مسئله آموختنی

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:

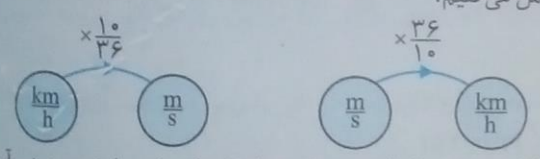
$$K = \frac{1}{2} mv^2$$

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

نکته: انرژی جنبشی کمیتی نرده‌ای 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 $\frac{km}{h}$ به $\frac{m}{s}$ و بالعکس به صورت زیر عمل می‌کنیم:



مثال ۱: جرم موتورسواری به همراه راننده‌اش ۳۰۰kg است. اگر این موتورسوار با تندی ۷۲ km/h حرکت کند. انرژی جنبشی آن چند ژول است؟

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

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

مثال ۲: الکترونی به جرم $9 \times 10^{-31} \text{ kg}$ با تندی $2 \times 10^6 \text{ m/s}$ به دور هسته در گردش است. انرژی جنبشی آن را محاسبه کنید.

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

$$K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-31} \times (2 \times 10^6)^2 = \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-31} \times 4 \times 10^{12} = 18 \times 10^{-19} \text{ J} \Rightarrow K = 1.8 \times 10^{-18} \text{ J}$$

مثال ۳: اگر تندی خودرویی به جرم یک تن در یک سرازیری به ۷۲ km/h به ۱۰۸ km/h برسد. انرژی جنبشی آن چقدر

$$m = 1 \text{ ton} = 1000 \text{ kg}, \quad v_1 = 72 \times \frac{10}{36} = 20 \frac{m}{s}, \quad v_2 = 108 \times \frac{10}{36} = 30 \frac{m}{s}, \quad K_2 - K_1 = ?$$

$$K_2 - K_1 = \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2 = \frac{1}{2} \times 1000 \times 30^2 - \frac{1}{2} \times 1000 \times 20^2 = 450000 - 200000 = 250000 \text{ J}$$

$$\Rightarrow K_2 - K_1 = 250000 \text{ J}$$

مثال ۲ اگر تندی و جرم جسمی را دو برابر کنیم، انرژی جنبشی آن چند برابر می‌شود؟

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

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

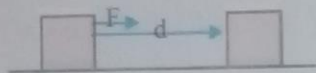
انرژی جنبشی ۸ برابر می‌شود.

کار انجام شده توسط نیروی ثابت

اگر نیروی F بر جسمی وارد و جسم در جهت نیرو به اندازه d جابه‌جا شود، کار انجام شده توسط این نیرو برابر است با:

در این رابطه:

$$W = Fd$$



W : کار بر حسب J ، F : نیرو بر حسب N ، d : جابه‌جایی بر حسب متر (m)

نکته کار کمیتی نرده‌ای است.

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

مثال ۱ شخصی جعبه‌ای را با نیروی افقی $150N$ هل می‌دهد. اگر جعبه در امتداد نیرو به اندازه $20m$ جابه‌جا شود، کار انجام شده توسط این نیرو چقدر است؟ $F = 150N$ ، $d = 20m$ ، $W = ?$ $W = Fd = 150 \times 20 = 3000J \rightarrow W = 3000J$

مثال ۲ ورزشکاری خودرویی به جرم $1/5$ تن را با شتاب $0.25 \frac{m}{s^2}$ در امتداد افقی به اندازه $6m$ جابه‌جا می‌کند. کار انجام شده توسط این ورزشکار چقدر است؟ (نیروی اصطکاک جسم و سطح ناچیز است.)

$$m = 1/5 \text{ ton} = 1500 \text{ kg} \quad , \quad a = 0.25 \frac{m}{s^2} \quad , \quad d = 6m \quad , \quad W = ?$$

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

$$F = ma = 1500 \times 0.25 = 375N \rightarrow F = 375N$$

$$W = Fd = 375 \times 6 = 2250J \rightarrow W = 2250J$$

حال با کمک نیرو و جابه‌جایی، کار انجام شده را به دست می‌آوریم:

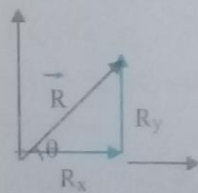
مثال ۳ کارگری سطل آبی به جرم $4kg$ را با تندی یکنواخت به اندازه $5m$ بالا می‌کشد. کار انجام شده توسط کارگر در این

جابه‌جایی چقدر است؟ (شتاب گرانشی زمین را $10 \frac{N}{kg}$ در نظر بگیرید.) $m = 4kg$ ، $d = 5m$ ، $g = 10 \frac{N}{kg}$

برای اینکه سطل آب با تندی یکنواخت رو به بالا حرکت کند، کارگر باید نیرویی برابر با وزن سطل بر آن وارد نماید، بنابراین:

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

مثال ۴ مهندسی ریاضی اگر R_x و R_y مؤلفه‌های بردار \vec{R} روی محورهای x و y باشند، بردار \vec{R} را می‌توان بر حسب R_x و R_y به صورت زیر نوشت:

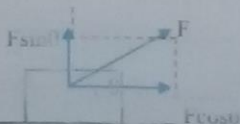


$$\vec{R} = R_x \vec{i} + R_y \vec{j}$$

$$\sin \theta = \frac{R_y}{R} \rightarrow R_y = R \sin \theta \Rightarrow \vec{R} = R \cos \theta \vec{i} + R \sin \theta \vec{j}$$

$$\cos \theta = \frac{R_x}{R} \rightarrow R_x = R \cos \theta$$

نکته اگر جسمی را با نیروی F و تحت زاویه θ نسبت به سطح افقی بکشیم، این نیرو از دو مؤلفه افقی و عمودی تشکیل می‌شود که عبارتند از:

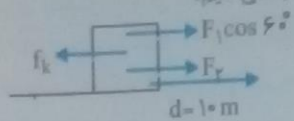


$$\left. \begin{array}{l} \text{مؤلفه افقی: } F \cos \theta \\ \text{مؤلفه عمودی: } F \sin \theta \end{array} \right\} \rightarrow \vec{F} = F \cos \theta \vec{i} + F \sin \theta \vec{j}$$

مثال ۴ مطابق شکل بر جسمی نیروی $40N$ تحت زاویه 30° نسبت به افق وارد می‌شود. مؤلفه‌های افقی و عمودی این نیرو را

$$\text{محاسبه کنید. } (\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad , \quad \sin 30^\circ = \frac{1}{2})$$

$$\begin{aligned} W_1 &= F_1 d \cos 60^\circ = 100 \times 10 \times 0.5 = 500 \text{ J} \rightarrow W_1 = 500 \text{ J} \\ W_T &= F_T d = 80 \times 10 = 800 \text{ J} \rightarrow W_T = 800 \text{ J} \\ W_f &= f_k d \cos 180^\circ = 60 \times 10 \times (-1) = -600 \text{ J} \rightarrow W_f = -600 \text{ J} \\ W_1 &= W_1 + W_T + W_f = 500 + 800 - 600 = 700 \text{ J} \rightarrow W_1 = 700 \text{ J} \end{aligned}$$



$$F_1 = F_1 \cos 60^\circ + F_T - f_k = 100 \times 0.5 + 80 - 60 = 70 \text{ N} \rightarrow F_1 = 70 \text{ N}$$

$$W_1 = F_1 d = 70 \times 10 = 700 \text{ J} \rightarrow W_1 = 700 \text{ J}$$

کار انرژی جنبشی

توجه: اگر کار کل انجام شده بر روی جسم مثبت باشد ($W_1 > 0$)، به جسم انرژی داده شده و اگر کار کل انجام شده بر روی جسم منفی باشد ($W_1 < 0$)، جسم انرژی از دست داده است.

توجه: کار و انرژی جنبشی کار کل انجام شده بر روی جسم برابر است با تغییر انرژی جنبشی جسم.

توجه: $W_1 > 0$ ← انرژی جنبشی جسم افزایش یافته است.

$W_1 = 0$ ← انرژی جنبشی جسم تغییری نکرده است.

$W_1 < 0$ ← انرژی جنبشی جسم کاهش یافته است.

مثال ۱: گلوله‌ای به جرم 5 kg با تندی $100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ به تنه درختی می‌خورد و با تندی $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ از سوی دیگر آن خارج می‌شود. کار کل انجام شده روی گلوله که باعث کاهش تندی آن شده است را محاسبه کنید.

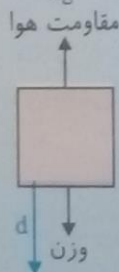
$$m = 5 \text{ kg}, \quad v_1 = 100 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad v_2 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad W_1 = ?$$

$$\left. \begin{aligned} K_1 &= \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times (100)^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 10000 = 250 \text{ J} \\ K_2 &= \frac{1}{2} m v_2^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times (20)^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 400 = 100 \text{ J} \end{aligned} \right\} \rightarrow W_1 = K_2 - K_1 = 100 - 250 = -150 \text{ J}$$

علامت منفی نشان دهنده آن است که کار کل انجام شده بر روی گلوله، انرژی جنبشی آن را کاهش داده است.

مثال ۲: شخصی بسته‌ای به جرم 200 kg را یک هواپیما که با تندی $150 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ در ارتفاع 1000 متری از سطح زمین در حرکت

است، رها می‌کند. اگر بسته با تندی $200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا در طول مسیر چقدر است؟ ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)



$$W_1 = K_2 - K_1 \rightarrow W_{\text{وزن}} + W_{\text{مقاومت هوا}} = K_2 - K_1 \rightarrow W_{\text{مقاومت هوا}} = K_2 - K_1 - W_{\text{وزن}}$$

$$\left. \begin{aligned} W_{\text{وزن}} &= mgd = 200 \times 10 \times 1000 = 200 \times 10^5 \text{ J} \\ K_2 &= \frac{1}{2} m v_2^2 = \frac{1}{2} \times 200 \times (200)^2 = 400 \times 10^5 \text{ J} \\ K_1 &= \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} \times 200 \times (150)^2 = 225 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned} \right\} \rightarrow W_{\text{مقاومت هوا}} = 400 \times 10^5 - 225 \times 10^5 - 200 \times 10^5 = -25 \times 10^5 \text{ J}$$

مثال ۳: برای اینکه تندی جسمی از $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ به $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ برسد، باید بر روی آن 300 J کار انجام شود. جرم جسم چقدر است؟

$$v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad v_2 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad W_1 = 300 \text{ J}, \quad m = ?$$

$$W_1 = K_2 - K_1 \rightarrow W_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 \rightarrow 300 = \frac{1}{2} m \times 20^2 - \frac{1}{2} m \times 10^2$$

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

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:

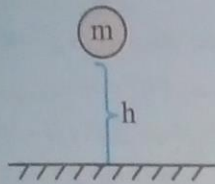
۱- انرژی پتانسیل گرانشی

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



$$U = mgh$$

در این رابطه:

m : جرم جسم بر حسب kg ; g : شتاب گرانشی زمین بر حسب $\frac{N}{kg}$; h : ارتفاع بر حسب m است.

مثال ۱: انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به سطح زمین) پرنده‌ای به جرم $250g$ که با تندی $2 \frac{m}{s}$ در ارتفاع 40 متری سطح زمین پرواز می‌کند، چقدر است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

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

$$m = 250g = 0.25kg, \quad v = 2 \frac{m}{s}, \quad h = 40m, \quad K = ?, \quad U = ?$$

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

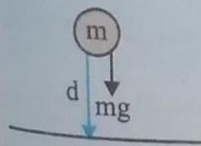
$$U = mgh = 0.25 \times 10 \times 40 = 100J \rightarrow U = 100J$$

کار و انرژی پتانسیل گرانشی

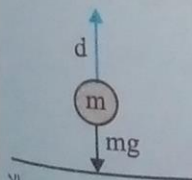
کار نیروی وزن در یک جابه‌جایی برابر است با منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم - زمین در آن جابه‌جایی.

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

نکته: علامت منفی در رابطه فوق اهمیت زیادی دارد. توجه 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 جابه‌جایی 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 جابه‌جایی 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

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

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

$$W_{\text{وزن}} = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = -(mgh_2 - mgh_1) = -mg(h_2 - h_1) = -600 \times 10 \times (35 - 10) = -15000J$$

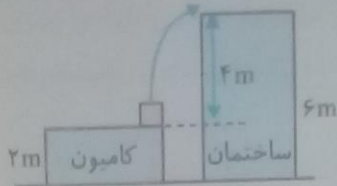
نکته: مقدار U در یک نقطه خاص اهمیتی ندارد بلکه تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی بین دو نقطه (ΔU) اهمیت دارد؛ بنابراین در حل مسائل می‌توانیم انرژی پتانسیل گرانشی هر نقطه‌ای را صفر تعریف کرده و انرژی پتانسیل گرانشی سایر نقاط را بر مبنای آن محاسبه و تغییرات را به دست آوریم بدون آنکه تأثیری در پاسخ مسأله داشته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

انرژی پتانسیل گرانشی - فصل دوم متوسطه

مثال ۳. آجری به جرم 2 kg را از بالای کامیونی با ارتفاع 2 m به بالای یک پشت‌بام با ارتفاع 6 m از سطح زمین پرتاب می‌کنیم.

تغییر انرژی پتانسیل گرانشی آجر در این جابه‌جایی چقدر است؟ ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

الف) مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را زمین در نظر بگیرید.



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

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

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

ب) مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را کامیون در نظر بگیرید.

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

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

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

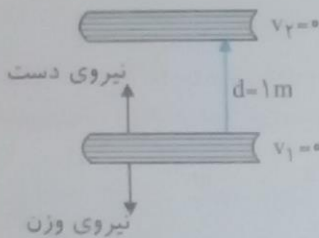
ج) مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را پشت‌بام در نظر بگیرید.

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

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

مقاومت هوا، کار نیروی دست در این جابه‌جایی چقدر است؟ ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

نیروهایی که به کتاب در این جابه‌جایی وارد می‌شوند، نیروی دست و نیروی وزن کتاب هستند. بنابراین طبق قضیه کار و انرژی جنبشی می‌توان نوشت:



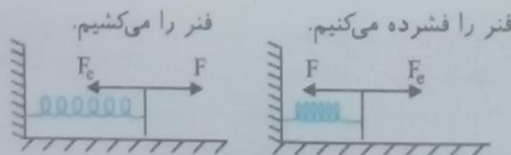
$$W_1 = K_2 - K_1 \rightarrow W_{\text{دست}} + W_{\text{وزن}} = \cancel{K_2} - \cancel{K_1} = 0 \rightarrow W_{\text{دست}} + W_{\text{وزن}} = 0 \rightarrow W_{\text{دست}} = -W_{\text{وزن}}$$

$$\xrightarrow{W_{\text{وزن}} = -\Delta U} W_{\text{دست}} = -(-\Delta U) = \Delta U \rightarrow W_{\text{دست}} = \Delta U = mgh_2 - mgh_1 = mg(h_2 - h_1)$$

$$= 1/5 \times 10 \times 1 = 15\text{ J} \rightarrow W_{\text{دست}} = 15\text{ J}$$

انرژی پتانسیل کشسانی

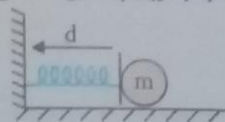
اگر فنر را فشرده کرده یا بکشیم، نیرویی در خلاف جهت جابه‌جایی فنر، به دست ما وارد می‌شود که آن را نیروی فنر می‌گویند و با F_e نشان می‌دهند.



(در این شکل‌ها F_e نشان دهنده نیروی فنر و F نشان دهنده نیروی خارجی است.)

انرژی پتانسیل کشسانی انرژی پتانسیلی که به دلیل تغییر طول در یک فنر ذخیره می‌شود را انرژی پتانسیل کشسانی می‌گویند.

با فشرده کردن فنر توسط جسم، انرژی پتانسیل کشسانی در سامانه جسم - فنر ذخیره می‌شود.



کار و انرژی پتانسیل کشسانی کار نیروی فنر در یک جابه‌جایی برابر است با منفی تغییرات انرژی پتانسیل کشسانی فنر.

$$W_{\text{فنر}} = -\Delta U_{\text{کشسانی}}$$

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

۱- هنگامی که فنر را فشرده کرده یا می‌کشیم انرژی پتانسیل فنر افزایش می‌یابد، یعنی $\Delta U_{\text{کشسانی}} > 0$ ، اما چون نیروی فنر و

جابه‌جایی در خلاف جهت هم هستند کار نیروی فنر منفی است، یعنی: $W_{\text{فنر}} < 0$.

۲- هنگامی که فنر فشرده یا کشیده شده را رها می‌کنیم، انرژی پتانسیل کشسانی فنر کاهش می‌یابد، یعنی $\Delta U_{\text{کشانی}} < 0$ ، در این حالت نیروی فنر در جهت جابه‌جایی است؛ بنابراین کار نیروی فنر مثبت است یعنی $W_{\text{فنر}} > 0$.

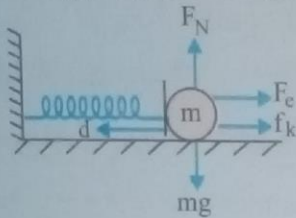
مثال ۵: گلوله‌ای به جرم 2kg که با تندی $3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ به سمت فنری پرتاب شده، فنر را فشرده و متوقف می‌شود. اگر در لحظه توقف جسم، انرژی پتانسیل کشسانی فنر 5J باشد. الف) کار نیروی فنر در این جابه‌جایی چقدر است؟



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

توجه: چون در حین فشرده شدن فنر، نیروی فنر در خلاف جهت جابه‌جایی است، کار نیروی فنر منفی به دست می‌آید. ب) با استفاده از قضیه کار-انرژی، کار نیروی اصطکاک را در این جابه‌جایی به دست آورید.

در شکل زیر نیروهایی که به جسم در حین جابه‌جایی وارد می‌شوند، مشخص شده است. طبق قضیه کار و انرژی داریم:



$$W_f = K_f - K_i$$

$$W_{F_N} + W_{mg} + W_{F_e} + W_{f_k} = K_f - K_i$$

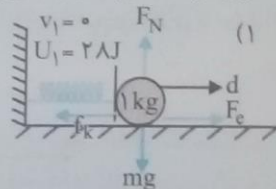
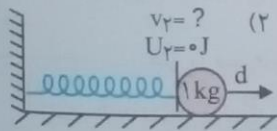
$W_{F_N} = W_{mg} = 0$ نیروی عمودی سطح و نیروی وزن عمود بر جابه‌جایی هستند، پس کار این نیروها صفر است؛
 $K_f = 0$ جسم در نهایت متوقف می‌شود، انرژی جنبشی نهایی آن نیز صفر است؛

$$W_{F_N} + W_{mg} + W_{F_e} + W_{f_k} = K_f - K_i \rightarrow W_{F_e} + W_{f_k} = -K_i \rightarrow W_{F_e} + W_{f_k} = -\frac{1}{2}mv_i^2$$

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

مثال ۶: جسمی به جرم 1kg به یک فنر فشرده متصل و به حال سکون قرار دارد. انرژی پتانسیل کشسانی فنر در این حالت 28J است. با رها کردن سامانه جسم - فنر، سرعت جسم در لحظه جدا شدن از فنر چقدر است؟ کار نیروی اصطکاک را در این جابه‌جایی 10J در نظر بگیرید.

در شکل زیر نیروهایی که به جسم در حین جابه‌جایی وارد می‌شوند، مشخص شده است. توجه به این نکته ضروری است که نیروی اصطکاک همواره در خلاف جهت جابه‌جایی است.



طبق قضیه کار و انرژی داریم:

$$W_f = K_f - K_i \rightarrow W_{F_N} + W_{mg} + W_{F_e} + W_{f_k} = K_f - K_i \rightarrow W_{F_e} + W_{f_k} = \frac{1}{2}mv_f^2 \quad (1)$$

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

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

$$\xrightarrow{(1), (2)} 28 - 10 = \frac{1}{2} \times 1 \times v_f^2 \rightarrow 18 = \frac{1}{2} v_f^2 \rightarrow v_f^2 = 36 \rightarrow v_f = \sqrt{36} = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow v_f = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

پایستگی انرژی مکانیکی

انرژی مکانیکی جسم: مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل یک جسم را انرژی مکانیکی جسم می‌گویند و آن را با E نشان می‌دهند:

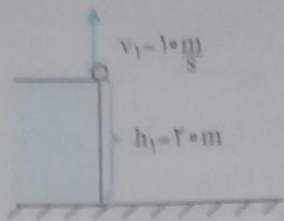
$$E = K + U$$

اصل پایستگی انرژی مکانیکی: با نادیده گرفتن نیروهای مقاوم (اصطکاک و مقاومت هوا) انرژی مکانیکی یک جسم در طول مسیر

$$E_i = E_f$$

همواره مقداری ثابت است:

مثال ۱: سنگی از بالای ساختمانی به ارتفاع ۲۰m با تندی $۱۰ \frac{m}{s}$ رو به بالا پرتاب می‌شود. در چه ارتفاعی از سطح زمین تندی سنگ نصف می‌شود؟ (از مقاومت هوا صرف نظر کنید). ($g = ۱۰ \frac{N}{kg}$)



$$h_1 = 20m, \quad v_1 = 10 \frac{m}{s}, \quad h_2 = ?, \quad v_2 = 10 + 2 = 5 \frac{m}{s}$$

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

$$\frac{1}{2} \times 10^2 + 10 \times 20 = \frac{1}{2} \times 5^2 + 10 \times h_2 \rightarrow 50 + 200 = 12.5 + 10 h_2 \rightarrow 250 - 12.5 = 10 h_2$$

$$\rightarrow 237.5 / 10 = 10 h_2 \rightarrow h_2 = \frac{237.5}{10} = 23.75m$$

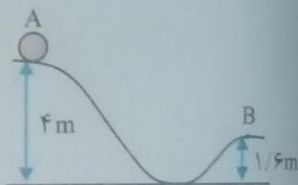
در ارتفاع ۲۳/۷۵m از سطح زمین تندی سنگ نصف تندی اولیه می‌شود.

مثال ۲: مطابق شکل جسمی از نقطه A با تندی $۴ \frac{m}{s}$ بر روی سطح به طرف پایین می‌لغزد. اگر از نیروهای اصطکاک و

مقاومت هوا صرف نظر شود، تندی جسم در نقطه B چقدر است؟ ($g = ۱۰ \frac{m}{s^2}$)

$$h_A = 4m, \quad v_A = 4 \frac{m}{s}, \quad h_B = 1/6m, \quad v_B = ?$$

$$E_A = E_B \rightarrow K_A + U_A = K_B + U_B \rightarrow \frac{1}{2} m v_A^2 + m g h_A = \frac{1}{2} m v_B^2 + m g h_B$$



$$\frac{1}{2} v_A^2 + g h_A = \frac{1}{2} v_B^2 + g h_B \rightarrow \frac{1}{2} \times 4^2 + 10 \times 4 = \frac{1}{2} v_B^2 + 10 \times 1/6 \rightarrow 48 = \frac{1}{2} v_B^2 + 16$$

$$48 - 16 = \frac{1}{2} v_B^2 \rightarrow 32 = \frac{1}{2} v_B^2 \rightarrow v_B^2 = 64 \rightarrow v_B = \sqrt{64} = 8 \frac{m}{s} \rightarrow v_B = 8 \frac{m}{s}$$

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 تعداد 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، اصطلاحاً می‌گوییم انرژی تلف شده است.

با در نظر گرفتن نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا، انرژی مکانیکی جسم پایسته نبوده و تغییر می‌کند که این تغییر به صورت افزایش انرژی درونی جسم و محیط اطراف یا کار نیروهای مقاوم ظاهر می‌شود.

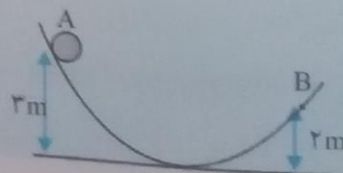
$$W_f = E_2 - E_1$$

کار نیروهای مقاوم برابر است با تغییر انرژی مکانیکی جسم:

قانون پایستگی انرژی در یک سامانه منزوی، انرژی خلق یا نابود نمی‌شود بلکه از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌شود.

مثال ۱: در شکل زیر جرم توپ $50g$ و تندی آن در نقطه A برابر $۳ \frac{m}{s}$ و در نقطه B برابر $۲ \frac{m}{s}$ است. کار نیروهای مقاوم را در

طول مسیر محاسبه کنید. ($g = ۱۰ \frac{m}{s^2}$)



$$m = 500g = 0.5kg, h_A = 3m, v_A = 3 \frac{m}{s}, h_B = 2m, v_B = 2 \frac{m}{s}, W_f = ?$$

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

$$\rightarrow W_f = \left(\frac{1}{2} \times 0.5 \times 2^2 + 0.5 \times 10 \times 2\right) - \left(\frac{1}{2} \times 0.5 \times 3^2 + 0.5 \times 10 \times 3\right)$$

$$= (1 + 10) - (2.25 + 15) = 11 - 17.25 \rightarrow W_f = -6.25J$$

نکته: کار نیروهای مقاوم همواره منفی است.

مثال ۴: جرمی به جرم ۲kg از ارتفاع ۶ متری سطح زمین از حالت سکون رها می‌شود. اگر کار نیروهای مقاوم در طول مسیر ۲۰J

باشد، سرعت جسم در لحظه برخورد با زمین چقدر است؟ ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

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

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

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

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

توان

کار انجام شده در واحد زمان (آهنگ انجام کار) را توان می‌گویند. توان را با P نشان می‌دهند و یکای آن $\left(\frac{J}{s}\right)$ یا وات (W) است.

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

توان متوسط: اگر کار W در بازه زمانی Δt انجام شود، توان متوسط به این صورت تعریف می‌شود:

نکته: یکاهای بزرگ‌تر توان کیلو وات (kW) و مگاوات (MW) هستند.

نکته: از یکاهای قدیمی توان اسب بخار است. یک اسب بخار برابر ۷۴۶ وات است:

مثال ۱: موتور یک ماشین برقی نیروی رو به جلوی ۸۰۰N ایجاد می‌کند. اگر این ماشین برقی در هر دقیقه ۳۰ متر به جلو حرکت کند، توان متوسط موتور آن چقدر است؟

$$F = 800N, \Delta t = 1min = 60s, d = 30m, \bar{P} = ?$$

$$W = Fd = 800 \times 30 = 24000J \rightarrow W = 24000J$$

کار انجام شده توسط موتور در هر دقیقه برابر است با:

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{24000}{60} = 400W \rightarrow \bar{P} = 400W$$

مثال ۲: هواپیمایی با جرم $2 \times 10^4 kg$ برای بلند شدن از باند فرودگاه در مدت ۳۶s از حالت سکون به تندی $648 \frac{km}{h}$ می‌رسد. توان متوسط موتور این هواپیما چقدر است؟ (از نیروهای اتلافی صرف نظر کنید.)

$$m = 2 \times 10^4 kg, \Delta t = 36s, v_1 = 0, v_2 = 648 \times \frac{10}{36} = 180 \frac{m}{s}, \bar{P} = ?$$

$$W_t = K_2 - K_1 \xrightarrow{K_1=0} W_t = K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^4 \times 180^2 = 32400 \times 10^4 = 324 \times 10^6 J$$

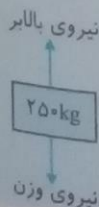
$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{324 \times 10^6}{36} = 9 \times 10^6 W \rightarrow \bar{P} = 9MW$$

مثال ۳: بالابری باری به جرم ۲۵۰kg را در مدت ۲s به اندازه ۸m بالا می‌برد. توان متوسط موتور این بالابر چقدر است؟ این توان

را بر حسب اسب بخار محاسبه کنید. ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

$$m = 250kg, \Delta t = 2s, d = 8m, v_1 = v_2 = 0, \bar{P} = ?$$

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



$$W_1 = K_2 - K_1 \rightarrow W_{\text{موتور}} + W_{\text{زن}} = \cancel{K_2} - \cancel{K_1} = 0 \rightarrow W_{\text{موتور}} = -W_{\text{زن}} = -(-\Delta U) = \Delta U$$

$$W_{\text{موتور}} = \Delta U = mg(h_2 - h_1) = 250 \times 10 \times 8 = 20000 \text{ J} \rightarrow W_{\text{موتور}} = 20000 \text{ J}$$

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

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

یک اسب بخار برابر 746W است، بنابراین:

نکته: در تمام دستگاه‌ها بخشی از انرژی ورودی قابل استفاده بوده و بقیه آن به صورت گرما به هدر می‌رود.

نکته: انرژی قابل استفاده را انرژی خروجی یا کار مفید می‌گویند.

بازده (راندمان): نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی را بازده می‌گویند و آن را با Ra نشان می‌دهند.

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

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

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

مثال ۴: پمپ آبی با توان ورودی 500W در مدت 5 دقیقه 2m³ آب را تا ارتفاع 5m بالا می‌برد. بازده این پمپ چقدر است؟

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

$$P_{\text{ورودی}} = 500 \text{ W}, \Delta t = 5 \text{ min} = 5 \times 60 = 300 \text{ s}, V = 2 \text{ m}^3, d = 5 \text{ m}, Ra = ?$$

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:

$$P_{\text{ورودی}} = \frac{E_{\text{ورودی}}}{\Delta t} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = P_{\text{ورودی}} \times \Delta t = 500 \times 300 = 150000 \text{ J} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = 150000 \text{ J}$$

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:

$$Ra = \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} = \frac{100000}{150000} = 0/66 \rightarrow Ra = 0/66 \rightarrow \text{درصد بازده} = 0/66 \times 100 = 66 \%$$

مثال 5: آسانسوری با جرم کل 500kg و توان ورودی 1kW و بازده 80 درصد، در مدت یک دقیقه چند متر بالا می‌رود؟ ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

$$m = 500 \text{ kg}, P_{\text{ورودی}} = 1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}, Ra = \frac{80}{100} = 0/8, \Delta t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}, d = ?$$

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:

$$Ra = \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} \rightarrow E_{\text{خروجی}} = Ra \times E_{\text{ورودی}} = 0/8 \times 60000 = 48000 \text{ J} \rightarrow E_{\text{خروجی}} = 48000 \text{ J}$$

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

$$E_{\text{خروجی}} = \Delta U = mg(h_2 - h_1) = mgd \rightarrow 48000 = 500 \times 10 \times d$$

$$\rightarrow d = \frac{48000}{5000} = 9/6 \text{ m} \rightarrow d = 9/6 \text{ m}$$

مثال ۶. چه مدت طول می‌کشد تا یک موتور الکتریکی با توان ورودی ۲kW و بازده ۷۰ درصد، جسمی به جرم ۷۰ کیلوگرم را تا

ارتفاع ۱۰ متر بالا ببرد؟ ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

$$P_{\text{ورودی}} = 2kW = 2000W, \quad Ra = \frac{70}{100} = 0.7, \quad m = 70kg, \quad d = 10m, \quad \Delta t = ?$$

ابتدا انرژی خروجی موتور الکتریکی را محاسبه می‌کنیم:

$$E_{\text{خروجی}} = \Delta U = mg(h_2 - h_1) = mgd = 70 \times 10 \times 10 = 7000J \rightarrow E_{\text{خروجی}} = 7000J$$

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

$$Ra = \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = \frac{E_{\text{خروجی}}}{Ra} = \frac{7000}{0.7} = 10000J \rightarrow E_{\text{ورودی}} = 10000J$$

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

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

تمرین ۱-۲

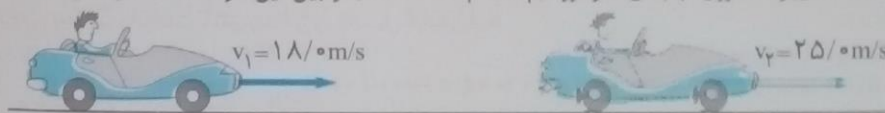
ماهوره‌ای به جرم ۲۲۴kg و با تندی ثابت ۲/۸۴ km/s دور زمین می‌چرخد. انرژی جنبشی ماهواره را بر حسب ژول و مگاژول حساب کنید.

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

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 224 \times (2/84 \times 10^3)^2 = \frac{1}{2} \times 224 \times (2/84)^2 \times 10^6 = 9.03 \times 10^6 J = 9.03 \times 10^2 MJ$$

تمرین ۲-۲

جرم خودروهایی به همراه راننده‌اش $8/40 \times 10^2$ 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.

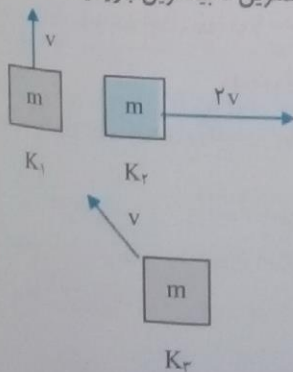


$$v_1 = 18 \frac{m}{s}, \quad v_2 = 25 \frac{m}{s}, \quad m = 840kg$$

$$K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} \times 840 \times 25^2 - \frac{1}{2} \times 840 \times 18^2 = 2/62 \times 10^5 - 1/36 \times 10^5 = 1/26 \times 10^5 J$$

پرسش ۱-۲

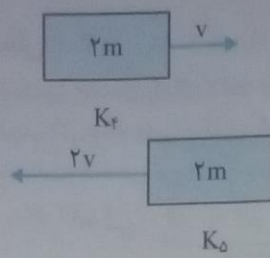
انرژی جنبشی هریک از اجسام زیر را با هم مقایسه کنید و مقدار آن را به ترتیب از کمترین تا بیشترین بنویسید.



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

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

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



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

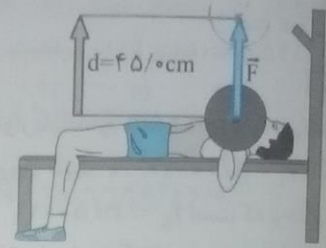
$$K_d = \frac{1}{2}(2m)(2v)^2 = \frac{4mv^2}{2} = 2mv^2$$

$$K_1 = K_f < K_d < K_2 < K_3$$

تمرین ۲-۳

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

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



نیروی که ورزشکار به وزنه وارد می‌کند، برابر با وزن این وزنه است؛ بنابراین:
چون نیرو در جهت جابه‌جایی است، کار ورزشکار روی وزنه برابر است با: $W = 300 \text{ J}$

۳۵
فیزیک ۱

تمرین ۲-۴

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

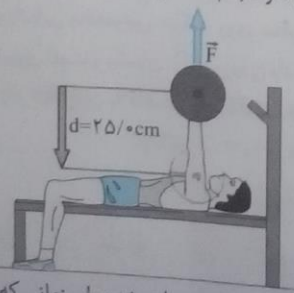
$$F = 66 \text{ N}, \quad d = 18 \text{ m}$$

چون نیرو در جهت جابه‌جایی است کار انجام شده برابر است با:

$$W = Fd = 66 \times 18 = 1214 \text{ J} \rightarrow W = 1.214 \times 10^3 \text{ J}$$

تمرین ۲-۵

تمرین ۲-۳ را دوباره ببینید. کار انجام شده توسط ورزشکار را روی وزنه برای حالتی حساب کنید که ورزشکار با وارد کردن همان نیروی 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 جابه‌جایی است $(\theta = 180^\circ)$ ، پس کار انجام شده توسط ورزشکار برابر است با:



$$W = Fd \cos \theta = 66 \times 0.45 \times \cos 180^\circ = -299.7 \text{ J}$$

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

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

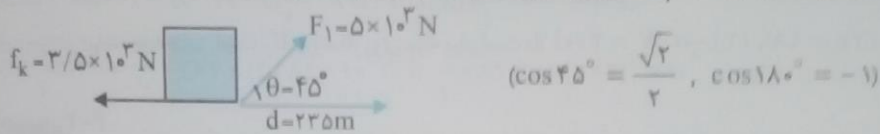
شخصی جسمی را بک دفعه با طنابی بلند (شکل الف) و بار دیگر با طنابی کوتاه‌تر (شکل ب) روی سطحی هموار می‌کشد. اگر جابه‌جایی و کاری که این شخص در هر دو بار روی جعبه انجام می‌دهد یکسان باشد، توضیح دهید در کدام حالت شخص نیروی بزرگ‌تری وارد کرده است. اصطکاک را در هر دو حالت، ناچیزه فرض کنید.



در حالت (ب) شخص نیروی بیشتری وارد می‌کند، زیرا هر قدر طول طناب کوتاه‌تر باشد، زاویه θ بزرگ‌تر و در نتیجه $\cos \theta$ کوچک‌تر است؛ بنابراین برای جبران این کاهش، نیروی وارد شده F باید افزایش یابد.
 $W = (F \cos \theta) d \rightarrow F$ باید افزایش یابد.
 ↓ ↓ ↓
 ثابت کاهش ثابت

تمرین ۲-۶

کشاورزی توسط تراکتور، سورتمه‌ای پر از هیزم را در راستای یک زمین هموار به اندازه $235m$ جابه‌جا می‌کند (شکل زیر). وزن کل سورتمه و بار آن $mg = 1/47 \times 10^4 N$ است. تراکتور نیروی ثابت $F_1 = 5/00 \times 10^3 N$ را در زاویه $\theta = 45^\circ$ بالای افق به سورتمه وارد می‌کند. نیروی اصطکاک جنبشی $f_k = 3/50 \times 10^3 N$ است که برخلاف جهت حرکت به سورتمه وارد می‌شود. کار کل انجام شده روی سورتمه را به دو روش محاسبه کنید.



روش اول: کار تک‌تک نیروها را در این جابه‌جایی به دست آورده و حاصل جمع آنها را محاسبه می‌کنیم:

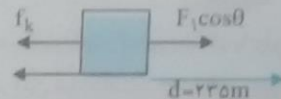
$$\left. \begin{aligned} W_1 &= (F_1 \cos 45^\circ) d = 5 \times 10^3 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 235 = 820725 J \\ W_f &= (f_k \cos 180^\circ) d = 3/50 \times 10^3 \times (-1) \times 235 = -822500 J \end{aligned} \right\} \rightarrow W_t = W_1 + W_f$$

$$= 820725 - 822500 = 8225 J$$

روش دوم: نیروهای در امتداد جابه‌جایی را مشخص کرده و اندازه نیروی خالص آنها را محاسبه می‌کنیم:

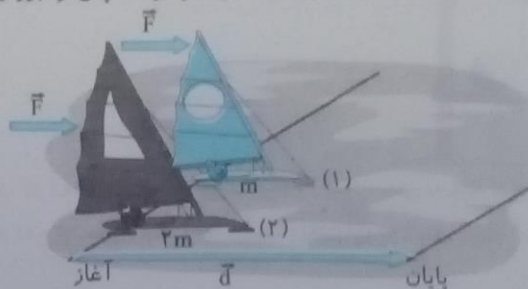
$$F_t = F_1 \cos \theta - f_k = 5 \times 10^3 \times \cos 45^\circ - 3/50 \times 10^3 = 3525 - 3500 = 25 N$$

$$W_t = F_t d = 25 \times 235 = 8225 J \rightarrow W_t = 8225 J$$



تمرین ۲-۷

دو قایق بادبانی مخصوص حرکت روی سطوح یخ‌زده، دارای جرم‌های m و $2m$ ، روی دریاچه‌ی افقی و بدون اصطکاک قرار دارند و نیروی ثابت و یکسان \vec{F} با وزیدن باد به هر دو وارد می‌شود (شکل روبه‌رو). هر دو قایق از حال سکون شروع به حرکت می‌کنند و از خط پایان به فاصله d می‌گذرند. انرژی جنبشی و تندی قایق‌ها را درست پس از عبور از خط پایان، با هم مقایسه کنید.



چون نیرو (F) و جابه‌جایی (d) در هر دو قایق یکسان است، کار کل انجام شده در هر دو قایق برابر است:

$$W_1 = W_1' \rightarrow \text{کار کل قایق (۲)} = \text{کار کل قایق (۱)}$$

چون هر دو قایق از حالت سکون شروع به حرکت کرده‌اند، انرژی جنبشی اولیه هر دو قایق صفر است:

$$K_1 = K_1' = 0 \rightarrow K_2 - K_1 = K_2' - K_1' \rightarrow K_2 = K_2' \rightarrow \text{انرژی جنبشی هر دو قایق پس از عبور از خط پایان برابر است.}$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}(2m)v_2'^2 \rightarrow v_2^2 = 2v_2'^2 \rightarrow v_2 = \sqrt{2}v_2' \rightarrow \text{سرعت قایق (۱)، } \sqrt{2} \text{ برابر سرعت قایق (۲) است.}$$

۴۰

تمرین ۲-۸

جرم یک خودروی الکتریکی به همراه راننده‌اش $8/40 \times 10^3 \text{ kg}$ است. وقتی این خودرو از موقعیت A به موقعیت B می‌رود، کار کل انجام شده روی خودرو $7/35 \times 10^4 \text{ J}$ است. اگر تندی خودرو در موقعیت A برابر $54/0 \text{ km/h}$ باشد، تندی آن در موقعیت B چند متر بر ثانیه است؟

$$m = 8400 \text{ kg}, W_t = 73500 \text{ J}, v_A = 54 \text{ km/h} \times \frac{10}{36} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}, v_B = ?$$

$$W_t = K_B - K_A \rightarrow W_t = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 \rightarrow 73500 = \frac{1}{2} \times 8400 \times v_B^2 - \frac{1}{2} \times 8400 \times 15^2$$

$$\rightarrow 73500 = 4200v_B^2 - 94500 \rightarrow 73500 + 94500 = 4200v_B^2 \rightarrow 168000 = 4200v_B^2 \rightarrow v_B^2 = \frac{168000}{4200}$$

$$\rightarrow v_B^2 = 400 \rightarrow v_B = \sqrt{400} = 20 \rightarrow v_B = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۴۰

فیزیک ۱

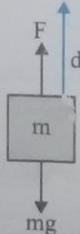
۴۰

تمرین ۲-۹

شکل روبه‌رو شخصی را نشان می‌دهد که با وارد کردن نیروی ثابت $52/7 \text{ N}$ ، جعبه‌ای به جرم $4/10 \text{ kg}$ را از حال سکون در امتداد قائم جابه‌جا می‌کند.

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

$$m = 4/10 \text{ kg}, F = 52/7 \text{ N}, d = 1/4 \text{ m}$$



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

$$W_1 = Fd = 52/7 \times 1/4 = 73/78 \text{ J} \rightarrow W_1 = 73/8 \text{ J}$$

نیروی وزن جعبه در خلاف جهت جابه‌جایی است ($\theta = 180^\circ$)، کار انجام شده توسط نیروی وزن برابر است با:

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

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.

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

$$W_t = K_2 - K_1 \rightarrow W_t = K_2 \rightarrow W_t = \frac{1}{2}mv_2^2 \rightarrow 16/4 = \frac{1}{2} \times 4/10 \times v_2^2 \rightarrow 16/4 = 2/5 v_2^2$$

$$v_2^2 = \frac{16/4}{2/5} \rightarrow v_2 = \sqrt{10} = 2\sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

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؟

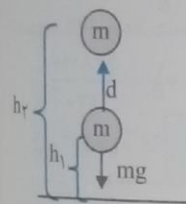


$$\frac{W_{1t}}{W_{2t}} = \frac{K_2 - K_1}{K'_2 - K'_1} = \frac{\frac{1}{2}mv^2 - 0}{\frac{1}{2}m(2v)^2 - \frac{1}{2}mv^2} = \frac{\cancel{m}v^2}{\cancel{m}(4v^2 - v^2)} = \frac{1}{3} \rightarrow \frac{W_{1t}}{W_{2t}} = \frac{1}{3}$$

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 ۶-۲ 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° 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 هواپیمای مسافربری به جرم $7/50 \times 10^4 \text{ kg}$ که با تندی 864 km/h در ارتفاع $9/60 \times 10^3 \text{ m}$ حرکت می‌کند چقدر است؟ مقدار این انرژی‌ها را با هم مقایسه کنید.

$$m = 7/50 \times 10^4 \text{ kg}, v = 864 \times \frac{10}{36} = 240 \frac{\text{m}}{\text{s}}, h = 9/60 \times 10^3 \text{ m}, K = ?, U = ?$$

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

$$U = mgh = 7/50 \times 10^4 \times 10 \times 9/60 \times 10^3 = 72 \times 10^8 \text{ J} \rightarrow U = 72/0 \times 10^8 \text{ J}$$

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

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

تمرین ۱۲-۲

جرم موتورسواری با موتورش 147 kg است. این موتورسوار، پرشی مطابق شکل روبه‌رو انجام می‌دهد.



الف) انرژی پتانسیل گرانشی موتورسوار را روی هریک از تپه‌ها حساب کنید ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$).

$$U_1 = mgh_1 = 147 \times 9.81 \times 87 = 125460.09 \text{ J} \rightarrow U_1 = 125 \times 10^3 \text{ J}$$

$$U_2 = mgh_2 = 147 \times 9.81 \times 43 = 62009.01 \text{ J} \rightarrow U_2 = 62 \times 10^3 \text{ J}$$

ب) کار نیروی وزن موتورسوار را در این جا به جایی به دست آورید.

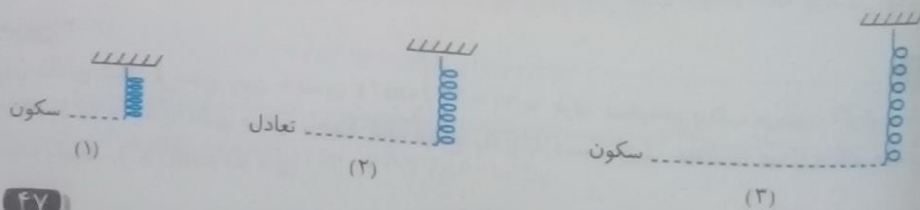
$$W_{\text{وزن}} = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = -(62 \times 10^3 - 125 \times 10^3) = 63 \times 10^3 \text{ J} = W_{\text{وزن}} = 63 \times 10^3 \text{ J}$$

۴۶

فعالیت ۱-۲

یک فنر فلزی یا پلاستیکی نرم و نسبتاً بلند اختیار کنید. فنر را مطابق شکل روبه‌رو، از یک طرف آن در امتداد قائم آویزان 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.

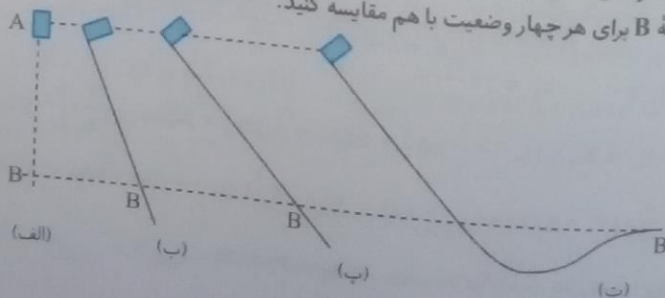
فکر حرکت نوسانی رفت و برگشت را در راستای قائم انجام می‌دهد. در حالت فشرده و قبل از رها کردن، فنر انرژی پتانسیل کشسانی و گرانشی دارد (۱). با رها کردن و باز شدن فنر، انرژی پتانسیل کشسانی و گرانشی آن کاهش و انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد به طوری که در حالت تعادل بیشترین انرژی جنبشی را دارد (۲). با گذشتن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

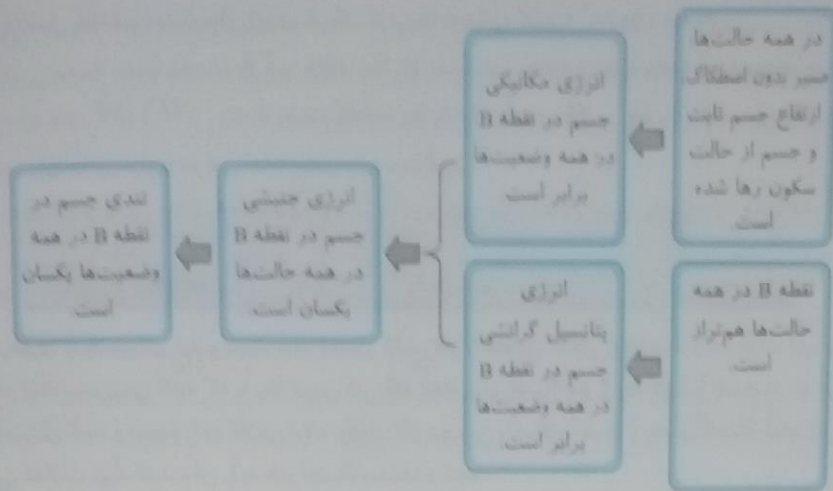


۴۷

پرسش ۴-۲

شکل روبه‌رو، چهار وضعیت متفاوت را برای حرکت جسمی نشان می‌دهد. در وضعیت الف، جسم از حال سکون سقوط می‌کند و در سه وضعیت دیگر جسم از حال سکون روی مسیری بدون اصطکاک و رو به پایین حرکت می‌کند. تندی جسم را در نقطه B برای هر چهار وضعیت با هم مقایسه کنید.





تمرین ۲-۱۳

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

$$h_1 = 0, \quad v_1 = 7/2 \frac{m}{s}, \quad h_2 = 3 - 1/9 = 1/3 m, \quad v_2 = ?$$

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

$$\rightarrow \frac{1}{2} v_1^2 + g h_1 = \frac{1}{2} v_2^2 + g h_2 \rightarrow \frac{1}{2} \times (7/2)^2 + 0 = \frac{1}{2} v_2^2 + 9/81 \times 1/3$$

$$\rightarrow 25/8 = \frac{1}{2} v_2^2 + 10/27 \rightarrow 25/8 - 10/27 = \frac{1}{2} v_2^2 \rightarrow 15/12 = \frac{1}{2} v_2^2 \rightarrow v_2^2 = 30/26$$

$$\rightarrow v_2 = \sqrt{30/26} = 5/5 \frac{m}{s} \rightarrow v_2 = 5/5 \frac{m}{s}$$

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

تمرین ۲-۱۴

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



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

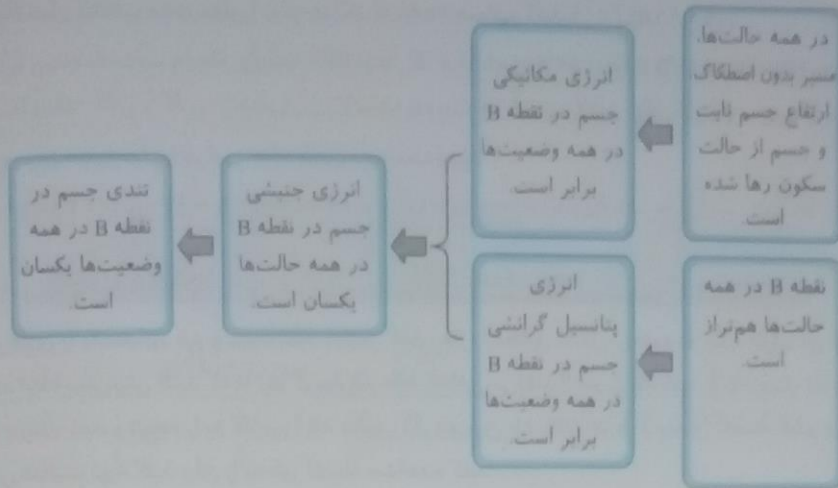
$$E_1 = E_2 \rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \rightarrow \frac{1}{2} m v_1^2 + m g h_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 + m g h_2 \rightarrow \frac{1}{2} v_1^2 + g h_1 = \frac{1}{2} v_2^2 + g h_2$$

$$\rightarrow \frac{1}{2} \times 42^2 + 0 = \frac{1}{2} \times 24^2 + 9/81 \times h_2 \rightarrow 882 = 288 + 9/81 h_2 \rightarrow 882 - 288 = 9/81 h_2$$

$$\rightarrow 594 = 9/81 h_2 \rightarrow h_2 = \frac{594}{9/81} = 60/6 m \rightarrow h_2 = 60/6 m$$

۴۸ پایه‌های ریاضی - تجربی (دوره دوم متوسطه)

موسسه تخصصی



تمرین ۲-۱۳

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

$$h_1 = 0, \quad v_1 = 7/3 \frac{m}{s}, \quad h_2 = 3 - 1/9 = 1/18, \quad v_2 = ?$$

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

$$\rightarrow \frac{1}{2} v_1^2 + g h_1 = \frac{1}{2} v_2^2 + g h_2 \rightarrow \frac{1}{2} \times (7/3)^2 + 0 = \frac{1}{2} v_2^2 + 9/18 \times 1/18$$

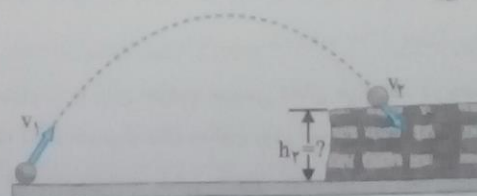
$$\rightarrow 25/92 = \frac{1}{2} v_2^2 + 10/79 \rightarrow 25/92 - 10/79 = \frac{1}{2} v_2^2 \rightarrow 15/13 = \frac{1}{2} v_2^2 \rightarrow v_2^2 = 30/26$$

$$\rightarrow v_2 = \sqrt{30/26} = 5/5 \frac{m}{s} \rightarrow v_2 = 5/5 \frac{m}{s}$$

نتیجه: با در نظر گرفتن هر نقطه دلخواه به عنوان مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی، تغییری در پاسخ مسأله ایجاد نمی‌شود.

تمرین ۲-۱۴

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



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

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

$$\rightarrow \frac{1}{2} \times 42^2 + 0 = \frac{1}{2} \times 24^2 + 9/81 \times h_2 \rightarrow 882 = 288 + 9/81 h_2 \rightarrow 882 - 288 = 9/81 h_2$$

$$\rightarrow 594 = 9/81 h_2 \rightarrow h_2 = \frac{594}{9/81} = 60/6 \text{ m} \rightarrow h_2 = 60/6 \text{ m}$$

۴۹

شخصی توپ در حال حرکتی را با دست خود می گیرد (شکل روبه‌رو). پس از توقف توپ، انرژی جنبشی آن کجا رفته است؟



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

۵۱

تمرین ۲-۱۵

توپ به جرم 0.45 kg با تندی $v_1 = 8 \text{ m/s}$ از نقطه A می‌گذرد (شکل روبه‌رو). نیروی مقاومت هوا و نیروی اصطکاک در سطح تماس توپ با زمین، ۲۰ درصد انرژی جنبشی توپ را تا رسیدن به نقطه B تلف می‌کنند. تندی توپ را در این نقطه به دست آورید.

ابتدا انرژی جنبشی اولیه توپ را محاسبه می‌کنیم.

$$K_A = \frac{1}{2} m v_A^2 = \frac{1}{2} \times 0.45 \times 8^2 = 14.4 \text{ J} \rightarrow K_A = 14 \text{ J}$$

چون ۲۰ درصد از انرژی جنبشی توپ در مسیر تلف شده است؛ بنابراین ۸۰ درصد از انرژی جنبشی اولیه توپ به نقطه B می‌رسد. در نتیجه انرژی جنبشی توپ در نقطه B برابر است با:

$$K_B = \frac{80}{100} \times 14 = 11.2 \text{ J} \rightarrow K_B = 11 \text{ J}$$

$$K_B = \frac{1}{2} m v_B^2 \rightarrow 11 = \frac{1}{2} \times 0.45 \times v_B^2 \rightarrow 11 / 0.225 = 0.225 v_B^2 \rightarrow v_B^2 = 48 \rightarrow v_B = \sqrt{48} \text{ m/s}$$

۵۴

۵۲

تمرین ۲-۱۶

هر یک از دو موتور جت یک هواپیمای مسافری بوئینگ ۷۶۷، پیشرانه‌ای (نیروی جلوبر هواپیما) برابر $1.97 \times 10^5 \text{ N}$ ایجاد می‌کند. اگر هواپیما در هر دقیقه $15/6 \text{ km}$ در امتداد این نیرو حرکت کند، توان متوسط هر یک از موتورهای هواپیما چند اسب بخار است؟

$$F = 1.97 \times 10^5 \text{ N}, \quad \Delta t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}, \quad d = 15/6 \text{ km} = 15600 \text{ m}, \quad \bar{P} = ?$$

کار انجام شده توسط هر موتور در هر دقیقه برابر است با:

$$W = Fd = 1.97 \times 10^5 \times 15600 = 3.0732 \times 10^9 \text{ J} \rightarrow W = 3.07 \times 10^9 \text{ J}$$

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{3.07 \times 10^9}{60} = 51166 \times 10^3 \text{ W} \rightarrow \bar{P} = 512 \times 10^3 \text{ W}$$

باتوجه به اینکه هر اسب بخار برابر ۷۴۶ وات است، توان متوسط هر یک از موتورها بر حسب اسب بخار برابر است با:

$$\bar{P} = 512 \times 10^3 + 746 = 68632 / 7 \text{ hp} \rightarrow \bar{P} = 686 \times 10^2 \text{ hp}$$

۵۴

تمرین ۲-۱۷

آب ذخیره شده در پشت سد یک نیروگاه برق آبی، از ارتفاع ۹۰٪ متری روی پره‌های توربین می‌ریزد و آن را می‌چرخاند. با چرخش توربین، مولد می‌چرخد و انرژی الکتریکی تولید می‌شود (شکل روبه‌رو). اگر ۸۵٪ درصد کار نیروی گرانش به انرژی الکتریکی تبدیل شود، در هر ثانیه چند مترمکعب آب باید روی توربین بریزد تا توان الکتریکی خروجی مولد نیروگاه به 200 MW برسد؟ جرم هر مترمکعب آب را 1000 kg در نظر بگیرید.

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

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

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

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

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

$$Ra = \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = \frac{E_{\text{خروجی}}}{Ra} = \frac{200 \times 10^6}{0.85} = 235.29 \times 10^6 \text{ J} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = 235 \times 10^6 \text{ J}$$

انرژی ورودی به توربین همان کار نیروی وزن آب است، بنابراین:

$$E_{\text{ورودی}} = W_{\text{وزن}} = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = U_1 = mgh_1 \rightarrow E_{\text{ورودی}} = mgh_1$$

$$\rightarrow 235 \times 10^6 = m \times 10 \times 90 \rightarrow m = \frac{235 \times 10^6}{90} = 2.61 \times 10^6 \text{ kg} \rightarrow m = 261 \times 10^3 \text{ kg}$$

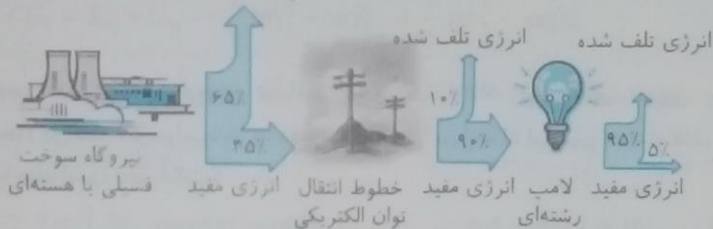
$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{261 \times 10^3}{1000} = 261 \text{ m}^3 \rightarrow V = 261 \text{ m}^3$$

۵۴

فعالیت ۲-۲

شکل زیر طرح‌واره‌ای از درصد انرژی مفید و انرژی تلف‌شده در یک نیروگاه سوخت فسیلی یا 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 لیتر گازوئیل ۳۴/۲ مگاژول انرژی گرمایی تولید می‌شود. برای این که یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات در طول یک ماه به مدت ۱۸۰ ساعت روشن بماند (به طور میانگین هر شبانه‌روز 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:

$$\Delta t = 180 \text{ h} = 180 \times 3600 = 6.48 \times 10^5 \text{ s}$$

$$Ra = 0.35 \times 0.19 = 0.0665$$

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

$$P_{\text{خروجی}} = 100 \text{ W}$$

توان خروجی نیز برابر است با:

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

$$P_{\text{خروجی}} = \frac{E_{\text{خروجی}}}{\Delta t} \rightarrow E_{\text{خروجی}} = P_{\text{خروجی}} \times \Delta t = 100 \times 6.48 \times 10^5 = 6.48 \times 10^7 \text{ J} \rightarrow E_{\text{خروجی}} = 6.48 \times 10^7 \text{ J}$$

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

$$Ra = \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = \frac{E_{\text{خروجی}}}{Ra} = \frac{6.48 \times 10^7}{0.0665} = 9.74 \times 10^8 \text{ J} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = 9.74 \times 10^8 \text{ J}$$

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

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{9.74 \times 10^8}{34.2 \times 10^6} = 28.45 \times 10^1 = 284.5 \text{ L}$$

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

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

با اگر در سراسر ایران، هر خانه در طول یک ماه، معادل انرژی الکتریکی مصرف شده در قسمت الف، صرفه جویی کند. مرتبه بزرگی گازوئیل صرفه جویی شده را تخمین بزنید. $10^7 - 2 \times 10^7 - 20,000,000$: تعداد خانوار در سراسر کشور
 $10^1 - 6/02$: گازوئیل صرفه جویی شده هر خانوار
 $10^8 - 10^7 \times 10^1$: کل گازوئیل صرفه جویی شده

۵۵

فعالیت ۲-۳

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

جرم $m = 70 \text{ kg}$ ، $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ ، $\Delta t = 12 \text{ s}$: زمان طی شده برای بالا رفتن. $h = 6 \text{ m}$: ارتفاع پله ها

کار انجام شده برابر است با تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی:

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

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

از آنجا که هر اسب بخار ۷۴۶ وات است، توان متوسط بر حسب اسب بخار برابر است با:

$$\bar{P} = 350 + 746 = 0.47 \text{ hp} \rightarrow \bar{P} = 0.47 \text{ hp}$$

۵۶

۵۶

پرسش ها و مسئله های فصل ۲

۱- تقریباً بیشتر شهاب سنگ هایی که وارد جو زمین می شوند به دلیل اصطکاک زیاد با ذرات تشکیل دهنده جو، به دمای بالایی می رسند و می سوزند. شکل روبه رو شهاب سنگی به جرم $1/35 \times 10^5 \text{ kg}$ را نشان می دهد که با تندی $4/12 \text{ km/s}$ وارد جو زمین شده است. انرژی جنبشی این شهاب سنگ را به دست آورید. این انرژی را با انرژی جنبشی یک هواپیمای مسافربری به جرم $7/25 \times 10^4 \text{ kg}$ که با تندی 936 km/h در حرکت است مقایسه کنید. ابتدا انرژی جنبشی شهاب سنگ را محاسبه می کنیم:

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

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

$$\rightarrow K_1 = 11/5 \times 10^{11} \text{ J}$$

انرژی جنبشی هواپیمای مسافربری نیز برابر است با:

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

$$K_2 = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 7/25 \times 10^4 \times (260)^2 = 245050 \times 10^4 = 2/45 \times 10^9 \text{ J} \rightarrow K_2 = 0.0245 \times 10^{11}$$

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{11/5 \times 10^{11}}{0.0245 \times 10^{11}} = 469$$

انرژی جنبشی شهاب سنگ تقریباً ۴۶۹ برابر انرژی جنبشی هواپیمای مسافربری است.
 ۲- حدود ۵۰۰۰۰ سال پیش شهاب سنگی در نزدیکی آریزونا ای آمریکا به زمین برخورد کرده و چاله ای بزرگ از خود به جای گذاشته است (شکل روبه رو). با اندازه گیری های جدید (۲۰۰۵ میلادی) برآورد شده است که جرم این شهاب سنگ حدود $1/40 \times 10^8 \text{ kg}$ بوده و با تندی $12/0 \text{ km/s}$ به زمین برخورد کرده است. انرژی جنبشی این شهاب سنگ هنگام برخورد به زمین چقدر بوده است؟ (خوب است بدانید انرژی آزاد شده توسط هر تن TNT برابر $4/18 \times 10^9 \text{ J}$ است.)

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

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

۳- در شکل‌های الف) و ب)، جرم ارابه‌های یکسان است. برای اینکه تندی ارابه‌ها از صفر به مقدار معین v برسد کار انجام شده در هر دو حالت را با هم مقایسه کنید.



$$W_1 = K_2 - K_1$$

طبق قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

$$W_1 = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow W_1 = \frac{1}{2}mv^2$$

کار انجام شده در قسمت الف:

$$W_2 = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}(2m)v_2^2 - \frac{1}{2}(2m)v_1^2 = mv^2 \rightarrow W_2 = mv^2$$

کار انجام شده در قسمت ب:

$$\rightarrow W_2 = 2W_1$$

کار انجام شده در قسمت (ب) دو برابر کار انجام شده در قسمت (الف) است.

۴- ورزشکاری سعی می‌کند توپ بیسبالی به جرم $145g$ را با بیشترین تندی ممکن پرتاب کند. به این منظور، ورزشکار نیرویی به بزرگی $F = 75 N$ تا لحظه پرتاب توپ و در امتداد جابه‌جایی ($d = 1/45 m$) بر آن وارد می‌کند (شکل روبه‌رو). تندی توپ هنگام جدا شدن از دست ورزشکار چقدر است؟

$$m = 145g = 0.145kg, \quad F = 75N, \quad d = 1/45m, \quad v_1 = 0, \quad v_2 = ?$$

$$W_1 = K_2 - K_1 \rightarrow W_F + W_{mg} = K_2 - K_1$$

طبق قضیه کار و انرژی جنبشی:

نیروی وزن عمود بر جابه‌جایی است، بنابراین: $W_{mg} = 0$ ، همچنین انرژی جنبشی اولیه توپ صفر است: $K_1 = 0$.

$$W_F + W_{mg} = K_2 - K_1 \rightarrow W_F = K_2 \rightarrow F \cdot d = \frac{1}{2}mv_2^2 \rightarrow 75 \times 1/45 = \frac{1}{2} \times 0.145 \times v_2^2$$

$$\rightarrow v_2^2 = \frac{75 \times 1/45}{0.5 \times 0.145} = 1500 \rightarrow v_2 = \sqrt{1500} = 38.7 \frac{m}{s} \rightarrow v_2 = 38.7 \frac{m}{s}$$

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

بله، اگر در جابه‌جایی یک جسم نیروهای مقاوم بیشتر از نیروهای محرک باشند، جسم پس از طی مسافتی متوقف و کار کل انجام شده بر روی جسم منفی می‌شود. به بیان دیگر طبق قضیه کار و انرژی جنبشی اگر سرعت جسم کاهش یابد، انرژی جنبشی آن نیز کاهش یافته و مطابق رابطه $W_1 = K_2 - K_1$ ، کار کل نیروهای وارد بر جسم منفی می‌شود.

۶- برای آنکه نیروی خالص، بتواند تندی جسم را از صفر به v برساند باید کار W را روی آن انجام دهد. اگر قرار باشد تندی این جسم از صفر به $3v$ برسد کاری که روی جسم باید انجام شود چند برابر W است؟ طبق قضیه کار و انرژی جنبشی کار نیروی خالص وارد بر جسم برابر است با تغییر انرژی جنبشی جسم.

$$v_1 = 0, \quad v_2 = v, \quad W_1 = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow W_1 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v_1 = 0, \quad v_2 = 3v, \quad W_2 = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}m(3v)^2 = \frac{9}{2}mv^2$$

$$\rightarrow W_2 = 9W_1$$

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

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

چون سطل با تندی ثابت حرکت می‌کند، شخص نیرویی در جهت افقی به آن وارد نمی‌کند.

از طرفی زاویه بین نیروی F و جابه‌جایی d ، 90° است.

$$W = Fd \cos \theta = Fd \cos 90^\circ = 0$$



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



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

شخصی گلوله‌ای برفی به جرم $158g$ را از روی زمین برمی‌دارد و تا ارتفاع $185cm$ بالا می‌برد و سپس آن را با تندی $12/4 m/s$ پرتاب می‌کند. کار انجام شده توسط شخص روی گلوله برف چقدر است؟

$$m = 158g = 0.158kg, h = 185cm = 1.85m, v = 12/4 m/s, W = ?$$

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

$$W_{mg} = -mgh = -0.158 \times 10 \times 1.85 = -2.92J \rightarrow W_{mg} = -2.92J$$

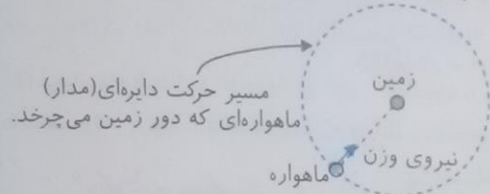
مرحله اول: بالا بردن گلوله برفی

مرحله دوم: پرتاب گلوله

$$W = \Delta K = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = -\frac{1}{2} \times 0.158 \times (12/4)^2 = -12/1J \rightarrow W = -12/1J$$

$$\Rightarrow W_t = W_{mg} + W = -2.92 - 12/1 = -15J \rightarrow W_t = -15J$$

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



نیروی خالص وارد بر ماهواره عمود بر جهت جابه‌جایی است، پس کار کل ماهواره صفر است. از طرفی با توجه به قضیه کار و انرژی، $W_t = \Delta K$ ، تغییرات انرژی جنبشی نیز صفر است، پس انرژی جنبشی ماهواره همواره ثابت می‌ماند.

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

خیر، طبق رابطه $K = \frac{1}{2}mv^2$ انرژی جنبشی به جرم جسم (m) و مجذور سرعت (v^2) بستگی دارد، چون هر دو این عوامل کمیت‌هایی 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 (ΔK) و تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی یک سامانه (ΔU) می‌تواند منفی باشند.

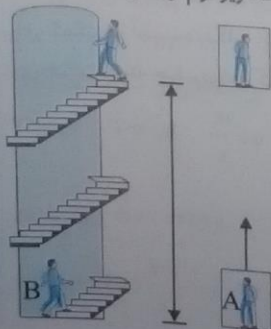
۱۱- دو شخص هم جرم A و B به طبقه سوم ساختمانی می‌روند. شخص A با آسانسور و شخص B به آرامی از پله‌های

ساختمان بالا می‌روند. گزاره‌های درست را با ذکر دلیل مشخص کنید.

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

نا درست، 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.

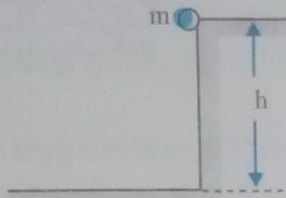
پ) کار نیروی وزن برای هر دو شخص در طول مسیر یکسان است.

درست، می دانیم که کار نیروی وزن در جابه جایی 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 می شوند و نیروی اصطکاک و مقاومت هوا بر آنها وارد نمی شود. در کدام حالت، جسم

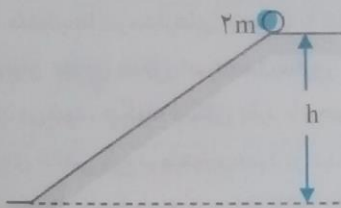
الف) بیشترین تندی را هنگام رسیدن به سطح افقی دارد؟



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

$$E_1 = E_2 \rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \rightarrow mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2$$

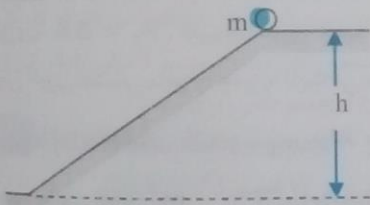
$$\rightarrow gh = \frac{v^2}{2} \rightarrow v^2 = 2gh \rightarrow v = \sqrt{2gh}$$



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

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

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



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

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

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

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

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 شکل هایی 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 روبه رو هواپیمایی که در ارتفاع $225m$ از سطح زمین و با تندی $198 km/h$ پرواز می کند، بسته ای را برای کمک به آسیب دیدگان زلزله رها می کند. تندی بسته هنگام برخورد به زمین چقدر است؟ (از تأثیر مقاومت هوا روی حرکت بسته چشم پوشی کنید.)



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

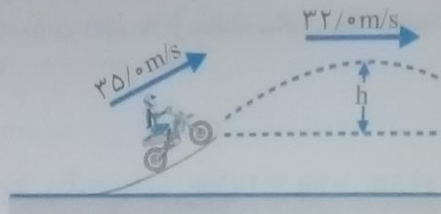
با صرف نظر از نیروی مقاومت هوا در طول مسیر، انرژی مکانیکی اولیه و نهایی بسته برابر است:

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

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

$$\rightarrow v_2^2 = \frac{3762.5}{0.5} = 7525 \rightarrow v_2 = \sqrt{7525} = 86.7 \frac{m}{s} \rightarrow v_2 = 86.7 \frac{m}{s}$$

۱۴- موتورسواری از انتهای سکویی مطابق شکل روبه‌رو، پرشی را با تندی 35 m/s انجام می‌دهد. اگر تندی موتورسوار در بالاترین نقطه مسیرش به 32 m/s برسد، ارتفاع h را پیدا کنید. اصطکاک و مقاومت هوا را در طول مسیر حرکت موتورسوار نادیده بگیرید.

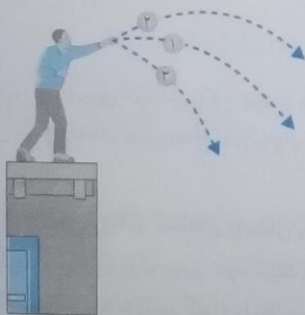


$$v_1 = 35 \frac{m}{s}, \quad h_1 = 0, \quad v_2 = 32 \frac{m}{s}, \quad h_2 = h = ?$$

$$E_1 = E_2 \rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \rightarrow \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} m v_2^2 + m g h \rightarrow \frac{1}{2} v_1^2 = \frac{1}{2} v_2^2 + g h$$

$$\rightarrow \frac{1}{2} \times (35)^2 = \frac{1}{2} \times (32)^2 + 10 \times h \rightarrow 612.5 = 512 + 10 \times h \rightarrow h = \frac{100.5}{10} = 10.05 \text{ m}$$

۱۵- سه توپ مشابه، از بالای ساختمانی با تندی یکسانی پرتاب می‌شوند (شکل روبه‌رو). 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 با یکدیگر برابر است، بنابراین انرژی مکانیکی اولیه مساوی‌اند.

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

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

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

پس انرژی جنبشی توپ‌ها هنگام برخورد با زمین برابر است.

۱۶- گلوله‌ای به جرم 45 g از دهانه تفنگی با تندی $1/22 \text{ km/s}$ و ارتفاع $1/62 \text{ m}$ از سطح زمین شلیک می‌شود. اگر گلوله با تندی $0/425 \text{ km/s}$ به زمین برخورد کند،

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

$$m = 45 \text{ g} = 0.045 \text{ kg}, \quad v_1 = 1/22 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 1/22 \times 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 122 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad h_1 = 1/62 \text{ m}$$

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

$$W_f = E_f - E_i$$

کار نیروهای مقاوم برابر است با تغییر انرژی مکانیکی جسم:

$$E_i = K_i + U_i = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgh_i = \frac{1}{2} \times 0.045 \times (1220)^2 + 0.045 \times 10 \times 1/62 = 33489 + 0.729$$

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

$$E_f = K_f + U_f = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgh_f = \frac{1}{2} \times 0.045 \times (425)^2 = 4064 \text{ J} \rightarrow E_f = 4064 \text{ J}$$

$$W_f = E_f - E_i = 4064 - 33490 = -29426 \text{ J} \rightarrow W_f = -2.94 \times 10^4 \text{ J}$$

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

$$W_{\text{وزن}} = mgh = 0.045 \times 10 \times 1/62 = 0.729 \text{ J} \rightarrow W_{\text{وزن}} = 0.729 \text{ J}$$

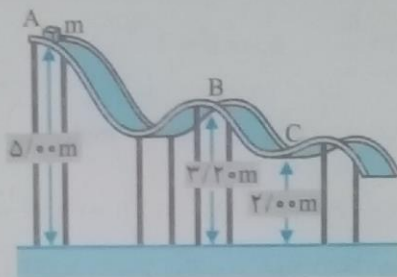
کار نیروی وزن در این حرکت بسیار ناچیز و قابل صرف نظر است.

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

می خورد (شکل زیر). تعیین کنید:

(الف) تندی جسم را در نقطه B

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



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

$$\rightarrow 50 - 15 = \frac{v_B^2}{2} \rightarrow v_B^2 = 70 \rightarrow v_B = \sqrt{70} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(ب) کار نیروی گرانشی را در حرکت جسم از نقطه A تا نقطه C.

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

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

۱۸- شکل روبه 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 تا ارتفاع 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 تا ارتفاع اولیه و حتی بیشتر از آن نیز بالا بیاید.

۱۹- بالابری با تندی ثابت، باری به جرم $6/80 \times 10^3 \text{ kg}$ را در مدت 186 s تا ارتفاع $78/4 \text{ m}$ بالا می برد. اگر جرم

بالابر $3/20 \times 10^3 \text{ kg}$ باشد، توان متوسط موتور آن چند وات و چند اسب بخار است؟

$$m = 6800 + 3200 = 10000 \text{ kg}, \Delta t = 186 \text{ s}, h = 78.4 \text{ m}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

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

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

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

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

$$\bar{P} = 421 / 746 = 0.564 \text{ hp}$$

۲- شخصی به جرم $78 / 5 \text{ kg}$ ، در مدت زمان $84 / 5 \text{ s}$ از تعداد 50 پله بالا می‌رود. توان متوسط مفید او چند وات است؟ ارتفاع هر پله را $28 / 5 \text{ cm}$ فرض کنید.

$$m = 78 / 5 \text{ kg}, \Delta t = 84 \text{ s}, h = 50 \times 28 / 5 = 1425 \text{ cm} = 14 / 25 \text{ m}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

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

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

$$\bar{P}_{\text{مفید}} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{11186 / 25}{84} = 133 \text{ W} \rightarrow \bar{P}_{\text{مفید}} = 133 \text{ W}$$

۲۱- شکل زیر هواپیمایی به جرم $7 / 20 \times 10^4 \text{ kg}$ را نشان می‌دهد که از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از

$$2 / 5 \times 10^3 \text{ m}$$

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

$$m = 7 / 20 \times 10^4 \text{ kg}, v_1 = 0, d = 2050 \text{ m}, v_2 = 254 \times \frac{10}{36} = 70 / 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}, W_t = ?$$

$$W_t = K_2 - K_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 = \frac{1}{2} \times 7 / 20 \times 10^4 \times (70 / 5)^2 = 17892 / 9 \times 10^4 \text{ J}$$

$$\rightarrow W_t = 17892 \times 10^4 \text{ J} = 1 / 78 \times 10^8 \text{ J}$$

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

$$h = 565 \text{ m}, W_{\text{وزن}} = ?$$

ب) کار نیروی وزن چقدر است؟

$$W_{\text{وزن}} = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = -(mgh_2 - mgh_1) = -mg(h_2 - h_1) = -mgh = -7 / 20 \times 10^4 \times 10 \times 565 = -40680 \times 10^4 \text{ J} \rightarrow W_{\text{وزن}} = -40 / 6 \times 10^7 \text{ J}$$

پ) به جز نیروی وزن، چه نیروهای دیگری بر هواپیما اثر می‌کند (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 بر هواپیما اثر می‌کند. چون در این مدت هواپیما 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 بر هواپیما چقدر است؟

$$v_1 = 254 \times \frac{10}{36} = 70 / 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}, v_2 = 328 \times \frac{10}{36} = 91 / 11 \frac{\text{m}}{\text{s}}, W_t = ?$$

$$W_t = K_2 - K_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) = \frac{1}{2} \times 7 / 20 \times 10^4 \times (91 / 11)^2 - (70 / 5)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 7 / 20 \times 10^4 \times 3228 / 96 = 11984 / 25 \times 10^4 \text{ J} \rightarrow W_t = 11984 \times 10^4 \text{ J} = 11 / 9 \times 10^7 \text{ J}$$

ث) توان کل انجام کار توسط نیروهای غیر از وزن را بیابید.

$$W_t = W_{\text{وزن}} + W_{\text{غیر وزن}} \rightarrow W_{\text{غیر وزن}} = W_t - W_{\text{وزن}} = 11 / 9 \times 10^7 - (-40 / 6 \times 10^7)$$

$$= 11 / 9 \times 10^7 + 40 / 6 \times 10^7 \rightarrow W_{\text{غیر وزن}} = 52 / 5 \times 10^7 \text{ J}$$

$$P_{\text{غیر وزن}} = \frac{W_{\text{غیر وزن}}}{\Delta t} = \frac{52 / 5 \times 10^7}{60} = 0.875 \times 10^6 \text{ W} = 8 / 75 \times 10^6 \text{ W} \rightarrow P_{\text{غیر وزن}} = 8 / 75 \text{ MW}$$

۲۲- سالانه نزدیک به ۱۲۵ میلیارد لیتر مواد و فراورده‌های نفتی از طریق حدود $1/40 \times 10^4 \text{ km}$ خطوط لوله در نقاط مختلف کشور توزیع می‌شود. اگر بازده هر یک از پمپ‌های این مرکز ۲۸ درصد باشد توان هر یک از آنها برحسب مگاوات (MW) و اسب بخار (hp) چقدر است؟ (چگالی مواد نفتی را $8/6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ بگیرید.)

$$h_1 = 2/05 \times 10^2 \text{ m}, h_2 = 2/70 \times 10^2 \text{ m}, \text{ بازده} = \frac{28}{100} = 0/28, \rho = 8/60 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, P = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 8/6 \times 10^3 \times 1 = 8/6 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$W_{\text{خروجی}} = \Delta U = U_2 - U_1 = mgh_2 - mgh_1 = mg(h_2 - h_1) = 8/6 \times 10^3 \times 10(2/70 \times 10^2 - 2/05 \times 10^2) \\ = 8/6 \times 10^3 \times 0/65 \times 10^2 = 5/59 \times 10^6 \text{ J} \Rightarrow W_{\text{خروجی}} = E_{\text{خروجی}} = 5/59 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\text{بازده} = \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = \frac{E_{\text{خروجی}}}{\text{بازده}} = \frac{5/59 \times 10^6}{0/28} = 19/9 \times 10^6 \text{ J}$$

$$P = \frac{E_{\text{ورودی}}}{t} = \frac{19/9 \times 10^6}{1} = 19/9 \times 10^6 \text{ W}$$

$$\text{توان هر پمپ} = \frac{19/9 \times 10^6}{2} = 9/95 \times 10^6 \text{ W} \rightarrow 9/95 \times 10^6 \div 746 = 1/23 \times 10^4 \text{ hp}$$

ارزشیابی مستمر

۱- درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید. (۱ نمره)

- الف انرژی جنبشی و کار کمیت‌هایی نرده‌ای هستند. درست نادرست
- ب اگر نیروی خالص غیر صفری بر جسم وارد شود، انرژی جنبشی ثابت باقی می‌ماند. درست نادرست
- ج اگر کار کل انجام شده بر روی جسم منفی باشد، انرژی جنبشی جسم افزایش یافته است. درست نادرست
- د اگر فتری را بکشیم یا فشرده کنیم، کار نیروی فنر در این جابه‌جایی مثبت است. درست نادرست

۲- جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب پر کنید. (۱)

- الف هر چه 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 می‌گویند.
- د کار نیروهای برابر است یا تغییر انرژی مکانیکی جسم.

۳- گزینه درست را مشخص کنید. (۱)

الف اگر جرم جسمی را ۴ برابر و تندی آن را نصف کنیم، انرژی جنبشی آن چند برابر می‌شود؟

الف ۲ برابر ب نصف

ج ۴ برابر د تغییر نمی‌کند.

ب اگر توان متوسط ماشین A، دو برابر توان متوسط ماشین B باشد، در یک زمان ثابت، کار ماشین B چند برابر

کار ماشین A است؟

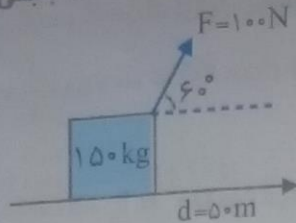
الف ۲ برابر ب ۴ برابر ج نصف د ۳ برابر

۴- مفاهیم زیر را تعریف کنید. (۱)

الف قضیه کار و انرژی جنبشی:

ب انرژی پتانسیل کشسانی:

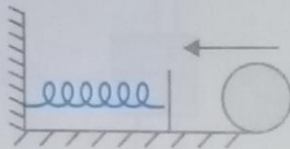
۵- شخصی باری به جرم 15 kg را توسط طنابی که با افق زاویه 60° می‌سازد، با نیروی 100 N به اندازه 5 m متر می‌کشد. اگر کار کل انجام شده در طول مسیر 500 J باشد، نیروی اصطکاک جنبشی چقدر است؟ $(\cos 60^\circ = \frac{1}{2})$



۶- بسته‌ای به جرم 800 kg با طنابی که به بالگردی متصل است از روی زمین بلند می‌شود. اگر بالگرد نیروی 1200 N را در راستای قائم بر بسته وارد و سرعت رو به بالای آن در ارتفاع 45 m متر به $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ برساند، کار نیروی مقاومت هوا در طول مسیر چقدر است؟ $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$ $(1/25)$

۷- موتورسواری با جرم 200 kg از بالای تپه‌ای به ارتفاع 5 m به بالای تپه‌ای دیگر به ارتفاع 8 m می‌برد. کار نیروی وزن موتورسوار در این جابه‌جایی چقدر است؟ $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$ $(0/5)$

۸- مطابق شکل زیر جسمی با انرژی جنبشی 5 J فتری برخورد کرده و آن را فشرده می‌کند. اگر در لحظه توقف جسم، انرژی پتانسیل کشسانی فتر 4 J باشد، کار نیروی اصطکاک جنبشی در این جابه‌جایی چقدر است؟ $(0/75)$



۹- توپی از ارتفاع 4 m متری سطح زمین با سرعت $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ رو به بالا پرتاب می‌شود. با نادیده گرفتن نیروی مقاومت هوا، سرعت پرتاب توپ در ارتفاع 8 m متری از سطح زمین چقدر است؟ $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$ $(0/75)$

۱۰- توان ورودی یک پمپ آب 2 kW و بازده آن 70% درصد است. این پمپ در هر دقیقه چند کیلوگرم آب را از عمق 28 m متری یک چاه با تندی ثابت بالا می‌آورد؟ $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$ $(1/5)$

پاسخ ارزشیابی مستمر

۱ الف) درست (0/25)، ب) نادرست (0/25)، ج) نادرست (0/25)، د) نادرست (0/25)

۲ الف) درونی (0/25)، ب) 746 J (0/25)، ج) بازده (0/25)، د) مقاوم (0/25)

۳ الف) گزینه (د) (0/5)

$$m_2 = 4m_1, \quad v_2 = \frac{1}{2}v_1, \quad \frac{K_2}{K_1} = ?$$

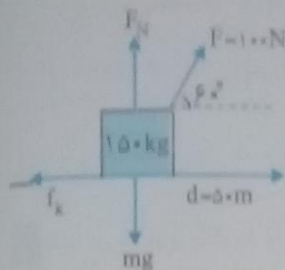
$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{1}{2}m_2 v_2^2}{\frac{1}{2}m_1 v_1^2} = \frac{m_2 v_2^2}{m_1 v_1^2} = \frac{4m_1 \times (\frac{1}{2}v_1)^2}{m_1 v_1^2} = \frac{4m_1 \times \frac{1}{4}v_1^2}{m_1 v_1^2} = 4 \times \frac{1}{4} = 1 \rightarrow \frac{K_2}{K_1} = 1 \rightarrow K_1 = K_2$$

$$\bar{P}_A = 2\bar{P}_B, \quad \Delta t_A = \Delta t_B, \quad \frac{W_B}{W_A} = ?$$

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} \rightarrow W = \bar{P} \times \Delta t \rightarrow \frac{W_B}{W_A} = \frac{\bar{P}_B \times \Delta t_B}{\bar{P}_A \times \Delta t_A} = \frac{\bar{P}_B}{\bar{P}_A} = \frac{\bar{P}_B}{2\bar{P}_A} = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{W_B}{W_A} = \frac{1}{2}$$

ب) گزینه (ج) (0/5)

- ۴ الف) کار کل انجام شده بر روی جسم برابر است با تغییر انرژی جنبشی جسم $(W_T = \Delta K = K_f - K_i)$ (۰/۵)
 ب) انرژی که به دلیل تغییر طول در یک فنر ذخیره می‌شود را انرژی پتانسیل کشسانی می‌گویند. (۰/۵)
 ۵ ابتدا نیروهای وارد شده بر جسم را مشخص کرده و کار هر یک از آنها را محاسبه می‌کنیم.



$$W_F = F d \cos 60^\circ = 100 \times 50 \times \frac{1}{2} = 2500 \text{ J} \rightarrow W_F = 2500 \text{ J} (0/25)$$

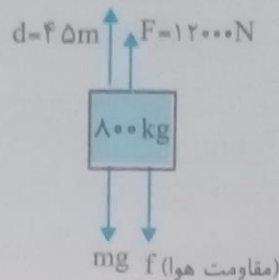
$$W_{f_k} = f_k d \cos 180^\circ = f_k \times 50 \times (-1) = -50 f_k \rightarrow W_{f_k} = -50 f_k (0/25)$$

چون نیروهای وزن و عمودی سطح، عمود بر جابه‌جایی هستند، (۰/۲۵) کار این نیروها صفر است:

$$W_{f_N} = W_{mg} = 0 (0/25)$$

$$W_T = \cancel{W_{f_N}} + \cancel{W_{mg}} + W_F + W_{f_k} = W_F + W_{f_k} \rightarrow 500 = 2500 - 50 f_k \rightarrow -2000 = -50 f_k$$

$$\rightarrow f_k = \frac{-2000}{-50} = 40 \text{ N} \rightarrow f_k = 40 \text{ N} (0/25)$$



$$m = 800 \text{ kg}, v_1 = 0, F = 12000 \text{ N}, d = 45 \text{ m}, v_f = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}, W_{\text{مقاومت هوا}} = ?$$

نیروهایی که به این بسته وارد می‌شوند عبارتند از: نیروی بالگرد، نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا.
 با توجه به قضیه کار و انرژی:

$$W_T = K_f - K_i \rightarrow W_F + W_{mg} + W_f = K_f - \cancel{K_i} \rightarrow W_f = K_f - W_F - W_{mg} (0/25)$$

$$K_f = \frac{1}{2} m v_f^2 = \frac{1}{2} \times 800 \times 10^2 = 40000 \text{ J} (0/25)$$

$$W_F = F \cdot d = 12000 \times 45 = 540000 \text{ J} (0/25)$$

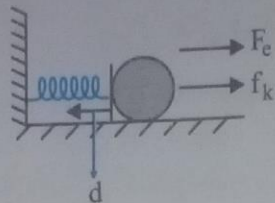
$$W_{mg} = mg d \cos 180^\circ = 800 \times 10 \times 45 \times (-1) = -360000 \text{ J} (0/25)$$

$$\rightarrow W_f = 40000 - 540000 - (-360000) = -140000 \text{ J} \rightarrow W_f = -140000 \text{ J} (0/25)$$

$$m = 200 \text{ kg}, h_1 = 5 \text{ m}, h_f = 18 \text{ m}, W_{\text{وزن}} = ?$$

$$W_{\text{وزن}} = -\Delta U = -(U_f - U_1) = -mg(h_f - h_1) = -200 \times 10 \times (18 - 5) = -26000 \text{ J} \rightarrow W_{\text{وزن}} = -26000 \text{ J} (0/25)$$

نیروهایی که به جسم وارد می‌شوند عبارتند از: نیروی فنر (F_c) و نیروی اصطکاک جنبشی (f_k)



جسم : $K_1 = 50 \text{ J}$, $K_2 = 0$
 فنر : $U_1 = 0$, $U_2 = 40 \text{ J}$

$$W_{F_c} = -\Delta U_{\text{کشسانی}} = -(U_2 - U_1) = -(40 - 0) = -40 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$W_t = K_2 - K_1 \rightarrow W_{F_c} + W_{f_k} = K_2 - K_1 \quad (0/25) \rightarrow -40 + W_{f_k} = 0 - 50$$

$$\rightarrow W_{f_k} = -50 + 40 = -10 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$h_1 = 4 \text{ m} , v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} , h_2 = 8 \text{ m} , v_2 = ?$$

با نادیده گرفتن نیروی مقاومت هوا داریم:

$$E_1 = E_2 \rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \rightarrow \frac{1}{2} m v_1^2 + m g h_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 + m g h_2 \quad (0/25)$$

$$\rightarrow \frac{1}{2} v_1^2 + g h_1 = \frac{1}{2} v_2^2 + g h_2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 10^2 + 10 \times 4 = \frac{1}{2} \times v_2^2 + 10 \times 8 \rightarrow 50 + 40 = \frac{1}{2} \times v_2^2 + 80 \quad (0/25)$$

$$90 - 80 = \frac{1}{2} v_2^2 \rightarrow 10 = \frac{1}{2} v_2^2 \rightarrow v_2^2 = 20 \rightarrow v_2 = \sqrt{20} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2\sqrt{5} \quad (0/25)$$

$$P_{\text{ورودی}} = 2 \text{ kW} = 2000 \text{ W} , R_a = \frac{70}{100} = 0.7 , \Delta t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s} , h = 28 \text{ m} , m = ?$$

ابتدا با استفاده از توان ورودی، انرژی ورودی را محاسبه می‌کنیم:

$$P_{\text{ورودی}} = \frac{E_{\text{ورودی}}}{\Delta t} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = P_{\text{ورودی}} \times \Delta t = 2000 \times 60 = 120000 \text{ J} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = 120000 \text{ J} \quad (0/25)$$

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

$$R_a = \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} \rightarrow E_{\text{خروجی}} = R_a \times E_{\text{ورودی}} = 0.7 \times 120000 = 84000 \text{ J} \rightarrow E_{\text{خروجی}} = 84000 \text{ J} \quad (0/25)$$

انرژی خروجی با تغییر انرژی پتانسیل گرانشی آب برابر است، بنابراین:

$$E_{\text{خروجی}} = \Delta U = m g h \rightarrow 84000 = m \times 10 \times 28 \rightarrow m = \frac{84000}{280} = 300 \text{ kg} \rightarrow m = 300 \text{ kg} \quad (0/25)$$

کلیدواژه

حالات های ماده - حرکت براونی - پلاسم - کشش سطحی - اثر موینگی - ترشوندگی - هم چسبی و دگرچسبی - فشار شاره - فشارسنج - اصل ارشمیدس - شناوری - اصل برنولی

مباحث آموزشی

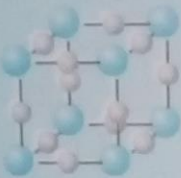
حالات های ماده

الف) جامد: خصوصیات یک جسم جامد عبارت است از:

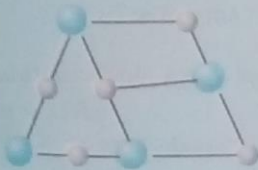
- ۱- شکل و حجم معینی دارد.
- ۲- نیروی بین اتم های آن از نوع الکتریکی است.
- ۳- اتم ها در مکان های مشخصی قرار دارند و حول این مکان ها نوسان می کنند.
- ۴- در اثر گرما دامنه نوسان ها بیشتر شده و جسم جامد منبسط می شود.
- ۵- نیروی بین اتم ها شبیه فنرهایی است که اتم ها را کنار هم نگه داشته و مانع از آن می شود که اتم ها از حد معینی به هم نزدیک یا از هم دور شوند.

انواع جامدها:

۱- جامدهای بلورین: در این جامدها اتم ها در طرح های منظمی کنار هم قرار گرفته و جسم جامد از تکرار این طرح ها پدید می آید. جامدهای بلورین معمولاً از سرد کردن تدریجی مایع مذاب و یا محلول آنها پدید می آیند، زیرا در این حالت مولکول ها فرصت دارند تا در طرح های منظم، خود را مرتب کنند. مثال: انواع فلزات، نمک ها، الماس و سنگ های معدنی.



۲- جامدهای بی شکل (آمورف): در این جامدها، مولکول ها در طرح منظمی کنار هم قرار ندارند و معمولاً از سرد کردن سریع مایع مذاب پدید می آیند؛ زیرا در این حالت مولکول ها فرصت کافی ندارند تا در طرحی منظم قرار گیرند و در نتیجه در وضعیت نامنظمی که در حالت مایع داشتند باقی می ماندند: مثال شیشه، قیر و ...



ب) مایع

مولکول های مایع نظم و تقارن اتمی جامدهای بلورین را ندارند و به صورت نامنظم کنار هم قرار می گیرند. مایع ها به راحتی جاری می شوند و شکل ظرف را به خود می گیرند.

نکته: فاصله ذرات در حالت جامد و مایع تقریباً یکسان است.

نکته: در مایع ها پدیده پخش رخ می دهد. این پدیده ناشی از حرکت نامنظم و کاتوره ای مولکول های مایع است، مانند پخش شدن جوهر در آب.

نکته: مایع ها تراکم ناپذیر هستند.

ج) گاز

اتم ها و مولکول ها در گاز، آزادانه و با تندى زیاد، حرکت و با یکدیگر و دیواره ظرف برخورد می کنند. در گازها فاصله بین مولکول ها نسبت به اندازه مولکول ها بسیار زیاد است.

حرکت براونی: حرکت نامنظم و کاتوره ای مولکول های یک گاز را «حرکت براونی» می گویند.



نکته: پدیده پخش در گازها نیز وجود دارد، مثل پخش شدن عطر در هوا.

نکته: گازها برخلاف جامدها و مایع ها تراکم پذیر هستند.

این حالت ماده در دماهای بسیار بالا ایجاد می‌شود. در این حالت یک یا چند الکترون از اتم جدا شده و مانده‌های شش مجموعه‌ای از الکترون‌های آزاد، یون‌ها و اتم‌های خنثی که حاوی مقادیر برابر از بارهای مثبت و منفی هستند، تشکیل می‌شود که به آن پلاسما می‌گویند. نکته: ویژگی‌های فیزیکی تمام مواد از قبیل نقطه ذوب، رسانندگی الکتریکی و گرمایی، شفافیت، استحکام و ... در مقیاس نانو تغییر می‌کند.

نکته: برای تغییر ویژگی‌های 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، ویژگی‌های فیزیکی تغییر می‌کند. مثل نانو لایه‌ها.

نیروهای بین مولکولی

نیروی هم‌چسبی: نیروی جاذبه بین مولکول‌های یک ماده را «نیروی هم‌چسبی» می‌گویند.
 نیروی دگرچسبی: نیروی جاذبه بین مولکول‌های دو ماده مختلف را «نیروی دگرچسبی» می‌گویند.
 کشش سطحی: ناشی از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های سطح مایع است. به این ترتیب که جاذبه بین مولکول‌های سطح مایع آن را شبیه یک پوسته کشیده می‌کند که مانع از نفوذ اجسام خارجی به داخل مایع می‌شود. مثل شاور ماندن گیره بر روی آب، تشکیل حباب صابون، تشکیل قطرات کروی آب هنگام سقوط و راه رفتن برخی حشرات بر روی آب.
 ترشوندگی: هرگاه مایعی در تماس با جامد باشد، دو حالت ممکن است ایجاد شود:

- ۱- اگر نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع بیشتر باشد، مایع جامد را تر می‌کند، مثل آب بر سطح شیشه.
- ۲- اگر نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد بیشتر باشد، مایع جامد را تر نمی‌کند، مثل جیوه بر سطح شیشه.

اثر مویینگی

الف: لوله مویین در ظرف آب دارای ویژگی‌های زیر است:

- ۱- آب در لوله مویین بالا می‌رود و سطح آن بالاتر از سطح آب در ظرف قرار می‌گیرد.
- ۲- هر چه قطر لوله کمتر باشد، ارتفاع ستون آب در آن بیشتر است.
- ۳- سطح آب در لوله مویین فرورفته است.



توجه: فیزیکی این پدیده: چون نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و شیشه بیشتر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است، آب تمایل به چسبیدن به دیواره شیشه را دارد. در نتیجه آب در لوله بالا می‌رود.

ب: لوله مویین در ظرف جیوه دارای ویژگی‌های زیر است:

- ۱) جیوه در لوله مویین بالا می‌رود و سطح آن پایین‌تر از سطح جیوه در ظرف قرار می‌گیرد.
- ۲) هر چه قطر لوله کمتر باشد، ارتفاع ستون جیوه در آن کمتر است.
- ۳) سطح جیوه در لوله مویین برآمده است.



توجه: فیزیکی این پدیده: چون نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های جیوه از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های جیوه و شیشه بیشتر است، جیوه سطح شیشه را تر نمی‌کند. در نتیجه سطح جیوه در لوله مویین پایین‌تر از سطح جیوه در ظرف است.
 در لوله‌های مویین وزن مایع جابه‌جا شده نسبت به سطح یا برآیند نیروهای هم‌چسبی یا دگرچسبی برابری است.
 فشار در شاره‌ها: به مایع‌ها و گازها شاره می‌گویند.

نکته: اگر جسمی داخل شاره‌ای قرار گیرد، نیرویی از طرف شاره بر هر سطح جسم وارد می‌شود که ناشی از برخورد مولکول‌های شاره با سطح است.

نکته: فشاری که بر یک سطح درون شاره وارد می‌شود از رابطه مقابل به دست می‌آید:

مثال: اگر فشار هوای داخل یک هواپیما 10^5 Pa باشد، چه نیرویی از طرف هوای داخل، بر پنجره‌ای دایره‌ای شکل به شعاع 0.27 m وارد می‌شود؟ ($\pi = 3$)

$$P = 10^5 \text{ Pa}, \quad A = \pi r^2 = 3 \times (0.27)^2 = 3 \times 0.09 = 0.27 \text{ m}^2, \quad F = ?$$

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow F = P \cdot A = 10^5 \times 0.27 = 27000 \text{ N} \rightarrow F = 27000 \text{ N}$$

نکته: اختلاف فشار دو نقطه از یک شاره با اختلاف ارتفاع h برابر است با:

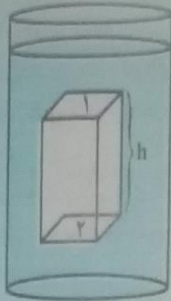
$$P_2 - P_1 = \rho gh \rightarrow P_2 = P_1 + \rho gh$$

در این رابطه:

P_2 : فشار در سطح پایین بر حسب Pa ، P_1 : فشار در سطح بالا بر حسب Pa

ρ : چگالی مایع بر حسب $\frac{kg}{m^3}$ ، g : شتاب گرانشی بر حسب $\frac{N}{kg}$

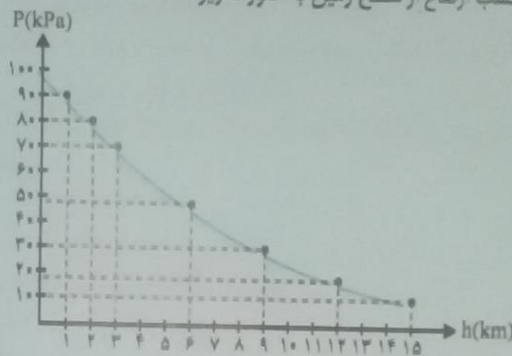
h : اختلاف ارتفاع بر حسب m



در مورد رابطه فوق توجه به دو نکته زیر ضروری است:

- این رابطه برای هر شاره ساکن در حال تعادل، چه مایع و چه گاز برقرار است.
- چون با افزایش ارتفاع، چگالی هوا ثابت نبوده و به شدت کاهش می‌یابد، برای محاسبه اختلاف فشار دو نقطه از هوا اگر اختلاف ارتفاع زیاد باشد از رابطه $P_2 = P_1 + \rho gh$ نمی‌توان استفاده کرد.

نکته: نمودار تغییرات فشار هوا بر حسب ارتفاع از سطح زمین به صورت زیر است:



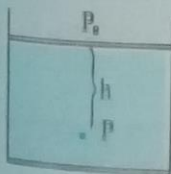
مثال: مخروطی استوانه‌ای شکل به ارتفاع ۵۰cm درون شاره‌ای غوطه‌ور است. اگر فشار شاره در بالا و ته مخروط به ترتیب

۱۲۰ kPa و ۱۵۰ kPa باشد، چگالی شاره چقدر است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

$$h = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m} , P_2 = 150 \times 10^3 \text{ Pa} , P_1 = 120 \times 10^3 \text{ Pa} , \rho = ?$$

$$P_2 = P_1 + \rho gh \rightarrow 150000 = 120000 + \rho \times 10 \times 0.5 \rightarrow 30000 = 5\rho \rightarrow \rho = \frac{30000}{5} = 6000 \frac{kg}{m^3}$$

نکته: فشار در عمق h از یک مایع برابر است با:



$$P = P_0 + \rho gh$$

فشار مایع
↑
فشار در سطح مایع

نکته: فشار هوا در سطح دریای آزاد $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ است که به آن یک اتمسفر (atm) می‌گویند.

نکته: با توجه به کم بودن چگالی گازها، در محفظه‌های کوچک گاز اختلاف فشار در نقاط مختلف بسیار ناچیز است و می‌توان فشار گاز یک محفظه را در تمام نقاط آن ثابت در نظر گرفت.

مثال ۱: اگر چگالی آب دریاچه‌ای $1.0 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$ و فشار هوا در سطح دریاچه $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ باشد، فشار در عمق ۵۰ متری

این دریاچه چقدر است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

$$\rho = 1.0 \times 10^3 \frac{kg}{m^3} , P_0 = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa} , h = 50 \text{ m} , P = ?$$

$$P = P_0 + \rho gh = 1.01 \times 10^5 + 1.0 \times 10^3 \times 10 \times 50 = 1.01 \times 10^5 + 5 \times 10^5 = 6.01 \times 10^5 \rightarrow P = 6.01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

مثال ۲: غواصی در عمق ۱۰ متری آب دریاچه‌ای شنا می‌کند. اگر مساحت سراین غواص 200 cm^2 فرض شود، اندازه نیرویی که بر سر این غواص وارد می‌شود چند نیوتون است؟

$$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, P_0 = 10^5 \text{ Pa})$$

$$h = 10 \text{ m}, A = 200 \text{ cm}^2 = 200 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

بنابراین باید فشار وارد بر سر غواص را در این عمق محاسبه کنیم:

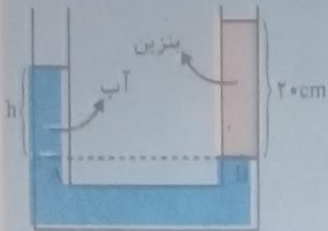
$$P = P_0 + \rho gh = 10^5 + 1000 \times 10 \times 10 = 10^5 + 10^5 = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow F = P \cdot A = 2 \times 10^5 \times 200 \times 10^{-4} = 40000 \text{ N} \rightarrow F = 40000 \text{ N}$$

مثال ۳: در یک لوله U شکل مقداری آب قرار دارد. در شاخه سمت راست آنقدر بنزین می‌ریزیم تا ارتفاع آن به 20 cm برسد.

$$\text{تفاوت ارتفاع آب در دو شاخه چقدر است؟ } (\rho_{\text{بنزین}} = 700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

فشار در نقاط هم‌تراز یکسان است، بنابراین: $P_A = P_B$

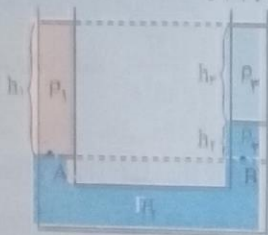


$$\rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} = \rho_{\text{بنزین}} g h_{\text{بنزین}} + \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} \rightarrow \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{بنزین}} h_{\text{بنزین}}$$

$$\rightarrow \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{بنزین}} h_{\text{بنزین}} \rightarrow 1000 \times h_{\text{آب}} = 700 \times 20 \rightarrow h_{\text{آب}} = \frac{14000}{1000} = 14 \text{ cm} \rightarrow h_{\text{آب}} = 14 \text{ cm}$$

نکته: چون $h_{\text{بنزین}}$ بر حسب سانتی‌متر نوشته شده، $h_{\text{آب}}$ نیز بر حسب سانتی‌متر به دست می‌آید.

مثال ۴: سه مایع مخلوط نشده‌ی مطابق شکل در ظرف U شکلی به حالت تعادل قرار دارند. مقدار ρ_1 را محاسبه کنید.



$$(\rho_2 = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \rho_3 = 13 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, h_1 = 30 \text{ cm}, h_2 = 20 \text{ cm})$$

$$h_3 = h_1 - h_2 = 30 - 20 = 10 \text{ cm} \rightarrow h_3 = 10 \text{ cm}$$

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3 \rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3$$

$$\rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3 \rightarrow \rho_1 \times 30 = 13 \times 10 + 1 \times 20 \rightarrow 30 \rho_1 = 150 \rightarrow \rho_1 = \frac{150}{30} = 5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

مثال ۵: فشار در کف یک استخر پر از آب به عمق ۱۰ متر برابر $2 \times 10^5 \text{ Pa}$ است.

$$(P_0 = 10^5 \text{ Pa}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) \text{ چگالی آب استخر چقدر است؟}$$

$$P = P_0 + \rho gh \rightarrow 2 \times 10^5 = 10^5 + \rho \times 10 \times 10 \rightarrow 2 \times 10^5 - 1 \times 10^5 = 100 \rho \rightarrow 1 \times 10^5 = 100 \rho$$

$$\rightarrow \rho = \frac{1 \times 10^5}{100} = 1000 \rightarrow \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

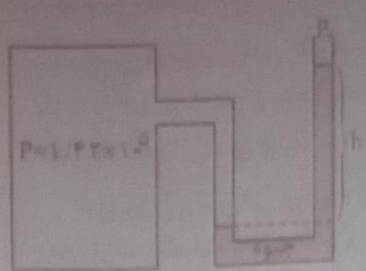
مثال ۶: اگر استخر مکعب مستطیلی با مساحت قاعده 50 m^2 فرض شود، جرم آب داخل استخر چند کیلوگرم است؟

$$(\rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

$$V = 50 \times 10 = 500 \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 1000 \times 500 = 5 \times 10^5 \text{ kg} \rightarrow m = 5 \times 10^5 \text{ kg}$$

تفاوت ارتفاع ستون جیوه در دو شاخه چقدر است؟



$$P = P_0 + \rho_{\text{جیوه}} gh$$

$$\rightarrow 1.42 \times 10^5 = 1.01 \times 10^5 + 13000 \times 10 \times h$$

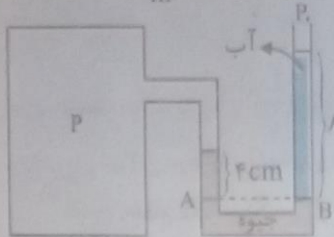
$$142000 = 101000 + 130000h \rightarrow \Delta 2000 = 130000h$$

$$\rightarrow h = \frac{\Delta 2000}{130000} = \frac{2}{13} = 0.154 \text{ m} \rightarrow h = 15.4 \text{ cm}$$

$$P_g = P - P_0 = 142000 - 101000 = \Delta 2000 \text{ Pa} \rightarrow P_g = \Delta 2000 \text{ Pa}$$

با فشار پیمانه‌ای گاز چقدر است؟
مثال ۴ در فشارسنج زیر:
الف) فشار مخزن را محاسبه کنید.

$$(\rho_{\text{جیوه}} = 13000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad \rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad P_0 = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa})$$



$$P_A = P_B \rightarrow P + \rho_{\text{جیوه}} gh_{\text{جیوه}} = P_0 + \rho_{\text{آب}} gh_{\text{آب}}$$

$$P + 13000 \times 10 \times 0.04 = 101000 + 1000 \times 10 \times 0.04$$

$$\rightarrow P + \Delta 2000 = 101000 + 4000$$

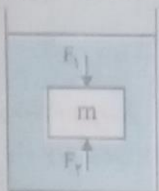
$$\rightarrow P = 101000 - \Delta 2000 = 99000 \text{ Pa} \rightarrow P = 9.9 \times 10^4 \text{ Pa}$$

با فشار پیمانه‌ای مخزن چقدر است؟

$$P_g = P - P_0 = 99000 - 101000 = -2000 \text{ Pa} \rightarrow P_g = -2000 \text{ Pa}$$

اصل ارشمیدس

وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فرو رود، نیرویی رو به بالا به اندازه وزن شاره جابه‌جا شده توسط جسم، به جسم وارد می‌شود. نکته: چون فشار شاره در قسمت‌های عمیق‌تر بیشتر است، نیرویی که از طرف شاره به بخش‌های عمیق‌تر وارد می‌شود، بیشتر است؛ در نتیجه نیروی بالاسوی خالصی به جسم وارد شده که با وزن شاره جابه‌جا شده برابر است.

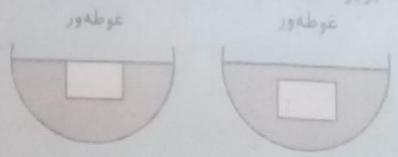


$$F_2 > F_1$$

نیروی شناوری، به نیروی بالاسوی خالصی که به جسم درون شاره وارد شده و با وزن شاره جابه‌جا شده برابر است، نیروی شناوری می‌گویند و آن را با F_B نشان می‌دهند.

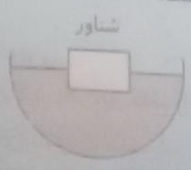
نکته: اگر جسم در شاره غوطه‌ور باشد، حجم جسم و حجم شاره جابه‌جا شده برابر است:

$$V_{\text{جسم}} = V_{\text{شاره جابه‌جا شده}}$$



نکته: اگر جسم بر روی شاره شناور باشد، حجم جسم بیشتر از حجم شاره جابه‌جا شده است:

$$V_{\text{جسم}} > V_{\text{شاره جابه‌جا شده}}$$



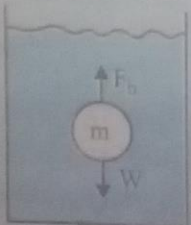
نکته: برای جسمی که درون یک شاره قرار دارد:

۱- اگر نیروی شناوری بیشتر از وزن جسم باشد، جسم در شاره بالا آمده و شناور می‌ماند.

$$F_B > W_{\text{جسم}} \rightarrow \text{شناور}$$

۲- اگر نیروی شناوری برابر با وزن جسم باشد، جسم در شاره غوطه‌ور می‌ماند.

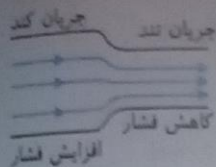
$$F_B = W_{\text{جسم}} \rightarrow \text{غوطه‌ور}$$



۳- اگر نیروی شناوری کمتر از وزن جسم باشد، جسم در شاره فرو می‌رود.

$$F_B < W_{\text{جسم}} \rightarrow \text{فرو رفتن}$$

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

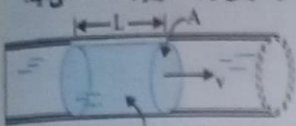


نکته: طبق اصل برنولی فشار و تندی یک شاره نسبت عکس دارند.

نکته: به جریانی که در آن سرعت همه ذراتی که از نقطه معینی می‌گذرند، ثابت باشد، جریان پایا می‌گویند.

نکته: اصل برنولی بر طبق این فرضیات است:

- ۱- شاره تراکم‌ناپذیر است. ۲- هنگام حرکت شاره اما اتلاف انرژی وجود ندارد. ۳- حرکت شاره پایا است (متلاطم نیست).
- آهنگ جریان شاره: نسبت حجم شاره جابه‌جا 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 به دست می‌آید:



$$Av = \text{آهنگ جریان شاره} \rightarrow Av = \frac{\text{حجم شاره}}{t} = \frac{AL}{t}$$

حجم این بخش از شاره برابر AL است.

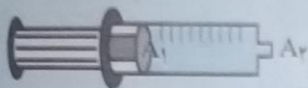
نکته: نسبت مسافت به زمان ($\frac{L}{t}$) در حرکت یکنواخت شاره برابر تندی شاره (v) است.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

معادله پیوستگی: در شاره تراکم‌ناپذیر، آهنگ حرکت شاره در سطح مقطع‌های متفاوت برابر است:

مثال: سطح مقطع یک سرنگ پر از آب 0.4 cm^2 و سطح مقطع دهانه خروجی آن 0.3 mm^2 است. اگر سرنگ با تندی

$1.5 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ فشرده شود، تندی خروجی آب از دهانه آن چقدر است؟



$$A_1 = 0.4 \text{ cm}^2, v_1 = 1.5 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$A_2 = 0.3 \text{ mm}^2 = 0.3 \times 10^{-2} \text{ cm}^2, v_2 = ?$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow 0.4 \times 1.5 = 0.3 \times 10^{-2} \times v_2 \rightarrow v_2 = \frac{1.5}{10^{-2}} = 1.5 \times 10^2 = 150 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

نکته: در معادله پیوستگی باید یک‌گانه‌های A و v در دو طرف معادله یکسان باشد.

مثال ۲: یک لوله آبیاری با قطر داخلی 3 cm به یک آبپاش که سر آن 50 روزنه با قطر 0.3 mm دارد وصل شده است. اگر تندی آب

در لوله $90 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ باشد، تندی آب در زمان خروج از آب‌پاش چقدر است؟ ($\pi = 3$)

سطح مقطع لوله $A_1 = \pi r^2 = 3 \times 1^2 = 3 \text{ cm}^2 \rightarrow A_1 = 3 \text{ cm}^2$ قطر لوله: $2 \text{ cm} \rightarrow r_{\text{لوله}} = 1 \text{ cm}$

مساحت روزنه‌ها $A_2 = \pi r^2 = 3 \times (1 \times 10^{-2})^2 = 3 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \rightarrow A_2 = 3 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ قطر هر روزنه: $0.3 \text{ mm} \rightarrow r_{\text{روزنه}} = 0.15 \text{ mm} = 0.15 \times 10^{-2} \text{ cm}$

سطح مقطع هر روزنه $A = 3 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$

مساحت روزنه‌ها $A_2 = 50 \times 3 \times 10^{-4} = 150 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow 3 \times 90 = 150 \times 10^{-4} \times v_2$$

$$\rightarrow v_2 = \frac{3 \times 90}{150 \times 10^{-4}} = \frac{270}{150 \times 10^{-4}} = 1.8 \times 10^3 = 1800 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

کاربردهایی از اصل برنولی

۱- چرا وقتی سطح بالایی یک ورق کاغذ را فوت می‌کنیم، ورق کاغذ به سمت بالا حرکت می‌کند؟

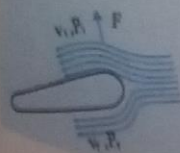
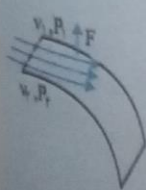
با فوت کردن، هوای بالایی کاغذ سریع‌تر جریان می‌یابد و بنا به اصل برنولی فشار آن کاهش می‌یابد. در نتیجه فشار هوای سطح زیرین که بیشتر است کاغذ را به طرف بالا حرکت می‌دهد.

$$v_1 > v_2 \rightarrow P_1 < P_2$$

۲- نیروی بالابر وارد بر هواپیما در حین حرکت چگونه ایجاد می‌شود؟

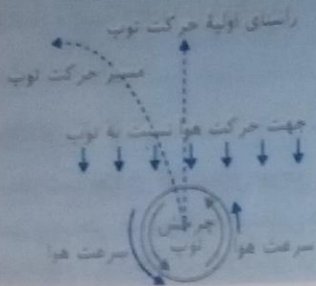
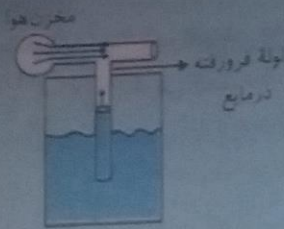
طراحی بال هواپیما به گونه‌ای است که تندی هوا در بالای بال بیشتر از زیر آن است. در نتیجه فشار هوای بالایی کمتر از فشار هوای زیرین شده و نیروی بالابر خالصی به بال هواپیما وارد می‌شود.

$$v_1 > v_2 \rightarrow P_1 < P_2$$



چگونه سببش معمولی یا شیشه عطر چگونه کار می کند؟

با بطری مخزن هوا یا اهرم، جریان سریع هوا در بالای لوله فرورفته در مایع، ایجاد و کاهش فشار هوای بالای لوله می شود، بنابراین شاره در لوله بالا آمده و با جریان هوا مخلوط و از طریق روزنه به بیرون پاشیده می شود.



۳- حرکت کات دار توپ فوتبال چگونه ایجاد می شود؟

در حرکت کات دار ضربه پا به گونه ای به توپ وارد می شود که توپ در حین جلو رفتن در یک جهت خاص می چرخد. چرخش توپ باعث چرخش هوای اطراف توپ شده و هوای در یک سمت توپ بیشتر از سمت دیگر می شود در نتیجه طبق اصل برنولی بین دو طرف توپ در حین حرکت اختلاف فشار ایجاد شده و توپ به یک سمت منحرف می گردد. با کاهش سرعت چرخش توپ در طول حرکت اختلاف فشار کاهش و توپ پس از طی مسیری خمیده، به راستای اولیه خود باز می گردد.

فعالیت ۱-۳

فلزی یکی از هنرهای صنعتی ایران و با قدمتی چندین هزار ساله است. تحقیق کنید صنعتگران فلز زن، چگونه از شل و سفت شدن قیر کمک می گیرند تا بدون سوراخ شدن فلز، بر روی 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 ضربات چکش، قیر را گرمادادن شل کرده و داخل ظروف کار خود می ریزند تا سطح داخلی آن را به طور کامل بپوشاند. هر چه قیر داغ تر باشد فلز در حین ضربه بیشتر فرو می رود. از قیر سفت شده نیز برای استحکام بخشی و جلوگیری از فرو رفتن بیش از حد سطح و شکستن فلز در برابر ضربه و همچنین کاهش سروصدا استفاده می کنند. در برخی از موارد نیز به قیر گچ اضافه می کنند. تا ثرد و شکننده شده بعد از کار به آسانی از سطح جدا شود.

فعالیت ۲-۳

یک سرنگ، مثلاً ۱۰ سی سی اختیار کنید. پیستون آن را بکشید تا هوا وارد سرنگ شود. انگشت خود را محکم روی دهانه خروجی سرنگ قرار دهید و تا جایی که می توانید پیستون را حرکت دهید تا هوای درون سرنگ متراکم شود. هوای درون سرنگ را خالی و آن را تا نیمه از آب پر کنید. با مسدود 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 مایع ها می گیرید؟ توضیح دهید. چون فاصله بین مولکولی در مایع ها کم است (تقریباً به اندازه جامدات است)، نیروی دافعه بین مولکولی اجازه نمی دهد که این فاصله را وارد کردن فشار کاهش داد. ولی در گازها فاصله بین مولکول ها بسیار زیاد است. بنابراین مولکول های گاز را می توان تحت فشار به یکدیگر نزدیک و متراکم کرد. در نتیجه می توانیم بگوییم مایع ها تراکم ناپذیر و گازها تراکم پذیرند.

پرسش ۱-۳

لذا 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 بوی آن حس می شود. با توجه به شکل روبه رو این پدیده را چگونه توجیه می کنید؟ چرا پدیده پخش در گازها سریع تر از مایع ها رخ می دهد؟ حرکت نامنظم و کاتوره ای مولکول های عطر و هوا در فضای اتاق و برخورد آنها با یکدیگر و انحراف مسیرشان 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.

با هوای اطراف کره زمین، آمیزه ای از نیتروژن (۷۸ درصد)، اکسیژن (۲۱ درصد)، کربن دی اکسید، بخار آب و مقدار کمی گازهای می اثر (کریپتون، نئون و هلیم) است. این مولکول ها به طور کاتوره ای 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.

جریان کند
افزایش فشار

نست
لوله را با ۸ و ۸
به دست می
شماره برآمده

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

گر سرنگ با تند



$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

است. اگر تند

$$v_1 = 2 \text{ cm} \rightarrow v_2$$

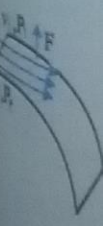
$$v_2 = 0.5 \text{ cm}$$

$$A_1 = 3 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 5 \times 3 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow v_2 = \frac{3 \times 90}{150 \times 10^{-4}}$$

$$v_2 = 180 \text{ cm/s}$$



تمرین ۱-۳

در مکعبی به ابعاد یک نانومتر، چه تعداد اتم را می‌توان جای داد؟ اگر ابعاد مکعب ۱۰ نانومتر باشد چطور؟ قطر اتم را $1 \times 10^{-10} \text{ m}$ فرض کنید. تعداد اتم‌هایی که در هر یک از ابعاد طول و عرض و ارتفاع این مکعب جای می‌گیرند برابر است با:

$$1 \text{ nm} + 1 \times 10^{-10} \text{ m} = \frac{1 \text{ nm}}{1 \times 10^{-10} \text{ m}} = \frac{1 \times 10^{-9}}{1 \times 10^{-10}} = 10$$

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 ۱۰ nm (برابر) شود تعداد اتم‌هایی که در هر یک از ابعاد طول و عرض و ارتفاع این مکعب جای می‌گیرند ۱۰۰ می‌شود بنابراین: $100 \times 100 \times 100 = 10^6$ تعداد کل اتم‌ها

۶۶

پرسش ۲-۳

به نظر شما چرا در کتاب‌های مرجع دمای ذوب طلا را 1064°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 مقیاس 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 گوشی‌های تلفن همراه، صنایع هواپیماسازی و خودروسازی، پوشاک و خوردنی‌ها و ... داشته است، تأثیر علوم نانو را در یکی از این حوزه‌ها در گروه خود، به عنوان موضوع تحقیق انتخاب کرده و نتیجه تحقیق را به کلاس ارائه دهید. دانش‌آموزان عزیز می‌توانند با مراجعه به سایت www.nano.ir و جستجوی شماره‌های مختلف ماهنامه «فن‌آوری نانو» یا آخرین پیشرفت‌های این فناوری در علوم مختلف آشنا شوند.

۶۹

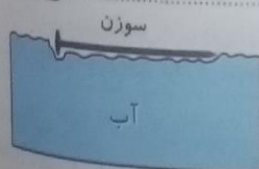
پرسش ۳-۳

وقتی شیشه می‌شکند با نزدیک کردن قطعه‌های آن به هم نمی‌توان اجزای شیشه را دوباره به هم چسباند؛ ولی اگر قطعه‌های شیشه را آن قدر گرم کنیم که نرم شوند می‌توان آنها را به هم چسباند. این پدیده‌ها را با توجه به کوتاه‌برد 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 قرار 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 ته‌گرد 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 فرورفتگی ایجاد می‌کند. ولی روی سطح آب شناور بوده و به زیر آب نمی‌رود. (کشش سطحی ناشی از هم‌چسبی مولکول‌های سطح آب مانع از فرو رفتن جسم در آب می‌شود).
پ) اکنون یکی دو قطره شوینده را به آرامی به آب درون ظرف بیفزایید. مشاهدات خود را به کلاس گزارش کنید و دلیلی برای آن ارائه دهید. با افزودن مایع ظرفشویی سوزن یا گیره در آب فرو می‌رود. زیرا مایع ظرفشویی نیروی هم‌چسبی مولکول‌های سطح آب و در نتیجه کشش سطحی آن را کاهش می‌دهد.

ایستگاه یادگیری

کشش سطحی جیوه حدود ۷۱/۵ برابر آب و آب حدود ۳ برابر آب صابون و آب صابون حدود ۲ برابر الکل یا بنزین است. هر قدر مایع سریع‌تر تبخیر شود کشش سطحی آن ضعیف‌تر است.

شکل روبه 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 تر شدن نیروی هم چسبی، قطره برای فرو افتادن 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.

پ) چرا هنگام شستن ظروف، افزون بر استفاده از مایع ظرف شویی، ترجیح می دهیم از آب گرم نیز استفاده کنیم؟
گرمای باعث افزایش جنبش مولکولی و در نتیجه غلبه بر نیروی دگر چسبی چربی ها و ظروف شده و ظروف راحت تر شسته می شوند.

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 اندود شود. شیشه را از طرف تمیز آن روی سطحی افقی قرار دهید و سپس روی سطح دود اندود 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 دگر چسبی مولکول های آب و دوده بیشتر است آب دوده را تر نمی کند و قطرات آب بر روی دوده به شکل کره می ماند و به صورت قطره های کوچک روی سطح شیشه قرار می گیرد. بار دیگر سطح شیشه را به جای دود اندود 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 دگر چسبی 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.

این فعالیت به شما کمک می کند تا درک بهتری از نیروی دگر چسبی به دست آورید. به این منظور از یک لیوان پراز آب، یک کارت بانکی و تعدادی وزنه چند گرمی یا سکه های پول استفاده کنید. ابتدا 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 قسمتی از کارت قرار دهید که با آب در تماس نیست (ابتدا وزنه ۵ گرمی، سپس ۱۰ گرمی و ...). نتیجه مشاهده خود را با توجه به مفاهیمی که تاکنون فرا گرفته اید توضیح دهید.

چون نیروی دگر چسبی آب و کارت بیشتر 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 آید سطح آب در تماس با خود را نیز بالا می برد. بنابراین کارت از سطح آب جدا نمی شود با افزایش تعداد وزنه ها، نیروی وزن آنها بر نیروی دگر چسبی 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 دگر چسبی کاهش یافته و کارت با قرار دادن وزنه ها به راحتی از سطح آب جدا می شود.

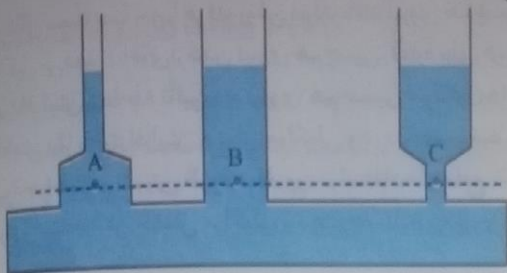
در ساختن دیوارهای ساختمان باید اثر موینگی در نظر گرفته شود، زیرا تراوش آب از منفذهای موین در این دیوارها می تواند سبب خسارت در داخل ساختمان شود. برای جلوگیری از این خسارت، دیوارهای داخل یا خارج ساختمان را معمولاً با مواد ناتراوا (مانند قیر) می پوشانند.

تحقیق کنید در معماری سنتی ایران به جای قیر اندود 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، شیب بندی مناسب بام ها نیز از عوامل مؤثر در جلوگیری از نفوذ آب بوده است. استفاده از کاهگل و روغن به عنوان اندود بر روی کاهگل ها، ملات های آهکی و ملات قیر چارو (ساروج گچ) که ترکیبی از گچ، گِل رس، شیره سوخته انگور یا خرما، خاکستر و مواد الیافی (مغز و پرزهای نوعی نی) است از جمله عایق های رطوبتی معماری سنتی ایران بوده است. (به طور کلی موادی که نیروی دگر چسبی آنها با آب کمتر از نیروی هم چسبی مولکول های آب باشند ناتراوا بوده و عایق های رطوبتی خوبی هستند.)

دانش آموزان عزیز رشته تحصیلی برای مطالعه آزمون پایانی دی ماه به انجمن کتاب قسمت فیزیک کتاب، قسمت آزمون پایانی مراجعه نمایند.

پرسش ۳-۵

در علوم سال نهم دیدید که فشار در نقاط هم‌تراز یک مایع ساکن مانند نقاط A، B و C در شکل یکسان است و به شکل ظرف بستگی 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.

تمرین ۳-۲

شناگری در عمق ۵/۰ از سطح آب دریاچه‌ای شنا می‌کند فشار ناشی از آب و همچنین فشار کل در این عمق چقدر است؟ اگر مساحت پرده گوش را یک سانتی‌متر مربع (1cm^2) فرض کنیم، بزرگی نیرویی که به پرده گوش این شناگر وارد می‌شود چند نیوتون است؟ فشار هوای محیط را $1/0 \times 10^5 \text{Pa}$ بگیرید.

$$\rho_{\text{آب}} = 1 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \quad P_0 = 1/0 \times 10^5 \text{Pa} = 10/1 \times 10^4 \text{Pa}$$

$$A = 1\text{cm}^2 = 1 \times 10^{-2} \text{m}^2, \quad h = 5\text{m}$$

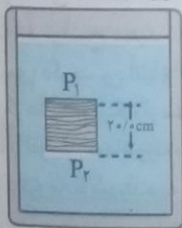
$$P_{\text{شاره}} = \rho gh = 1 \times 10^3 \times 10 \times 5 = 5 \times 10^4 \text{Pa} \rightarrow P_{\text{شاره}} = 5 \times 10^4 \text{Pa} \quad \text{فشار شاره در عمق ۵ متری}$$

$$P = P_0 + \rho gh = P_0 + P_{\text{شاره}} = 10/1 \times 10^4 + 5 \times 10^4 = 15/1 \times 10^4 \text{Pa} \rightarrow P = 15/1 \times 10^4 \text{Pa}$$

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA = 15/1 \times 10^4 \times 1 \times 10^{-2} = 15/1 \text{N} \rightarrow F = 15/1 \text{N} \quad \text{نیروی وارد بر پرده گوش}$$

تمرین ۳-۳

جسمی مکعبی به طول ضلع $20/0 \text{cm}$ درون شاره‌ای غوطه‌ور و در حال تعادل است (شکل روبه‌رو). فشار در بالا و زیر جسم به ترتیب $105/0$ و $106/8$ کیلوپاسکال است. چگالی شاره چند کیلوگرم بر مترمکعب است؟ (راهنمایی: از رابطه ۳-۳ استفاده کنید.)



$$h = 20\text{cm} = 0/2\text{m}$$

$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \quad \rho = ?$$

$$P_1 = 105\text{kPa} = 105 \times 10^3 \text{Pa}$$

$$P_2 = 106/8\text{kPa} = 106/8 \times 10^3 \text{Pa}$$

$$P_2 = P_1 + \rho gh$$

$$106/8 \times 10^3 = 105 \times 10^3 + \rho \times 10 \times 0/2 \rightarrow 106/8 \times 10^3 - 105 \times 10^3 = 2\rho \rightarrow 1/8 \times 10^3 = 2\rho$$

$$\rho = \frac{1/8 \times 10^3}{2} = 0/9 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow \rho = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

تمرین ۳-۴

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

$$1\text{bar} = 1/0000 \times 10^5 \text{N/m}^2 = 1/0000 \times 10^5 \text{Pa}$$

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

$$A = 1\text{m}^2, \quad P_0 = 1 \times 10^5 \text{Pa}, \quad g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \quad m = ?$$

نیروی که ستون هوا به سطح مقطع وارد می‌کند برابر است با:

$$P_1 = \frac{F}{A} \rightarrow F = P_1 A = 1 \times 10^5 \times 1 = 1 \times 10^5 \text{ N} \rightarrow F = 1 \times 10^5 \text{ N}$$

این نیرو برابر وزن هوای داخل ستون است. بنابراین: $F = mg \rightarrow m = \frac{F}{g} = \frac{1 \times 10^5}{10} = 1 \times 10^4 \text{ kg} \rightarrow m = 10000 \text{ kg}$
 با توجه به شکل ۳-۱۸ ب، چند درصد این جرم تا ارتفاع ۹ کیلومتری این ستون فرضی قرار دارد؟
 طبق نمودار در ارتفاع ۹ کیلومتری از سطح زمین فشار هوا ۳۰ kPa است.
 ابتدا جرم ستون هوا را از ارتفاع ۹ کیلومتری تا انتهای جو محاسبه می‌کنیم:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA = 30 \times 10^3 \times 1 = 3 \times 10^4 \text{ N} \rightarrow F = 3 \times 10^4 \text{ N}$$

$$F = mg \Rightarrow m = \frac{F}{g} = \frac{3 \times 10^4}{10} = 3 \times 10^3 = 3000 \text{ kg} \Rightarrow m = 3000 \text{ kg}$$

بنابراین جرم ستون هوا از سطح زمین تا ارتفاع ۹ کیلومتری برابر است با:

$$10000 - 3000 = 7000 \text{ kg}$$

$$\text{جرم تا ارتفاع ۹ کیلومتری} \quad \frac{7000}{10000} = \frac{x}{100} \Rightarrow x = \frac{100 \times 7000}{10000} = 70\%$$

۷۸

پرسش ۳-۶

الف) توضیح دهید چرا توربیجلی 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 می‌شود. بنابراین انجام آزمایش و اندازه‌گیری ارتفاع راحت‌تر است.

ب) برای لوله‌های غیرمویین، اگر سطح مقطع و طول لوله‌ها متفاوت باشد، ارتفاع ستون جیوه تغییر نمی‌کند (شکل ب) علت را توضیح دهید. با توجه به رابطه $P_1 = \rho gh$ ارتفاع ستون جیوه از رابطه $h = \frac{P_1}{\rho g}$ به دست می‌آید، چون P_1 و ρ در همه لوله‌ها ثابت هستند پس ارتفاع h نیز مقداری 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 می‌شود. در بدنه لاکه یا درپوش بالایی این نوع قلم‌های خودکار، سوراخ ریزی ایجاد می‌کنند (شکل پ). دلیل این کار را توضیح دهید. فشار هوا از طریق این روزنه به سطح جوهر وارد و جوهر را به سمت گوی غلتان می‌فشارد.

۷۹

تمرین ۳-۸

آزمایشی طراحی و سپس اجرا کنید که به کمک آن بتوان نشان داد فشار در یک عمق معین از مایع به جهت‌گیری سطحی که فشار به آن وارد می‌شود بستگی ندارد.



ظرفی را مطابق شکل مقابل در نظر می‌گیریم و دو روزنه در محل‌های مشخص شده و با عمق‌های یکسان بر روی بدنه آن ایجاد می‌کنیم. اگر ظرف را از آب پر کرده و روزنه‌ها را باز کنیم، شدت خروج آب در هر دو روزنه 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 روزنه‌ها را جمع‌آوری کرده و مقایسه کنیم، مشاهده کنیم که حجم آب خروجی از دو روزنه برابر است.)

۸۰

تمرین ۳-۵

شکل روبه‌رو یک کیسه پلاستیکی حاوی محلولی را نشان می‌دهد که در حال تزریق به یک بیمار است. سوزن سرنگی را به قسمت خالی از مایع بالای این کیسه وارد می‌کنند طوری که فشار هوا در این بخش از کیسه همواره با فشار بیرون برابر بماند. اگر فشار پیمانته‌ای در سیاهرگ ۱۳۳۰ پاسکال باشد، ارتفاع کمیته h چقدر باشد تا محلول در سیاهرگ نفوذ کند؟ چگالی محلول را 1045 kg/m^3 بگیرید.

$$P_{\text{سیاهرگ}} = P_{\text{محلول}}$$

در ارتفاع کمیته فشار پیمانته‌ای سیاهرگ برابرند.

$$P_{\text{سیاهرگ}} = \rho gh \rightarrow 1330 = 1045 \times 10 \times h \rightarrow h = 12.7$$

فعالیت ۳-۹

۸۱

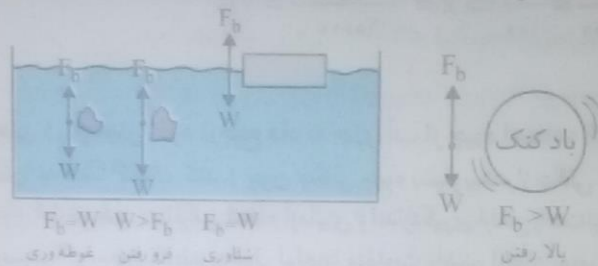
● درون یک ظرف مقداری آب بریزید. یک فویل آلومینیومی به ابعاد تقریبی $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ اختیار کنید و آن را مجاله کنید پیش‌بینی کنید. با قرار دادن فویل مجاله شده روی سطح آب، چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را انجام دهید. فویل مجاله شده بر روی آب شناور می‌ماند.

اکنون فویل مجاله شده را آن قدر فشار دهید تا تقریباً مشابه یک توپ کروی شود. اگر این توپ آلومینیومی را روی سطح آب قرار دهید، پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را انجام دهید. پیش‌بینی‌ها و نتایج مشاهده (آزمایش) خود را در گروه‌تان به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس ارائه 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 بلکه به چگالی جسم وابسته است. اگر چگالی جسم کمتر از چگالی مایع باشد، جسم بر روی مایع شناور می‌ماند و اگر چگالی جسم بیشتر از چگالی مایع باشد، جسم در مایع فرو می‌رود.

۸۱

پرسش ۳-۷

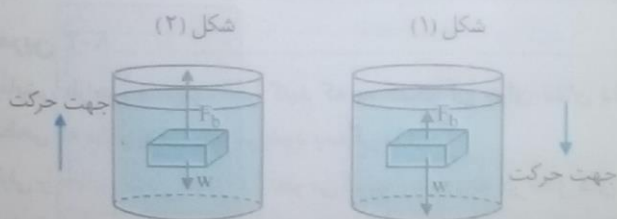
● در شکل روبه‌رو، نیروی شناوری F_b و نیروی وزن W وارد بر چند جسم نشان داده شده است. با توجه به نیروی خالص وارد بر هر جسم، وضعیت آن را به کمک یکی از واژه‌های شناوری، غوطه‌وری، فرورفتن و بالارفتن توصیف کنید.



۸۲

پرسش ۳-۸

۱- در شکل (الف) نیروهای وارد بر دو جسم با حجم یکسان و چگالی متفاوت نشان داده است که در شاره‌ای ساکن قرار دارند. جهت حرکت دو جسم را روی شکل تعیین کنید. همچنین چگالی هر جسم را با چگالی آب مقایسه کنید. در شکل (۱) چون نیروی وزن بیشتر از نیروی شناوری (F_b) است، جسم به سمت پایین فرو می‌رود و در شکل (۲) چون نیروی شناوری (F_b) بیشتر از نیروی وزن است جسم در مایع بالا می‌رود.

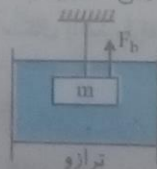


در شکل (۱) چون جسم داخل آب فرو می‌رود چگالی آن بیشتر از آب است و در شکل (۲) چون جسم به سمت بالا می‌رود چگالی آن کمتر از آب است.

۲- شکل (ب) ظرفی محتوی آب را نشان می‌دهد که روی یک ترازوی عقربه‌ای قرار دارد. شخصی 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 جسمی را به ریسمانی متصل و آن را در آب شناور کنیم نیرویی که آب به ته ظرف وارد می‌کند افزایش می‌یابد.



۳- جرم قطعه‌های آهنی در شکل (پ) با یکدیگر برابر است. دریافت خود را از این شکل بیان کنید. برای دو جسم با جرم یکسان جسمی که حجم بیشتری دارد چون در زمان قرار گرفتن در مایع، حجم بیشتری از مایع را جابه‌جا می‌کند طبق اصل ارشمیدس نیروی شناوری وارد بر آن 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 هوایی که با گاز هلیم (که چگالی آن کمتر از چگالی هواست) پر شده است نمی‌تواند به طور نامحدود به بالا رفتن ادامه دهد. چون چگالی هلیم کمتر از چگالی هوا است کشتی هوایی در هوا به سمت بالا حرکت می‌کند. با افزایش ارتفاع، هوا رقیق‌تر شده و چگالی آن کمتر می‌شود تا در ارتفاع معینی چگالی کشتی و چگالی هوا برابر می‌شود، در نتیجه کشتی در هوا غوطه‌ور می‌ماند.

۸۳

فعالیت ۱۰-۳

یک قطعه چوبی را روی آب درون ظرفی قرار دهید. یک وزنه آهنی را یک بار روی چوب قرار دهید (شکل الف) و بار دیگر از زیر چوب آویزان کنید (شکل ب). 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 رو به پایین را کاهش داده و باعث می‌شود چوب کمتر در آب فرو رود.

۸۷

پرسش ۹-۳

وقتی شیرآبی را کمی باز کنید و آب به آرامی جریان یابد، مشاهده می‌شود که باریکه آب با نزدیک‌تر شدن به زمین، باریک‌تر می‌شود (شکل روبه‌رو). 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 مقابل 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.

۸۸

فعالیت ۱۱-۳

الف) یک نی نوشابه را به طور عمودی درون ظرفی محتوی آب قرار دهید به طوری که ته نی با کف ظرف آب در تماس نباشد. مطابق شکل الف، درون یک نی افقی به گونه‌ای بدمید که جریان هوای خروجی درست از بالای سر نی عمودی بگذرد. مشاهده خود را گزارش کنید و دلیل آن را به کمک اصل برنولی توضیح دهید. با دمیدن هوا در نی 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 آشپزخانه منزلتان یا یک تشت بزرگ در حیاط مدرسه انجام دهید. مطابق شکل یک جفت قایق اسباب‌بازی را روی سطح آب قرار داده و شل کنار هم ببندید. 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.

۸۹

پرسش ۱۰-۳

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؟

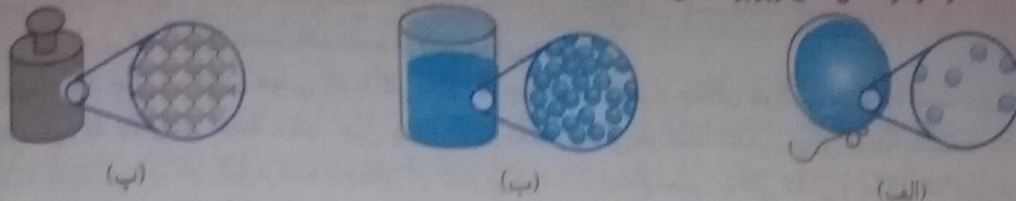
ب) ورزش باد، فشار هوای بالای سطح آب کاهش یافته و در نتیجه امواج می‌توانند تا ارتفاع بیشتری بالا بیایند.

ب) شکل روبه‌رو کامیونی را در دو وضعیت سکون و در حال حرکت نشان می‌دهد. با استفاده از اصل برنولی توضیح دهید چرا وقتی کامیون در حال حرکت است پوشش برزنتی آن پُف می‌کند؟

با حرکت کامیون، تندی جریان هوا در بالای پوشش برزنتی افزایش یافته و طبق اصل برنولی فشار هوا در آن قسمت کاهش می‌یابد. در نتیجه اختلاف فشار هوای داخل و بیرون پوشش برزنتی باعث پُف کردن آن می‌شود.

پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۳

۱- دریافت خود را از شکل‌های زیر بر اساس مفاهیمی که از سه حالت معمول ماده فراگرفته‌اید بیان کنید.



(الف) در گازها فاصله بین مولکول‌ها بسیار زیاد و مولکول‌ها نسبت به هم در وضعیت نامنظمی قرار دارند.
 (ب) در مایعات فاصله بین مولکول‌ها کم و مولکول‌ها به صورت نامنظم در کنار یکدیگر قرار دارند.
 (پ) در جامدات فاصله بین مولکول‌ها کم و مولکول‌ها به صورت منظمی در کنار هم قرار دارند.

۲- توضیح دهید از سه حالت مختلف ماده در چه بخش‌هایی 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 چرخ‌دنده به جهت روانکاری 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 روبه‌رو مدل سازی شده است.

(الف) چه عاملی باعث حرکت نامنظم ذره‌های گچ می‌شود؟ برخورد مولکول‌های هوا به ذرات گچ.
 (ب) مولکول‌های هوا بسیار کوچک‌تر و سبک‌تر از ذره‌های گچ هستند و توسط میکروسکوپ هم دیده نمی‌شوند. توضیح دهید چگونه این تجربه ساده، شاهدهی 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 نامنظمی در ذرات گچ ایجاد می‌شود.
 اگر مولکول‌های هوا وجود نداشتند، ذرات گچ باشتاب ثابت g ، در اثر نیروی وزن خود به سمت زمین سقوط می‌کردند.

۴- توضیح دهید چرا
 (الف) پدیده پخش در گازها، سریع‌تر از 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 با سهولت بیشتری انجام می‌گیرد. پدیده پخش به دو دلیل بالا در گازها سریع‌تر از مایعات انجام می‌گیرد.
 مثلاً وقتی گلی خوشبو را به اتاق می‌بریم بوی گل در همه جای اتاق حس می‌شود ولی وقتی مقداری شکر را در آب می‌ریزیم تا زمانی که آن هم نزییم همه آب به طور کامل شیرین نمی‌شود.

(ب) یک بادکنک پر از باد، حتی اگر دهانه آن نیز کاملاً بسته شده باشد، باز هم رفته‌رفته کم باد می‌شود.
 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 رفته‌رفته کم باد می‌شود.
 ۵- هریک از موارد زیر را توضیح دهید.

(الف) علوم و فناوری نانو دانش و ابزاری است که ما را قادر به بررسی، مشاهده و به‌کارگیری 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 مورد بررسی در علوم و فناوری نانو و اهمیت بررسی مواد در ابعاد نانو ابعاد مواد مورد 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 نقطه 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 هرسه 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 آن قدر گرم می‌کنند که نرم شوند. این کار را با توجه به کوتاه‌برد بودن نیروی جاذبه بین مولکولی توضیح دهید. چون نیروهای بین مولکولی کوتاه برد 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 لایه لای هم و در فاصله مناسبی از یکدیگر قرار گرفته تا نیروی جاذبه بین مولکولی سبب اتصال دو قطعه به هم شود.

الف) توضیح دهید چرا قلم مویی را از آب بیرون می کشیم (شکل الف). موهای آن به هم می چسبند. (اشاره: به پدیده کشش سطحی در مایع‌ها توجه کنید).

ب) بیرون کشیدن قلمو 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.

ب) شکل (ب) دو لوله موئین هم جنس را نشان می دهد که درون مایعی قرار دارند. چرا ارتفاع مایع درون لوله (ا) از دو لوله دیگر کمتر است؟ با توجه به شکل، نیروی هم چسبی مایع را با نیروی دگرچسبی مایع و لوله‌های موئین مقایسه کنید. در لوله‌های موئین هر قدر قطر لوله بیشتر باشد تغییر ارتفاع مایع در لوله نسبت به سطح مایع ظرف کمتر است. در اینجا نیز چون قطر لوله (ب) بیشتر است ارتفاع مایع در آن کمتر است.

نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و مولکول‌های شیشه بیشتر از نیروی هم چسبی بین مولکول‌های مایع است.

۸- تغییرات اقلیمی سال‌های اخیر در کشورهای غرب ایران، پدیده خطرناک ریزگردها را به مناطق وسیعی از کشورمان گسترش داده است. چگالی ریزگردها در حالتی که ته نشین 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 دریایی تنها مقدار اندکی آب را به صورت قطره‌های ریز به طرف بالا می پاشند؟

نیروی 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 تدابیری را می توان اندیشید.

هر قدر رطوبت سطح زمین بیشتر باشد جدا شدن این ریزگردها از سطح زمین کمتر است؛ بنابراین مقابله با خشکسالی و برداشت‌های بی رویه منابع آبی زمین و کاشت گیاهان از جمله عواملی است که می تواند رطوبت سطح زمین را حفظ و مانع از چنین پدیده‌هایی شود.

۹- نوعی ماهی به نام ماهی کمان گیر با جمع کردن آب در دهان خود و پرتاب آن به سوی حشراتی که در بیرون از آب، روی گیاهان نشسته اند، آنها را شکار می کند و می خورد (شکل الف). هدف گیری آنها به اندازه‌ای دقیق است که معمولاً در این کار اشتباه نمی کنند. کدام ویژگی فیزیکی آب این امکان را به ماهی کمان گیر برای شکار می دهد؟

نیروی دگرچسبی بین آب و بدن حشره باعث می شود تا آب در حین پایین آمدن حشره را نیز با خود به داخل آب بیاورد.

۱۰- مساحت روزنه خروج بخار آب، روی درب زودپزی $4/0 \text{ mm}^2$ است (شکل روبه‌رو). جرم وزنه‌ای که روی این روزنه باید گذاشت چقدر باشد تا فشار داخل آن در 2 atm نگه داشته شود؟ فشار بیرون دیگ زودپز را 1 atm بگیرید.

وزنه‌ای که روی روزنه خروج بخار آب قرار داده می شود $A = 4/00 \text{ mm}^2$



$$A = 4 \text{ mm}^2 = 4 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$P = 2 \text{ atm} - 1 \text{ atm} = 1 \text{ atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

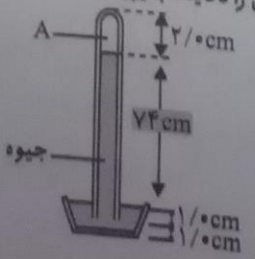
$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, m = ?$$

برای ثابت ماندن فشار داخل زودپز باید نیروی ناشی از اختلاف فشار داخل و بیرون ظرف با وزن وزنه برابر باشد:

$$F = mg \rightarrow PA = mg \rightarrow 1 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-6} = m \times 10 \rightarrow 0/4 = 10m \rightarrow m = \frac{0/4}{10} = 0/04 \text{ kg}$$

$$\rightarrow m = 40 \text{ g}$$

۱۱- شکل روبه‌رو یک جوسنج ساده جیوه‌ای را نشان می دهد. (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 می دارد؟ فشار هوای محیط



ب) فشار هوای محیطی که این جوسنج در آنجا قرار دارد چقدر است؟

$$\rho_{\text{جو}} = 12600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, h = 74 \text{cm} = 0.74 \text{m}$$

$$P_2 = \rho gh = 12600 \times 10 \times 0.74 = 93240 \text{Pa} \rightarrow P_2 = 1.0 \times 10^5 \text{Pa}$$

ت) اگر این جوسنج را بالای کوهی ببریم چه تغییری در ارتفاع ستون جیوه درون لوله رخ می‌دهد؟ دلیل آن را توضیح دهید.
در ارتفاعات با کاهش فشار هوای محیط طبق رابطه $P_2 = \rho gh$ و با توجه به اینکه ρ و g تقریباً ثابت هستند ارتفاع ستون جیوه (h) کاهش می‌یابد.

الف) ارتفاع چهار شهر مرتفع ایران از سطح دریا، به شرح زیر است:

فریدون شهر: ۲۶۱۲m سمیرم: ۲۴۳۴m بروجن: ۲۲۶۵m شهرکرد: ۲۰۷۲m

با توجه به نمودار شکل ۳-۱۸-ب، فشار تقریبی هوا را در این شهر بنویسید.

فریدون شهر ۷۴kPa، سمیرم ۷۶kPa، بروجن ۷۸kPa، شهرکرد ۸۰kPa

ب) چگالی میانگین هوا تا ارتفاع ۳ کیلومتری از سطح دریای آزاد حدود $\bar{\rho} = 1.01 \text{ kg/m}^3$ است. با استفاده از رابطه $P = P_2 - \rho gh$ فشار هوا را در این شهرها حساب کنید و مقادیر به دست آمده را با نتیجه قسمت الف مقایسه کنید.

$$P = P_2 - \bar{\rho} gh = 101000 - 1.01 \times 10 \times 2612 = 101000 - 26381.2 = 74618.8 \text{Pa} = 74.619 \text{kPa}$$

$$P = P_2 - \bar{\rho} gh = 101000 - 1.01 \times 10 \times 2434 = 101000 - 24583.4 = 76416.6 \text{Pa} = 76.417 \text{kPa}$$

$$P = P_2 - \bar{\rho} gh = 101000 - 1.01 \times 10 \times 2265 = 101000 - 22876.5 = 78123.5 \text{Pa} = 78.124 \text{kPa}$$

$$P = P_2 - \bar{\rho} gh = 101000 - 1.01 \times 10 \times 2072 = 101000 - 20927.2 = 80072.8 \text{Pa} = 80.073 \text{kPa}$$

فریدون شهر: $h = 2612 \text{m}$

سمیرم: $h = 2434 \text{m}$

بروجن: $h = 2265 \text{m}$

شهرکرد: $h = 2072 \text{m}$

۱۳- غواص‌ها می‌توانند با فرار دادن یک سرلوله‌ای در دهان خود، در حالی که سردیگر آن از آب بیرون است، تا عمق

بیشینه‌ای در آب فرو روند و نفس بکشند (شکل روبه‌رو). با گذشتن از این عمق، اختلاف فشار درون و بیرون ریه غواص افزایش می‌یابد و غواص را ناراحت می‌کند. چون هوای درون ریه از طریق لوله با هوای بیرون ارتباط دارد، فشار هوای درون ریه، همان فشار جو است در حالی که فشار وارد بر قفسه سینه او، همان فشار در عمق آب است. در عمق ۶/۱۵m 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 هوای فشرده می‌توانند تا عمق بیشتری در آب فرو روند. زیرا فشار هوای درون ریه آنها با افزایش عمق، همپای فشار آب بر سطح بیرونی بدن زیاد می‌شود.

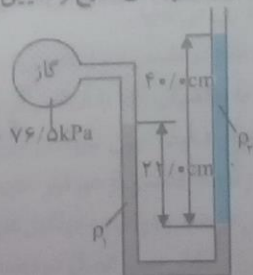
$$\rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, h = 6.15 \text{m}$$

چون فشار هوای درون ریه غواص همان فشار جو (P_2) و فشار وارد بر قفسه سینه غواص همان فشار در عمق آب (P_1) است، اختلاف فشار درون ریه با فشار وارد بر قفسه سینه به صورت زیر به دست می‌آید:

$$P = P_2 + \rho gh \rightarrow P - P_2 = \rho gh = 1000 \times 10 \times 6.15 \rightarrow P - P_2 = 6.15 \times 10^4 \text{Pa}$$

۱۴- درون لوله U شکلی که به یک مخزن محتوی گاز وصل شده است جیوه ($\rho_1 = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) و مایعی با چگالی نامعلوم ρ_2 وجود دارد (شکل روبه‌رو).

اگر فشار هوای بیرون لوله U شکل ۱۰۱kPa باشد، چگالی مایع را تعیین کنید.



$$P_{\text{مخزن}} = 76 / 5 \text{ kPa} = 76500 \text{ Pa}, \rho_1 = 13 / 6 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, h_1 = 22 \text{ cm} = 0.22 \text{ m}$$

$$\rho_2 = ?, h_2 = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}, P_2 = 101 \text{ kPa} = 101000 \text{ Pa}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$P_{\text{مخزن}} + P_{\text{جوهر}} = P_{\text{مایع}} + P_2 \rightarrow P_{\text{مخزن}} + \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 + P_2$$

$$\rightarrow 76500 + 13600 \times 10 \times 0.22 = \rho_2 \times 10 \times 0.4 + 101000 \rightarrow 76500 + 29920 = 4\rho_2 + 101000$$

$$\rightarrow 4\rho_2 = 5420 \rightarrow \rho_2 = \frac{5420}{4} = 1355 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow \rho_2 = 1 / 26 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

در شکل بوبله و مقدار h چند سانتی متر است؟ فشار هوای محیط را 101 kPa و چگالی آب را 1000 kg/m^3 بگیرید.

$$P_2 = 101 \text{ kPa} = 101 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$\rho_{\text{آب}} = 1 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_A = 0.12 \text{ MPa} = 0.12 \times 10^6 \text{ Pa} = 120 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$h_c = 112 \text{ cm} = 1.12 \text{ m}$$

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

$$h_B = ?$$

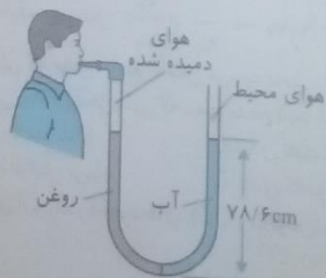
$$\left. \begin{aligned} P_{A \text{ مخزن}} &= \rho g h_B + P_{B \text{ مخزن}} \\ P_{B \text{ مخزن}} &= \rho g h_c + P_2 \end{aligned} \right\} \rightarrow P_{A \text{ مخزن}} = \rho g h_B + \rho g h_c + P_2 \rightarrow$$

$$120 \times 10^3 = 1 \times 10^3 \times h_B + 1 \times 10^3 \times 1.12 + 101 \times 10^3$$

$$120 = 1 \times h_B + 1.12 + 101 \rightarrow 120 - 112.12 = 1 \times h_B \rightarrow 7.88 = 1 \times h_B \rightarrow h_B = \frac{7.88}{1} = 7.88 \text{ m} = 78.8 \text{ cm}$$

$$\rightarrow h_B = 78.8 \text{ cm}$$

لوله A شکلی را در نظر بگیرید که محتوی حجم مساوی از آب و روغن است (شکل روبه رو). با توجه به اطلاعات در شکل، فشار پیمانه ای هوای درون ربه شخصی که از شاخه سمت چپ لوله درون آن دمیده، چقدر است؟ چگالی روغن را 805 kg/m^3 بگیرید.



$$h_{\text{آب}} = h_{\text{روغن}} = 78.8 \text{ cm} = 78.8 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{\text{روغن}} = 805 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

گرفتن فشار هوای درون ربه فرد را با P نشان دهیم می توان نوشت:

$$P + P_{\text{روغن}} = P_{\text{آب}} + P_2 \rightarrow P - P_2 = P_{\text{آب}} - P_{\text{روغن}} \rightarrow P_g = P_{\text{آب}} - P_{\text{روغن}} = \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} - \rho_{\text{روغن}} g h_{\text{روغن}}$$

$$\rightarrow P_g = g h (\rho_{\text{آب}} - \rho_{\text{روغن}}) = 10 \times 78.8 \times 10^{-2} (1000 - 805) = 1532.1 \text{ Pa}$$

$h_{\text{آب}} = h_{\text{روغن}} = h$ چون حجم آب و روغن برابر و سطح مقطع لوله ثابت است ارتفاع آب روغن برابر است.

۱۷ دو قوطی نوشابه، یکی معمولی و دیگری رژیمی را در ظرفی محتوی آب بگذارید. متوجه خواهید شد که نوشابه رژیمی شناور می ماند در حالی که نوشابه معمولی فرو می رود. با استفاده از اصل ارشمیدس، این نتیجه را توضیح دهید. (اشاره: چگالی شیرین کننده های مصنوعی مورد استفاده در نوشابه های رژیمی کمتر از شکر است.)

هر دو نوشابه حجم ثابتی دارند. وقتی داخل آب قرار می گیرند وزن شاره جابه جا 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 ($\rho_{\text{رژیمی}} < \rho_{\text{معمولی}}$) پس نیروی خالص که به نوشابه رژیمی وارد می شود رو به بالا و نیروی خالصی که به نوشابه معمولی وارد می شود رو به پائینی است که باعث شناور شدن نوشابه رژیمی و فرو رفتن نوشابه معمولی در آب می شود.

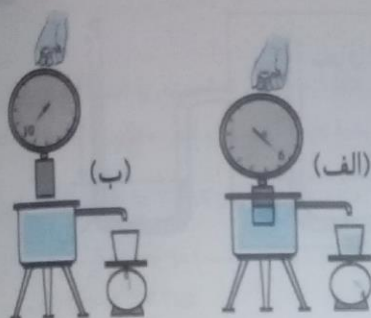
۱۸- دریافت خود را از شکل های الف و ب بنویسید.

با توجه به شکل (ب) وزن جسم 10N است؛ از طرفی چون نیروسنج نیروی خالص رو به پایین جسم را نشان می دهد در شکل (الف) می توان نوشت:

نیروی شناوری - وزن جسم = عدد نیروسنج

$$F_b = 4\text{N} \rightarrow F_b = 10 - 6$$

با توجه به ترازوی شکل (الف) نتیجه می گیریم نیروی شناوری با وزن مایع جابه جا شده توسط جسم برابر است.



۱۹- سه جسم a, b و c با چگالی های متفاوت، مطابق شکل روبه 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 می رود بنابراین:

$$\rho_a > \rho_c > \rho_b$$

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 پایینی جسم از سوی شاره بیشتر از فشار وارد بر سطح بالایی جسم از طرف شاره است نیروی خالص رو به بالایی به جسم وارد می شود که همان نیروی شناوری است.

۲۱- توضیح دهید چه موقع نیروی شناوری وارد بر یک شناگر به بیشینه مقدار خود می رسد. وقتی بدن شناگر به طور کامل درون آب قرار می گیرد از آنجا که وزن مایع جابه جا شده بیشترین مقدار است طبق اصل ارشمیدس نیروی شناوری نیز بیشینه خواهد بود.

۲۲- در لوله ای پر از 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 قسمت های لوله، تندی آب، در حال افزایش، در حال کاهش، یا ثابت است؟

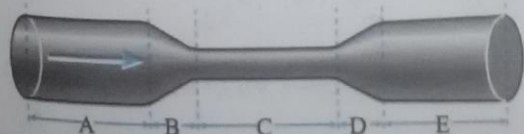
طبق معادله پیوستگی ($A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow \frac{A_1}{A_2} = \frac{v_2}{v_1}$) تندی شاره و سطح مقطع نسبت عکس دارند، بنابراین در

محل هایی که سطح مقطع کاهش می یابد تندی افزایش و در محل هایی که سطح مقطع افزایش می یابد تندی جریان آب کاهش می یابد. در محل هایی 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 می یابد. D: تندی کاهش می یابد.

ب) تندی آب را در قسمت های A, C و E لوله با یکدیگر مقایسه کنید.



$$v_A = v_E < v_C$$

۲۳- دو نوار کاغذی به طول تقریبی ۱۰cm را مطابق شکل (الف) به انتهای یک نی نوشابه بچسبانید. وقتی که مطابق شکل (ب) به درون نی دمیده می شود نوارهای کاغذی به طرف یکدیگر جذب می شوند. 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 می یابد؛ در نتیجه فشار هوای خارج باعث نزدیک تر شدن نوارهای کاغذی به یکدیگر می شود.

در شکل زیر کاربرداتور یک موتور بتزینی قدیمی را نشان می‌دهد. حجم هوایی که وارد کاربرداتور می‌شود توسط دریچه برنولی که به سیم گاز خودرو وصل شده، قابل تنظیم است. با توجه به کاربرد اصل برنولی در ساختمان یک کاربرداتور، توضیح دهید چرا با فشردن بیشتر پدال گاز، دور موتور خودرو افزایش می‌یابد و خودرو می‌تواند سریع‌تر حرکت کند.

در فشار پدال گاز، دریچه پروانه‌ای باز و هوا به داخل کشیده می‌شود. در قسمت میانی لوله چون سطح مقطع کاهش می‌یابد طبق معادله پیوستگی تندی جریان هوا افزایش و در نتیجه طبق اصل برنولی فشار هوا کاهش می‌یابد. اختلاف فشار ایجاد شده بین مخزن سوخت و قسمت میانی لوله باعث انتقال سوخت به لوله می‌شود. هر قدر پدال بیشتر فشرده شود اختلاف فشار بیشتری ایجاد شده و سوخت بیشتری وارد و دور موتور افزایش می‌یابد.

شکل (الف) آتش‌نشانی را در حال خاموش کردن آتش از فاصله نسبتاً دوری نشان می‌دهد. نمایی بزرگ شده از نبرسته شده به انتهای لوله آتش‌نشانی در شکل (ب) نشان داده شده است. اگر آب با تندی $v_1 = 1/50 \text{ m/s}$ از لوله وارد شیر شود و قطر ورودی شیر $d_1 = 9/6 \text{ cm}$ و قطر قسمت خروجی آن $d_2 = 2/5 \text{ cm}$ باشد، تندی خروج آب را از شیر پیدا کنید.

شعاع ورودی شیر $r_1 = 9/6 \text{ cm} + 2 = 4/8 \text{ cm} = 4/8 \times 10^{-2} \text{ m}$

شعاع خروجی شیر $r_2 = 2/5 \text{ cm} + 2 = 1/25 \text{ cm} = 1/25 \times 10^{-2} \text{ m}$

با استفاده از معادله پیوستگی می‌توان نوشت:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow \pi r_1^2 v_1 = \pi r_2^2 v_2 \rightarrow v_2 = \frac{r_1^2 v_1}{r_2^2} = \frac{(4/8 \times 10^{-2})^2 \times 1/5}{(1/25 \times 10^{-2})^2} = \frac{34/56 \times 10^{-4}}{1/5625 \times 10^{-4}}$$

$$v_2 = 22/11 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ارزشیابی مستمر

- درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید. (۱ نمره)
 - (الف) فاصله ذرات در جامدات کمتر از مایع‌ها است. درست نادرست
 - (ب) هر چه قطر لوله موئین کمتر باشد، ارتفاع آب در آن بیشتر است. درست نادرست
 - (ج) برای تغییر ویژگی فیزیکی مواد در مقیاس نانو، همه ابعاد ماده باید در مقیاس نانو باشد. درست نادرست
 - (د) اگر نیروی شناوری بیشتر از وزن جسم باشد، جسم در شاره غوطه‌ور می‌شود. درست نادرست
- جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب پر کنید. (۱)
 - (الف) حرکت نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های یک گاز را حرکت می‌گویند.
 - (ب) نیروی جاذبه بین مولکول‌های یک ماده را نیروی است.
 - (ج) سطح آب در لوله موئین است.
 - (د) اختلاف فشار یک شاره با فشار جو را فشار می‌گویند.
- از داخل پراتر عبارت درست را انتخاب کنید. (۵/۷۵)
 - (الف) آب سطح شیشه چرب شده با روغن را تر (می‌کند - نمی‌کند).
 - (ب) از نتایج نیروی هم‌چسبی (کشش سطحی - خاصیت موئینگی) است.
 - (ج) طبق اصل (ارشمیدس - برنولی) فشار و تندی شاره نسبت عکس دارند.
- گزینه درست را مشخص کنید. (۱)
 - (الف) در یک لوله اگر سطح مقطع ۳ برابر شود، تندی جریان آب چند برابر می‌شود؟
 - (الف) ۳ برابر
 - (ب) $\frac{1}{3}$ برابر
 - (ج) ۹ برابر
 - (د) $\frac{1}{9}$ برابر
 - (ب) در یک جوسنج ارتفاع ستون 740 mmHg است. فشار جو چند پاسکال است؟
 - (الف) 94800
 - (ب) 102500
 - (ج) 96200
 - (د) 105200

مفاهیم زیر را تعریف کنید. (۱)

(ب) اصل ارشمیدس

الف) جامدهای بی شکل

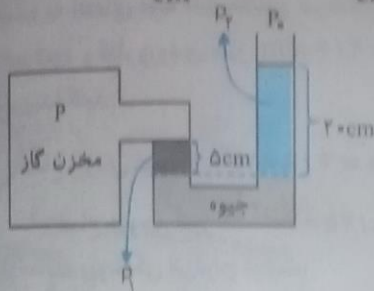
۶- چرا وقتی سطح بالایی یک کاغذ را قوت می‌کنیم، ورق کاغذ به سمت بالا حرکت می‌کند؟ (۰/۵)

۷- چرا وقتی قطعات گرم شده شیشه را در کنار هم قرار می‌دهیم، به هم می‌چسبند؟ (۰/۵)

۸- چرا وقتی انگشت خود را در ظرف آبی که بر روی یک ترازو قرار دارد، فرو می‌بریم، ترازو عدد بیشتری را نشان می‌دهد؟ (۰/۵)

۹- چرا حجم حباب هوا در مسیر رسیدن به سطح آب افزایش می‌یابد؟ (۰/۵)

۱۰- در شکل زیر اگر فشار جو 10^5 Pa باشد، $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_{\text{غ}} = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$



الف) فشار گاز درون مخزن چقدر است؟

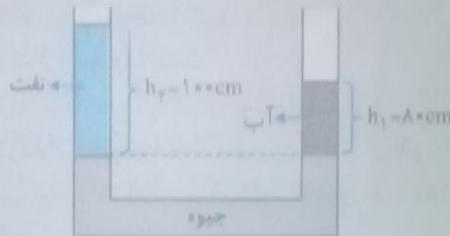
ب) فشار پیمانه‌ای گاز مخزن چقدر است؟

۱۱- یک زیر دریایی در اعماق اقیانوس ساکن است. اگر نیروی وارد بر پنجره‌ای به مساحت 400 cm^2 از این زیر دریایی

$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_{\text{غ}} = 10^5 \text{ Pa})$ باشد، عمق زیر دریایی چقدر است؟ (۱)

۱۲- در شکل زیر h_1 و h_2 به ترتیب عمق آب و نفتی است که روی جیوه ریخته شده‌اند و دو سطح جیوه هم‌تراز

است. اگر چگالی آب $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ باشد، چگالی نفت چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟ (سراسری تجربی - ۸۲) (۱)



پاسخ ارزشیابی مستمر

۱ الف) نادرست (۰/۲۵)، ب) درست (۰/۲۵)، ج) نادرست (۰/۲۵)، د) نادرست (۰/۲۵) ۲ الف) براونی (۰/۲۵)

ب) هم چسبی (۰/۲۵)، ج) فرورفته (۰/۲۵)، د) پیمانه‌ای (۰/۲۵) ۳ الف) نمی‌کند (۰/۲۵)، ب) کشش سطحی (۰/۲۵)

ج) برنولی (۰/۲۵) ۴ الف) گزینۀ (ب) (۰/۵)، طبق معادله پیوستگی سطح مقطع لوله و تندى نسبت عكس دارند. ب) گزینۀ (ج) (۰/۵)،

در جوسنج فشار جو برابر فشار ستون جیوه است بنابراین: $P_{\text{جو}} = \rho_{\text{جو}} g h_{\text{جو}} = 13000 \times 10 \times 0.74 = 96200 \text{ Pa}$

۵ 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 قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فرو می‌رود، با نیرویی به اندازه وزن شاره‌

جابه‌جا شده توسط جسم، به بالا رانده می‌شود. (۰/۵) ۶ با فوت کردن، تندى جریان هوا در بالای کاغذ افزایش یافته و بنا به

اصل برنولی فشار هوا در این قسمت کاهش می‌یابد، در نتیجه اختلاف فشار هوای ایجاد شده بین سطح زیرین و سطح فوقانی

کاغذ، آن را به سمت بالا حرکت می‌دهد. (۰/۵) ۷ 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. (۰/۵)

۸ وقتی انگشت داخل آب قرار می‌گیرد، طبق اصل ارشمیدس، آب به انگشت نیروی شناوری و روبره بالای (F_b) را وارد

می‌کند، طبق قانون سوم نیوتون، انگشت نیز نیرویی هم‌اندازه 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. (۰/۵) ۹ با بالا آمدن

حباب هوا، فشاری که از طرف مایع بر آن وارد می‌شود، کاهش یافته و در نتیجه حجم حباب افزایش می‌یابد. (۰/۵)

$$\rho_1 = 10 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 10000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_2 = 4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 4000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, h_1 = \Delta \text{cm} = 0.05 \text{m}, h_2 = 20 \text{cm} = 0.2 \text{m}$$

$$P_{\text{مخزن}} + \rho_1 g h_1 = P_0 + \rho_2 g h_2 \rightarrow P_{\text{مخزن}} = P_0 + \rho_2 g h_2 - \rho_1 g h_1 \quad (الف)$$

$$\rightarrow P_{\text{مخزن}} = 10^5 + 4000 \times 10 \times 0.2 - 10000 \times 10 \times 0.05 \text{Pa} \quad (0/25)$$

$$\rightarrow P_{\text{مخزن}} = 100000 + 8000 - 5000 = 103000 \text{Pa} \rightarrow P_{\text{مخزن}} = 103000 \text{Pa} \quad (0/25)$$

$$P_g = P - P_0 = 103000 - 100000 = 3000 \text{Pa} \rightarrow P_g = 3000 \text{Pa} \quad (0/25)$$

ابتدا فشار وارد بر پیچره را محاسبه می کنیم:

$$F = 8 \times 10^4 \text{N}, A = 400 \text{cm}^2 = 400 \times 10^{-4} \text{m}^2 = 4 \times 10^{-2} \text{m}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{8 \times 10^4}{4 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^6 \text{Pa} \rightarrow P = 2 \times 10^6 \text{Pa} \quad (0/25)$$

$$P = 2 \times 10^6 \text{Pa}, P_0 = 10^5 \text{Pa}, \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$P = P_0 + \rho g h \rightarrow 2 \times 10^6 = 10^5 + 1000 \times 10 \times h \Rightarrow 20 \times 10^5 = 10^5 + 10^4 h \rightarrow 20 \times 10^5 - 10^5 = 10^4 h$$

$$19 \times 10^5 = 10^4 h \rightarrow h = \frac{19 \times 10^5}{10^4} = 190 \text{m} \rightarrow h = 190 \text{m} \quad (0/25)$$

$$\text{اب: } h_1 = 80 \text{cm}, \rho_1 = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{تفت: } h_1 = 80 \text{cm}, \rho_2 = ?$$

چون دو سطح جیوه در دو شاخه هم تراز هستند، بنابراین:

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \rightarrow 1 \times 80 = \rho_2 \times 100 \rightarrow \rho_2 = \frac{80}{100} = 0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad (0/25)$$

$$\rightarrow \rho_2 = 0.8 \times 1000 = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (0/25)$$

دانش آموزان عزیز رشته ریاضی برای مطالعه آزمون پایانی دی ماه به انجمن کتاب قسمت فیزیک کتاب، قسمت آزمون پایانی مراجعه نمایند.

کلیدواژه

کلونین - سلسیوس - فارنهایت - انبساط گرمایی - انبساط غیرعادی آب - گرمای ویژه - ظرفیت گرمایی - مول و عدد آووگادرو
 - ظرفیت گرمایی مول - گرما سنج - گرمای نهان ذوب - گرمای نهان تبخیر - رسانش گرمایی - همرفت تابش گرمایی - اثر
 گلخانه‌ای - قانون آووگادرو - قانون گازهای کامل

مفاهیم آشنایی

دما کمیتی است که میزان سردی و گرمی اجسام را مشخص می‌کند.

کمیت دماسنجی هر مشخصه قابل اندازه‌گیری که با گرمی و سردی جسم تغییر کند را «کمیت دماسنجی» می‌گویند.

مقیاس‌های دما مقیاس‌های مهم در اندازه‌گیری دما عبارتند از: مقیاس درجه سلسیوس، کلونین و فارنهایت.

اندا درجه سلسیوس این مقیاس مبتنی بر دو نقطه ثابت است:

۱- دمایی را که در آن آب خالص در فشار ۱ atm شروع به یخ زدن می‌کند، صفر در نظر می‌گیرند.

۲- دمایی را که در آن آب خالص 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 سانتی‌گراد است.

نکته: یکای درجه سلسیوس را با °C و دما بر حسب درجه سلسیوس را با θ نمایش می‌دهند. به عنوان مثال: θ = ۲۰°C

ب: کلونین: از دیگر مقیاس‌های اندازه‌گیری دما است که آن را با نماد K نشان می‌دهند. دما بر حسب کلونین را معمولاً با T نمایش می‌دهند. به عنوان مثال:

T = ۱۰K

نکته مهم: رابطه دما در مقیاس درجه سلسیوس و کلونین به صورت زیر است:

$$T = \theta + 273/15 \rightarrow \theta = T - 273/15$$

مثال ۱: صفر کلونین بر حسب درجه سلسیوس چقدر است؟
 T = ۰ → θ + 273/15 = ۰ → θ = -273/15°C

نکته: دمای °C - 273/15 را صفر کلونین می‌گویند که کمترین دمای ممکن است، اما برای دما حد بالایی وجود ندارد.

توجه: از این پس در محاسبات، مقدار صفر مطلق را به طور تقریبی °C - 273 در نظر می‌گیریم.

مثال ۲: دمای °C ۳۷ را بر حسب کلونین به دست آورید.

$$\theta = 37°C, T = \theta + 273 = 37 + 273 = 310K$$

مثال ۳: دمای ۴۲۲K را بر حسب درجه سلسیوس محاسبه کنید.

$$T = 422K, T = \theta + 273 \rightarrow 422 = \theta + 273 \rightarrow \theta = 149°C$$

ج: 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 مهم: رابطه دما در مقیاس دمای فارنهایت و سلسیوس به صورت مقابل است:

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

مثال ۴: دمای °C ۲۰ را به درجه فارنهایت تبدیل کنید. °C ۲۰, F = 9/5 * 20 + 32 = 36 + 32 = 68°F

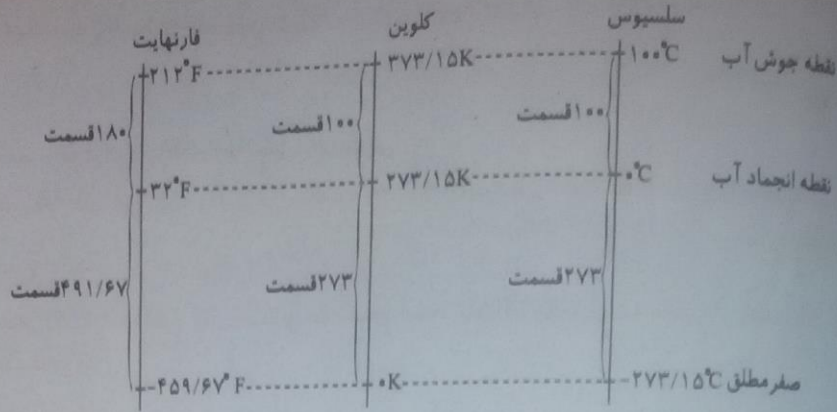
مثال ۵: دمای ۸۶°F را بر حسب سلسیوس بتویسید.

$$F = 86°F, F = \frac{9}{5}\theta + 32 \rightarrow 86 = \frac{9}{5}\theta + 32 \rightarrow 86 - 32 = \frac{9}{5}\theta \rightarrow \frac{9}{5}\theta = 54 \rightarrow \theta = \frac{54 \times 5}{9} = 30°C$$

پایه دهم ریاضی - تشریحی (دوره دوم متوسطه)

گرمایی

مقایسه یکناهای دما با یکدیگر:



$$\Delta\theta = \frac{5}{9} \Delta F, \Delta F = \frac{9}{5} \Delta\theta$$

نکته: رابطه تغییرات دما بر حسب درجه سلسیوس و فارنهایت:

$$\frac{9}{5} \times 40 = 72^\circ F$$

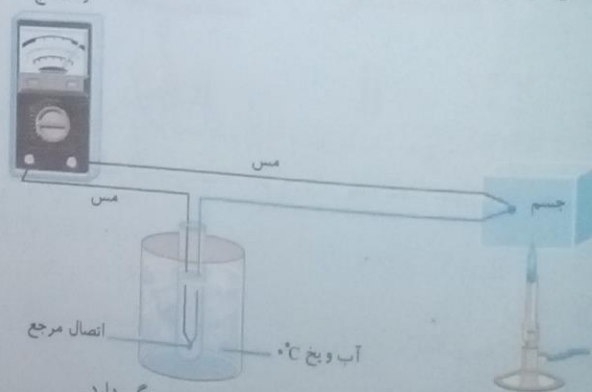
مثال ۶: اگر دمای جسمی $40^\circ C$ افزایش یابد، چند درجه فارنهایت افزایش یافته است؟

$$\frac{5}{9} \times 45 = 25^\circ F$$

مثال ۷: اگر دمای جسمی $45^\circ F$ افزایش یابد، چند درجه سلسیوس افزایش یافته است؟

نکته: یک درجه سلسیوس و کلونین با یک دیگر برابر ولی یک درجه فارنهایت کوچکتر از درجه سلسیوس و کلونین است. دانشمندان سه دماسنج را به عنوان معیار پذیرفته اند:

- ۱- دماسنج گازی: اساس کار این دماسنج ها بر مبنای قانون گازهای کامل است.
 - ۲- دماسنج ایرومتر: اساس کار این دماسنج ها بر مبنای تابش گرمایی است.
 - ۳- دماسنج مقاومت پلاتینی: اساس کار این دماسنج ها بر مبنای مقاومت الکتریکی است.
- نکته: دماسنج های ترموکوپل نسبت به دماسنج های معیار دقت کمتری داشته و کمیت دماسنجی آنها ولتاژ است. دماسنج ترموکوپل شامل دو سیم فلزی غیرهم جنس (مانند مس و کنستانتان) است که از یک سو در دمای ذوب یخ نگهداشته شده و از طرف دیگر به دمای مجهول متصل اند و به وسیله دو سیم مسی به یک ولت سنج بسته می شوند. با افزایش دمای مجهول ولتاژ دو سیم های غیرهم جنس افزایش می یابد. با اندازه گیری ولتاژ مربوط به هر دما می توان دمای مجهول را مشخص کرد.



نکته: گستره دماسنجی دماسنج های ترموکوپل به جنس سیم های غیرهم جنس بستگی دارد.

دماسنج ترموکوپل دو مزیت عمده دارد:

- ۱- به دلیل جرم کوچک محل اتصال خیلی سریع با جسم به تعادل گرمایی رسیده و دما را مشخص می کند.
- ۲- در مدارهای الکترونیکی بسیاری از وسایل صنعتی، گرمایشی و سرمایشی به راحتی به کار برده می شوند.

انبساط گرمایی

انبساط جامدها: با افزایش دما، دامنه نوسان مولکول ها و اتم های ماده و در نتیجه فاصله متوسط آنها از یکدیگر افزایش یافته و جسم جامد منبسط می شود.

- ۱- انبساط طولی
- ۲- انبساط سطحی
- ۳- انبساط حجمی

انبساط 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 جسم جامد در اثر انبساط از رابطه مقابل به دست می آید:

در این رابطه: L_1 و ΔL : طول اولیه و تغییر طول بر حسب m ، ΔT : تغییر دما بر حسب K یا $^{\circ}C$ و α : ضریب انبساط طولی بر حسب $\frac{1}{^{\circ}C}$ یا $\frac{1}{K}$ است.

نکته: در رابطه $\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$ ، یکای ΔL و L_1 یکسان است. مثلاً اگر L_1 بر حسب سانتی متر باشد، ΔL نیز بر حسب سانتی متر به دست می آید.

مثال ۱: طول یک پیل فلزی ۲۰۰۰ متر است. اگر ضریب انبساط طولی فلز ساخته شده $\frac{1}{K} \times 10^{-6} \times 13$ باشد، با تغییر دمای $80^{\circ}C$ بین فصول گرم و سرد سال، بیشترین تغییر طول ممکن برای پیل چقدر است؟

$$L_1 = 2000m, \alpha = 13 \times 10^{-6} \frac{1}{K}, \Delta T = 80^{\circ}C, \Delta L = ?$$

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T = 13 \times 10^{-6} \times 2000 \times 80 = 13 \times 2 \times 8 \times 10^{-2} = 2/0.8m \rightarrow \Delta L = 2/0.8m$$

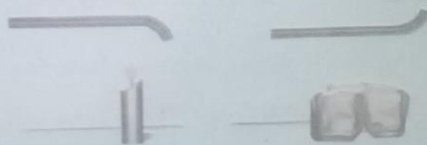
مثال ۲: یک خطکش فلزی در دمای $10^{\circ}C$ طول $30cm$ و در دمای $40^{\circ}C$ طول $30/6cm$ دارد. ضریب انبساط فلز این خطکش چقدر است؟

$$\theta_1 = -10^{\circ}C, L_1 = 30cm, \theta_2 = 40^{\circ}C, L_2 = 30/6cm, \alpha = ?$$

$$\Delta T = \Delta \theta = 40 - (-10) = 50^{\circ}C, \Delta L = 30/6 - 30 = 0/6cm$$

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T \rightarrow 0/6 = \alpha \times 30 \times 50 \rightarrow 0/6 = 1500\alpha \rightarrow \alpha = \frac{0/6}{1500} = 4 \times 10^{-4} \frac{1}{K} \rightarrow \alpha = 4 \times 10^{-4} \frac{1}{K}$$

دماسنج نواری دو فلزه: از نواری با دو تیغه فلزی متفاوت که بر روی هم متصل شده اند، ساخته شده است. چون ضریب انبساط طولی دو فلز متفاوت است، در اثر گرما (یا سرما) یکی از فلزات بیشتر از دیگری منبسط (یا منقبض) شده و نوار خم می شود. از این ویژگی برای ساخت دماسنج ها استفاده می شود.



$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$$

انبساط سطحی: تغییر مساحت جسم جامد در اثر انبساط از رابطه مقابل به دست می آید:

در این رابطه: A_1 و ΔA : مساحت اولیه و تغییر مساحت بر حسب m^2 ، ΔT : تغییر دما بر حسب K یا $^{\circ}C$ و α : ضریب انبساط طولی بر حسب $\frac{1}{^{\circ}C}$ یا $\frac{1}{K}$ است.

نکته: در این رابطه نیز یکای ΔA و A_1 یکسان است.

مثال ۱: یک صفحه فلزی دایره ای شکل به شعاع $10cm$ داریم، اگر دمای آن را $100^{\circ}C$ افزایش دهیم، تغییر مساحت آن چقدر است؟

$$\left(\alpha = 3 \times 10^{-5} \frac{1}{K}, \pi = 3 \right)$$

$$r = 10cm, \Delta T = 100^{\circ}C, \Delta A = ?$$

$$A_1 = \pi r^2 = 3 \times 10^2 = 300cm^2$$

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T = 2 \times 3 \times 10^{-5} \times 300 \times 100 = 18 \times 10^{-1} = 1/8cm^2 \rightarrow \Delta A = 1/8cm^2$$

ابتدا مساحت اولیه صفحه را محاسبه می کنیم:

مثال ۲: یک ورقه فولادی به مساحت $600cm^2$ داریم. اگر دمای آن $50^{\circ}C$ افزایش یابد، مساحت آن چقدر می شود؟

$$\left(\alpha_{فولاد} = 11 \times 10^{-6} \frac{1}{K} \right)$$

$$A_1 = 600cm^2$$

برای محاسبه مساحت نهایی این ورقه T، ابتدا باید تغییر مساحت آن را به دست آوریم:

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T = 2 \times 11 \times 10^{-6} \times 600 \times 50 = 2 \times 11 \times 6 \times 5 \times 10^{-3} = 660 \times 10^{-3} = 0.66 \text{ cm}^2$$

مساحت نهایی ورقه $A_2 = 600 / 66 \text{ cm}^2 \rightarrow A_2 = 600 + 0.66 = 600.66 \text{ cm}^2$

مثال ۳: دمای یک صفحه آهنی 20°C است. در چه دمایی مساحت این صفحه به اندازه 0.001 مساحت اولیه آن افزایش می‌یابد؟

$$(\alpha_{\text{آهن}} = 10 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}})$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C}, \Delta A = 0.001 A_1, T_2 = ?$$

برای محاسبه دمای نهایی، ابتدا باید ΔT را محاسبه کنیم:

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T \rightarrow 0.001 A_1 = 2 \times 10^{-6} \times A_1 \times \Delta T \rightarrow 0.001 = 2 \times 10^{-6} \Delta T$$

$$\rightarrow \Delta T = \frac{10^{-3}}{2 \times 10^{-6}} = \frac{1000}{2} = 500^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 \rightarrow 500 = T_2 - 20 \rightarrow T_2 = 520^\circ\text{C}$$

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

انبساط حجمی: تغییر حجم یک جسم جامد در اثر انبساط از رابطه زیر به دست می‌آید.

بر این رابطه: V_1 و ΔV ، حجم اولیه و تغییر حجم بر حسب ΔT ، m^3 ؛ تغییر دما بر حسب K یا $^\circ\text{C}$ ؛ β ضریب انبساطی حجمی

بر حسب $\frac{1}{^\circ\text{C}}$ یا $\frac{1}{\text{K}}$ است.

$$\beta_{\text{جامد}} = 3\alpha$$

ضریب انبساطی حجمی جامدها (β) تقریباً سه برابر ضریب انبساط طولی آنها است. بنابراین:

گت، یکای ΔV و V_1 یکسان است.

مثال ۴: حجم یک شمش آلومینیومی به ابعاد ۵۰ و ۴۰ و ۲۵ سانتی‌متر در اثر افزایش دمای 200°C چقدر افزایش می‌یابد؟

$$(\alpha_{\text{Al}} = 23 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}})$$

$$V_1 = 25 \times 40 \times 50 = 50000 = 5 \times 10^4 \text{ cm}^3, \beta = 3\alpha, \Delta T = 200^\circ\text{C}, \Delta V = ?$$

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T = 3\alpha V_1 \Delta T = 3 \times 23 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^4 \times 200 = 3 \times 23 \times 5 \times 2 \times 10^{-6} \times 10^5 = 690 \text{ cm}^3$$

$$\rightarrow \Delta V = 690 \text{ cm}^3$$

مثال ۵: دمای یک کره فلزی به شعاع ۱۰ cm را 50°C افزایش می‌دهیم. حجم آن 2 cm^3 افزایش می‌یابد. ضریب انبساط

طولی این فلز چقدر است؟ ($\pi = 3$)

$$r = 10 \text{ cm}, \Delta T = 50^\circ\text{C}, \Delta V = 2 \text{ cm}^3, \alpha = ?$$

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3 \times 10^3 = 4000 \text{ cm}^3$$

ابتدا حجم اولیه کره را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T \rightarrow \Delta V = 3\alpha V_1 \Delta T \rightarrow 2 = 3 \times \alpha \times 4000 \times 50 \rightarrow 2 = 6 \times 10^5 \alpha \rightarrow \alpha = \frac{2}{6 \times 10^5} = 0.5 \times 10^{-6}$$

$$\rightarrow \alpha = 5 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$$

انبساط مایع‌ها: با افزایش دمای مایع، حرکت کاتوره‌ای اتم‌ها و مولکول‌ها افزایش می‌یابد. در نتیجه اتم‌ها و مولکول‌ها از هم دور

شده و حجم مایع بیشتر می‌شود.

انبساط حجمی مایع‌ها تغییر حجم یک مایع در اثر انبساط همانند جامدها از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

بر این رابطه β ضریب انبساطی حجمی مایع‌ها بر حسب $\frac{1}{^\circ\text{C}}$ یا $\frac{1}{\text{K}}$ است.

مثال ۶: ظرفی به حجم ۲ L به طور کامل از استون پر شده و داخل یخچالی با دمای 2°C قرار دارد. اگر آن را در هوای بیرون با دمای

27°C قرار دهیم، چه مقدار مایع از ظرف بیرون می‌ریزد؟ (از افزایش حجم ظرف صرف نظر کنید.)

$$(\beta_{\text{استون}} = 1.44 \times 10^{-4} \frac{1}{\text{K}})$$

$$V_1 = 2 \text{ L}, \theta_1 = 2^\circ\text{C}, \theta_2 = 27^\circ\text{C}, \Delta V = ?$$

$$\Delta T = \Delta \theta = \theta_2 - \theta_1 = 27 - 2 = 25^\circ\text{C}$$

افزایش حجم مایع همان مقدار مایعی است که از ظرف بیرون می‌ریزد:

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T = 1.44 \times 10^{-4} \times 2 \times 25 = 0.0072 \text{ L} \rightarrow \Delta V = 0.0072 \text{ L}$$

مثال ۲. در مخزنی ۲۰۰L الکل ریخته شده است. دمای آن را چقدر افزایش دهیم تا حجم الکل ۲۱۱L شود؟

$$(\beta_{\text{الکل}} = 1/1 \times 10^{-3} \frac{1}{K})$$

$$V_1 = 200L, V_2 = 211L, \Delta T = ?, \Delta V = 211 - 200 = 11 \text{ lit}$$

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T \rightarrow 11 = 1/1 \times 10^{-3} \times 200 \times \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{11}{1/1 \times 10^{-3} \times 200} = \frac{11}{0.2} = 55^\circ C \rightarrow \Delta T = 55^\circ C$$

مثال ۳. ظرف آلومینیومی به حجم ۱L به طور کامل از جیوه پر شده است. اگر دمای آن را ۱۰۰°C افزایش دهیم، چه مقدار جیوه از ظرف بیرون می‌ریزد؟

$$(\beta_{\text{Hg}} = 0.18 \times 10^{-3} \frac{1}{K}, \alpha_{\text{Al}} = 23 \times 10^{-6} \frac{1}{K})$$

$$V_1 = 1L = 1000 \text{ cm}^3, \Delta T = 100^\circ C, \Delta V = ?$$

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T = 3 \alpha V_1 \Delta T = 3 \times 23 \times 10^{-6} \times 1000 \times 100 = 6/9 \text{ cm}^3 \rightarrow \Delta V_{\text{ظرف}} = 6/9 \text{ cm}^3$$

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T = 0.18 \times 10^{-3} \times 1000 \times 100 = 18 \text{ cm}^3 \rightarrow \Delta V_{\text{جیوه}} = 18 \text{ cm}^3$$

$$\Delta V_{\text{جیوه}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = 18 - 6/9 = 11/18 \text{ cm}^3$$

نکته: با افزایش دما، جرم جسم ثابت و حجم آن افزایش می‌یابد، بنابراین طبق رابطه $\rho = \frac{m}{V}$ چگالی جسم کاهش می‌یابد.

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

نکته: در انبساط مایع‌ها رابطه چگالی با تغییر دما عبارت است از:

در این رابطه، ρ_1 چگالی در دمای اولیه برحسب $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ، ρ_2 چگالی در دمای نهایی برحسب $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ، β ضریب انبساط

حجمی برحسب $\frac{1}{K}$ یا $\frac{1}{^\circ C}$ و ΔT تغییر دما یا $^\circ C$ است.

$$\rho_2 = \rho_1 (1 - \beta \Delta T)$$

نکته: رابطه فوق را با تقریب مناسب می‌توان به صورت زیر نوشت:

نکته: رابطه چگالی با تغییر دما را برای جامدات نیز می‌توان به کار برد.

مثال ۴. اگر دمای الکل را ۵۰°C افزایش دهیم، چگالی آن چقدر می‌شود؟ $(\rho_{\text{الکل}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \beta_{\text{الکل}} = 1/1 \times 10^{-3} \frac{1}{K})$

$$\Delta \theta = 50^\circ C, \rho_2 = ?$$

$$\rho_2 = \rho_1 (1 - \beta \Delta T) = 800 (1 - 1/1 \times 10^{-3} \times 50) = 800 (1 - 0.055) = 756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow \rho_2 = 756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$(\alpha_{\text{فولاد}} = 11 \times 10^{-6} \frac{1}{K})$$

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 ۹۹ درصد چگالی اولیه باشد.

$$\rho_2 = \frac{99}{100} \rho_1 \rightarrow \rho_2 = 0.99 \rho_1$$

$$\rho_2 = \rho_1 (1 - \beta \Delta T) \rightarrow \rho_2 = \rho_1 (1 - 3 \alpha \Delta T) \rightarrow 0.99 \rho_1 = \rho_1 (1 - 3 \times 11 \times 10^{-6} \times \Delta T)$$

$$0.99 = 1 - 33 \times 10^{-6} \Delta T \rightarrow 33 \times 10^{-6} \Delta T = 1 - 0.99 = 0.01$$

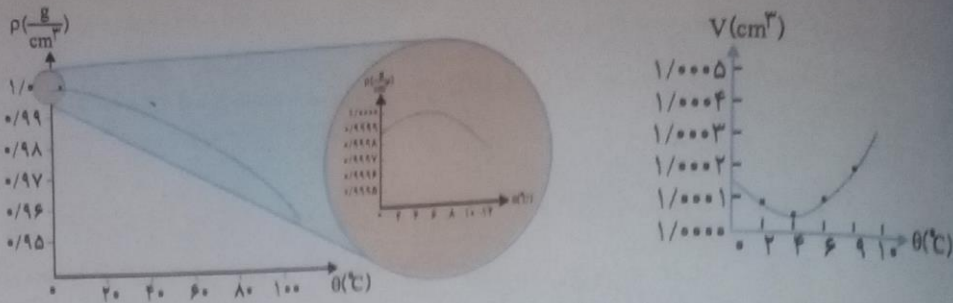
$$\rightarrow \Delta T = \frac{0.01}{33 \times 10^{-6}} = 303^\circ C \rightarrow \Delta T = 303^\circ C$$

انبساط غیرعادی آب: رفتار آب در محدوده دمایی ۰°C تا ۴°C متفاوت از سایر مایع‌ها است؛ یعنی با افزایش دما از ۰°C تا ۴°C

حجم آب کاهش و چگالی آن افزایش می‌یابد. هم‌چنین با کاهش دما از ۴°C تا ۰°C حجم آب افزایش و چگالی آن کاهش می‌یابد.

چگالی	حجم	دما	بازه دمایی
↑	↓	↑	۰°C تا ۴°C
↓	↑	↓	۴°C تا ۰°C

پس از دمای 4°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°C تا 4°C به صورت زیر است:



سوال: دلیل رفتار غیرعادی آب در محدوده دمایی 0°C تا 4°C چیست؟

پاسخ: ساختار بلور یخ به گونه‌ای است که در برخی نقاط مولکول‌ها به هم نزدیک و در برخی نقاط از هم دورند، در نتیجه حجم یخ بیشتر از آب است. از آن جا که در محدوده دمایی 0°C تا 4°C هنوز بقایای ساختار مولکولی یخ در آب وجود دارد با افزایش دما در این محدوده و از بین رفتن ساختار مولکولی یخ، حجم آب کاهش می‌یابد و برعکس.

گرما انرژی است که به دلیل اختلاف دما از جسم گرم‌تر به جسم سردتر منتقل می‌شود و آن را با Q نشان داده و یکای آن ژول (J) است. انتقال گرمایی: اگر دو یا چند جسم گرم و سرد در تماس با یکدیگر قرار گیرند، گرما از اجسام گرم‌تر به اجسام سردتر منتقل می‌شود تا در نهایت همه اجسام به دمای ثابتی برسند، به این حالت تعادل گرمایی می‌گویند.

نکته: با تعادل گرمایی، انرژی جنبشی و پتانسیل مربوط به حرکت کاتوره‌های اتم‌ها و مولکول‌ها در جسم گرم‌تر کاهش و در جسم سردتر افزایش می‌یابد.

ظرفیت گرمایی: مقدار گرمایی است که دمای جسم را 1°C یا 1K افزایش می‌دهد، آن را با C نشان داده و یکای آن $\frac{\text{J}}{\text{K}}$ است. مثلاً وقتی

می‌گوییم ظرفیت گرمایی یک جسم $1000 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ است، یعنی اگر به جسم 1000 گرما دهیم، دمای آن 1K افزایش می‌یابد.

محاسبه گرما با استفاده از ظرفیت گرمایی: مقدار گرمایی که دمای جسمی با ظرفیت گرمایی C را به اندازه ΔT افزایش می‌دهد، این گرما از رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$Q = C\Delta T$$

در این رابطه: Q : گرما بر حسب J، C : ظرفیت گرمایی بر حسب $\frac{\text{J}}{\text{K}}$ و ΔT : تغییر دما بر حسب K است.

مثال ۱: یک قطعه فلزی با ظرفیت گرمایی $2500 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ داریم. چه مقدار گرما لازم است تا دمای این قطعه 40°C افزایش یابد؟

$$C = 2500 \frac{\text{J}}{\text{K}}, \Delta T = 40^{\circ}\text{C} = 40\text{K}, Q = ?$$

$$Q = C\Delta T = 2500 \times 40 = 100000\text{J} \rightarrow Q = 10^5\text{J}$$

ظرفیت گرمایی ویژه (گرمای ویژه): مقدار گرمایی است که دمای یک کیلوگرم از جسم را 1°C یا 1K 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:

$$\text{ظرفیت گرمایی} \rightarrow C = \frac{C}{m} \leftarrow \text{ظرفیت گرمایی ویژه جسم}$$

$$\text{جرم جسم} \rightarrow m$$

محاسبه گرما با استفاده از ظرفیت گرمایی ویژه: مقدار گرمایی که دمای جسمی به جرم m و گرمای ویژه c را به اندازه ΔT افزایش می‌دهد، از رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$Q = C\Delta T \xrightarrow{C=mc} Q = mc\Delta T$$

در این رابطه Q : گرما بر حسب J و c : گرمای ویژه بر حسب $\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ ، m : جرم جسم بر حسب kg، ΔT : تغییر دما بر حسب K

$$c_{\text{سر}} = 380 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

مثال ۲. چه مقدار گرما لازم است تا دمای ۵ kg مس ۲۰°C افزایش یابد؟

$$m = 5 \text{ kg}, \Delta T = \Delta \theta = 20 \text{ K}, Q = ?$$

$$Q = mc\Delta T = 5 \times 380 \times 20 = 38000 \text{ J} \rightarrow Q = 38000 \text{ J}$$

مثال ۳. اگر ۲۲ x ۱۰^{۲۳} J گرما لازم باشد تا دمای ۲ L آب از ۱۰°C به ۶۰°C برسد. گرمای ویژه آب چقدر است؟

$$\rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q = 22 \times 10^{23} \text{ J}, V = 2 \text{ L} = 0.002 \text{ m}^3, \Delta T = \Delta \theta = 60 - 10 = 50 \text{ K}$$

برای محاسبه گرمای ویژه، ابتدا باید جرم آب را محاسبه کنیم:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 1000 \times 0.002 = 2 \text{ kg} \rightarrow m = 2 \text{ kg}$$

$$Q = mc\Delta T \rightarrow 22 \times 10^{23} = 2 \times c \times 50 \rightarrow c = \frac{22 \times 10^{23}}{100} = 22 \times 10^{21} = 2200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \rightarrow c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

مول و عدد آووگادرو

مول: یکایی برای مقدار ماده است که آن را با n نشان می دهند. هر یک مول شامل ۶/۰۲ x ۱۰^{۲۳} از اجزای سازنده ماده (اتم یا مولکول) است. عدد ۶/۰۲ x ۱۰^{۲۳} را عدد آووگادرو می گویند.

جرم مولی: جرم یک مول از هر ماده را جرم مولی آن می گویند و آن را با M نشان می دهند.

$$M_{\text{کربن}} = 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ و } M_{\text{آب}} = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

مثال:

$$n = \frac{m}{M}$$

توجه: تعداد مول یک ماده از رابطه مقابل به دست می آید:

در این رابطه:

n: تعداد مول ماده بر حسب mol, m: جرم ماده بر حسب kg (یا g), M: جرم مولی ماده بر حسب $\frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ یا $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$

مثال: می دانیم الماس از کربن تشکیل شده است. یک قطعه الماس به جرم ۹g از چه تعداد اتم کربن تشکیل شده است؟

$$(M_{\text{کربن}} = 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}})$$

$$m = 9 \text{ g}, \text{ تعداد اتم کربن} = ?$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{9}{12} = 0.75 \text{ mol} \rightarrow n = 0.75 \text{ mol}$$

ابتدا تعداد مول اتم کربن این قطعه الماس را محاسبه می کنیم:

می دانیم هر مول شامل ۶/۰۲ x ۱۰^{۲۳} اتم کربن است. بنابراین تعداد اتم های کربن این قطعه الماس برابر است با:

$$\text{تعداد اتم کربن} = \text{تعداد مول اتم کربن} \times \text{عدد آووگادرو} = 0.75 \times 6.02 \times 10^{23} = 4.515 \times 10^{23}$$

مثال: ۳۶ گرم آب شامل چه تعداد مولکول آب است؟

$$(M_{\text{آب}} = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}})$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{36}{18} = 2 \text{ mol} \rightarrow n = 2 \text{ mol}, 2 \times 6.02 \times 10^{23} = 12.04 \times 10^{23} \text{ مولکول}$$

ظرفیت گرمایی مولی (گرمای ویژه مولی): مقدار گرمایی است که دمای یک مول از ماده را ۱K افزایش می دهد.

توجه: گرمای ویژه مولی فلزات همگی یکسان و تقریباً برابر ۲۵ $\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ است. یعنی گرمای لازم برای افزایش دمای یک مول از هر فلز برابر است و به جنس آنها بستگی ندارد. (تعداد ذرات)

ذرات به دمای ثابتی که اجسام در تعادل گرمایی دارند، «دمای تعادل» می گویند.

نکته مهم: در محاسبه مقدار گرمای مبادله شده، اگر جسم گرما بگیرد، علامت Q مثبت و اگر گرما از دست بدهد، علامت Q منفی است.

نکته مهم: طبق قانون پایستگی انرژی هنگام تبادل گرما، گرمایی که اجسام گرم از دست می دهند با گرمایی که اجسام سرد می گیرند برابر است. بنابراین در تعادل گرمایی جمع جبری Q ها صفر است.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$$

فکر کنید اگر چند جسم با گرمای ویژه c_1, c_2, c_3, \dots ، جرم‌های m_1, m_2, m_3, \dots و دماهای اولیه $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$ در تماس با هم باشند، دمای تعادل (θ) 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: ۴۰۰g آب 10°C را داخل ظرف آلومینیومی به جرم ۱۰۰g و دمای 80°C می‌ریزیم. دمای تعادل چقدر می‌شود؟ (از تبادل گرمایی محیط صرف نظر کنید.)

$$(c_{\text{Al}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{آب: } m_1 = 400\text{g} = 0.4\text{kg}, c_1 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, \theta_1 = 10^\circ\text{C} \\ \text{آلومینیوم: } m_2 = 100\text{g} = 0.1\text{kg}, c_2 = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, \theta_2 = 80^\circ\text{C} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{دمای تعادل}} \theta = ?$$

در حل مسائل مربوط به تعادل گرمایی جمع جبری Qها صفر است. بنابراین:

$$m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) = 0 \rightarrow 0.4 \times 4200 (\theta - 10) + 0.1 \times 900 (\theta - 80) = 0$$

$$\rightarrow 1680 (\theta - 10) + 90 (\theta - 80) = 0 \rightarrow 1680\theta - 16800 + 90\theta - 7200 = 0 \rightarrow 1770\theta - 24000 = 0$$

$$\rightarrow 1770\theta = 24000 \rightarrow \theta = \frac{24000}{1770} = 13.5^\circ\text{C} \rightarrow \theta = 13.5^\circ\text{C} \text{ دمای تعادل}$$

مثال ۲: در ظرفی ۴۰۰g آب 20°C و ۳۷۵g مس با دمای 50°C و ۲۰۰g فلزی با دمای 60°C قرار دارد. اگر دمای تعادل آنها 30°C شود، گرمای ویژه فلز چقدر است؟ (از تبادل گرما با ظرف و محیط صرف نظر کنید.)

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, c_{\text{مس}} = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{آب: } m_1 = 400\text{g} = 0.4\text{kg}, c_1 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, \theta_1 = 20^\circ\text{C} \\ \text{مس: } m_2 = 375\text{g} = 0.375\text{kg}, c_2 = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, \theta_2 = 50^\circ\text{C} \\ \text{فلز: } m_3 = 200\text{g} = 0.2\text{kg}, c_3 = ?, \theta_3 = 60^\circ\text{C} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{دمای تعادل}} \theta = 30^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{مس}} + Q_{\text{فلز}} = 0 \rightarrow m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta - \theta_3) = 0$$

$$\rightarrow 0.4 \times 4200 (30 - 20) + 0.375 \times 400 (30 - 50) + 0.2 c_3 (30 - 60) = 0$$

$$\rightarrow 16800 - 6000 - 6c_3 \rightarrow 10800 - 6c_3 = 0 \rightarrow c_3 = \frac{10800}{6} = 1800 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \rightarrow c_3 = 1800 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

گرماسنج (کالری متر): ظرفی است عایق بندی شده برای تعیین گرمای ویژه یک جسم.

در یک گرماسنج پس از برقراری تعادل گرمایی داریم:

$$Q_{\text{ظرف}} + Q_{\text{آب}} + Q_{\text{جسم}} = 0$$

نکته: معمولاً در یک گرماسنج به جای داشتن جرم (m) و گرمای ویژه ظرف (c)، ظرفیت گرمایی ظرف (C) را داریم. اگر ظرفیت گرمایی

مثال ۱: فلزی به جرم ۶۰۰g و دمای 75°C را درون گرماسنجی حاوی ۵۰۰g آب 15°C می‌اندازیم. اگر ظرفیت گرمایی

گرماسنج $90 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}}$ و دمای تعادل 25°C باشد، گرمای ویژه فلز چقدر است؟

$$\left. \begin{array}{l} \text{فلز: } m_1 = 600\text{g} = 0.6\text{kg}, \theta_1 = 75^\circ\text{C}, c_1 = ? \\ \text{آب: } m_2 = 500\text{g} = 0.5\text{kg}, \theta_2 = 15^\circ\text{C}, c_2 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \\ \text{گرماسنج: } C_3 = 90 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}}, \theta_3 = 15^\circ\text{C} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{دمای تعادل}} \theta = 25^\circ\text{C}$$

نکته چون آب داخل گرماسنج قرار دارد، دمای اولیه آب و گرماسنج برابر است. ($\theta_p = \theta_r = 15^\circ\text{C}$)

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{گرماسنج}} + Q_{\text{فلزی}} = 0 \rightarrow m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_p c_p (\theta - \theta_p) + C_p (\theta - \theta_p) = 0$$

$$0.6 \times c_1 \times (15 - 75) + 0.5 \times 4200 \times (15 - 15) + 90 \times (15 - 15) = 0 \rightarrow -30c_1 + 21000 + 900 = 0$$

$$-30c_1 + 21900 = 0 \rightarrow 30c_1 = 21900 \rightarrow c_1 = \frac{21900}{30} = 730 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \rightarrow c_1 = 730 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

مثال ۲ گرماسنجی حاوی ۴۰۰g آب 40°C است. اگر یک قطعه ۸۰۰ گرمی از فلزی با گرمای ویژه $320 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ و دمای 180°C

را داخل آب قرار دهیم، دمای تعادل 60°C می شود. ظرفیت گرمایی گرماسنج چقدر است؟

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, c_{\text{فلز}} = 320 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$$

$$\left. \begin{aligned} \text{آب: } m_1 &= 400 \text{g} = 0.4 \text{kg}, c_1 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, \theta_1 = 40^\circ\text{C} \\ \text{فلز: } m_p &= 800 \text{g} = 0.8 \text{kg}, c_p = 320 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, \theta_p = 180^\circ\text{C} \\ \text{گرماسنج: } C_p &= ?, \theta_p = 40^\circ\text{C} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\text{دمای تعادل}} \theta = 60^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{فلز}} + Q_{\text{گرماسنج}} = 0 \rightarrow m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_p c_p (\theta - \theta_p) + C_p (\theta - \theta_p) = 0$$

$$0.4 \times 4200 \times (60 - 40) + 0.8 \times 320 \times (60 - 180) + C_p (60 - 40) = 0 \rightarrow 33600 - 30720 + 20C_p = 0$$

$$-6720 + 20C_p = 0 \rightarrow 20C_p = 6720 \rightarrow C_p = \frac{6720}{20} = 336 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \rightarrow C_p = 336 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

حالت های ماده:

ماده معمولاً در سه حالت یا فاز جامد، مایع و گاز وجود دارد.

تغییر حالت (گذار فاز): تغییر از یک حالت (فاز) به حالت (فاز) دیگر را تغییر حالت (گذار فاز) می گویند.

انواع تغییر حالت

تغییر حالت	نام تغییر حالت	گرماده / گرماگیر	مثال
جامد به مایع	ذوب	گرماگیر	آب شدن بستنی
بخار به مایع	چگالش بخار به مایع یا میعان	گرماده	تشکیل باران
مایع به بخار	تبخیر	گرماگیر	تبخیر آب دریاها
جامد به بخار	تصعید	گرماگیر	تصعید نفتالین
مایع به جامد	انجماد	گرماده	یخ زدن آب دریاچه ها
بخار به جامد	چگالش بخار به جامد	گرماده	تشکیل برفک

نکته بخار و گاز تعاریف متفاوتی دارند ولی در این جا برای آنها تعاریف یکسانی در نظر گرفته می شود.

ذوب و انجماد

دمای ذوب: دمای ثابتی که در آن جسم جامد یا گرفتن گرما به مایع تبدیل می شود را دمای ذوب می گویند. این دما به جنس ماده و فشار وارد بر آن بستگی دارد.

نکته جامدهای بلورین مثل فلزات، دمای ذوب مشخصی دارند و حجم آنها هنگام ذوب افزایش می یابد.

جامدهای بی شکل مثل شیشه یا قیر دمای ذوب مشخصی ندارند و در گستره ای از دما ذوب می شوند. حجم آنها هنگام ذوب ثابت است.

نکته معمولاً افزایش فشار، نقطه ذوب را افزایش می دهد ولی در یخ و برخی مواد دیگر افزایش فشار باعث کاهش نقطه ذوب می شود و بالعکس.

$$\left. \begin{aligned} \downarrow \text{نقطه ذوب} &\Rightarrow \uparrow \text{فشار} \\ \uparrow \text{نقطه ذوب} &\Rightarrow \downarrow \text{فشار} \end{aligned} \right\} \text{در آب (یخ)}$$

$$\left. \begin{aligned} \uparrow \text{نقطه ذوب} &\Rightarrow \uparrow \text{فشار} \\ \downarrow \text{نقطه ذوب} &\Rightarrow \downarrow \text{فشار} \end{aligned} \right\} \text{بیشتر مواد}$$

در مایعات دمای ثابتی که در آن، مایع با از دست دادن گرما به جامد تبدیل می‌شود را «دمای انجماد» می‌گویند. این دما به جنس ماده و فشار وارد بر آن بستگی دارد.

نکته: جامدهای بلورین دمای انجماد مشخصی دارند و حجم آنها هنگام انجماد کاهش می‌یابد. جامدهای بی‌شکل دمای انجماد مشخصی ندارند و در گستره‌ای از دما منجمد می‌شوند. حجم آنها هنگام انجماد ثابت است. نکته: چون دمای ذوب هر ماده با دمای انجماد آن برابر است، تأثیر فشار بر نقطه انجماد و ذوب یکسان است. نکته: وجود ناخالصی در مایع‌ها باعث تغییر دمای ذوب و انجماد می‌شود. مثلاً افزودن نمک به آب نقطه انجماد و ذوب را کاهش می‌دهد. نکته: جسم در هنگام ذوب همان قدر گرما 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 گرما به جنس ماده بستگی دارد. به عنوان مثال:

$$L_{F_{\text{س}}} = 134000 \frac{J}{kg} \quad , \quad L_{F_{\text{ع}}} = 334000 \frac{J}{kg}$$

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:

$$Q_{\text{انجماد}} = -mL_F$$

نکته: علامت + و - در رابطه‌های بالا، نشان‌دهنده این است که هنگام ذوب، جسم گرما می‌گیرد ($Q > 0$) و هنگام انجماد، گرما از دست می‌دهد ($Q < 0$).

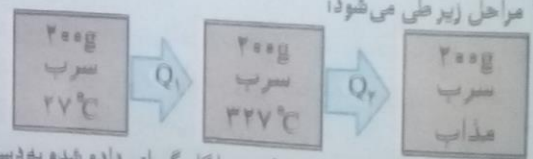
مثال: یک قطعه ۸ گرمی طلا در نقطه ذوب، چقدر گرما می‌گیرد تا به طور کامل ذوب شود؟

$$m = 8g = 0.008kg \quad Q = mL_F = 0.008 \times 64500 = 516J$$

مثال: دمای ذوب سرب $327^\circ C$ است. چه مقدار گرما لازم است تا ۲۰۰g سرب را بتوان در دمای اتاق ($27^\circ C$) ذوب کرد؟

$$(L_{F_{\text{سرب}}} = 24500 \frac{J}{kg} \quad , \quad c_{\text{سرب}} = 130 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})$$

برای ذوب سرب با دمای $27^\circ C$ مراحل زیر طی می‌شود:



گرمای داده شده در هر مرحله را محاسبه و سپس با هم جمع می‌کنیم تا کل گرمای داده شده به دست آید. چون در مرحله اول، سرب تغییر دما می‌دهد گرمای داده شده برابر است با:

$$Q_1 = mc\Delta\theta = 0.2 \times 130 \times (327 - 27) = 7800J$$

در مرحله دوم، سرب تغییر حالت می‌دهد، بنابراین گرمای داده شده برابر است با:

$$Q_2 = mL_F = 0.2 \times 24500 = 4900J$$

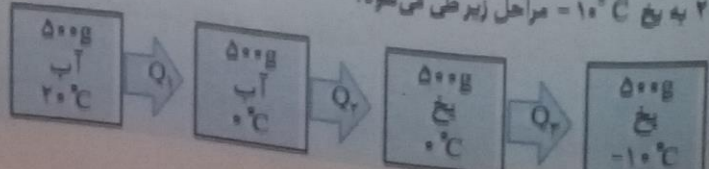
$$Q = Q_1 + Q_2 = 7800 + 4900 = 12700J$$

گرمای کل داده شده در این فرایند برابر است با:

مثال: ۵۰۰g آب $20^\circ C$ چه مقدار گرما بگیریم تا به یخ $10^\circ C$ تبدیل شود؟

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \quad , \quad c_{\text{یخ}} = 2100 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \quad , \quad L_{F_{\text{ع}}} = 334000 \frac{J}{kg})$$

برای تبدیل آب $20^\circ C$ به یخ $10^\circ C$ مراحل زیر طی می‌شود:



$$Q_1 = mc \Delta\theta = 0.5 \times 4200 \times (-20) = -42000 \text{ J}$$

مرحله اول: آب تغییر دما می دهد:

$$Q_2 = -mL_f = -0.5 \times 334000 = -167000 \text{ J}$$

مرحله دوم: آب تغییر حالت داده و به یخ تبدیل می شود:

$$Q_3 = mc \Delta\theta = 0.5 \times 2100 \times (-10) = -10500 \text{ J}$$

مرحله سوم: یخ تغییر دما می دهد:

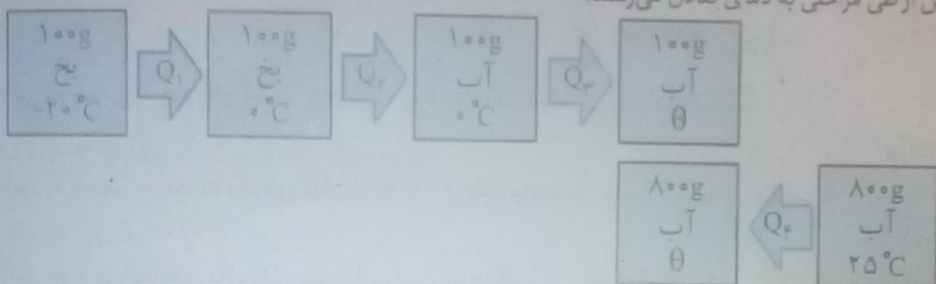
کل گرمایی که آب در این فرایند از دست می دهد، برابر است با:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -42000 - 167000 - 10500 = -219500 \text{ J}$$

مثال: مقدار ۱۰۰g یخ 20°C را در ۸۰۰g آب 25°C می اندازیم. اگر همه یخ ذوب شود، دمای تعادل چقدر می شود؟

$$(c_w = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}, c_{\text{ice}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}, L_{f_{\text{ice}}} = 334000 \frac{\text{J}}{\text{kg}})$$

آب و یخ پس از طی مراحل به دمای تعادل می رسند:



$$Q_1 = mc \Delta\theta = 0.1 \times 2100 \times (0 - (-20)) = 4200 \text{ J}$$

$$Q_2 = mL_{f_{\text{ice}}} = 0.1 \times 334000 = 33400 \text{ J}$$

$$Q_3 = mc \Delta\theta = 0.1 \times 4200 \times (\theta - 0) = 4200\theta$$

$$Q_4 = mc \Delta\theta = 0.8 \times 4200 \times (\theta - 25) = 3360 \times (\theta - 25) = 3360\theta - 84000$$

$$Q_5 = mc \Delta\theta = 0.8 \times 4200 \times (\theta - 25) = 3360 \times (\theta - 25) = 3360\theta - 84000$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 0 \rightarrow 4200 + 33400 + 4200\theta + 3360\theta - 84000 = 0$$

$$2780\theta - 46400 = 0 \rightarrow 2780\theta = 46400 \rightarrow \theta = \frac{46400}{2780} = 12/27^\circ\text{C} \rightarrow \theta = 12/27^\circ\text{C}$$

تبخیر و میعان

تبخیر: به تبدیل مایع به گاز، تبخیر و به گاز حاصل از تبخیر، بخار می گویند. تبخیر مایع در هر دمایی می تواند رخ دهد.

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 انرژی 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 گرم کردن مایع به دمایی می رسیم که حباب های گاز از داخل مایع بالا می آیند، به این حالت جوشیدن و به این دما «نقطه جوش» می گویند.

نکته: در جوشیدن، کل مایع در فرایند تبخیر شرکت 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 با L_v نشان می دهند و یکای گرمای نهان تبخیر $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$ است. مقدار این گرما به جنس ماده و دما بستگی دارد.

مقدار گرمای لازم برای تبخیر مایعی به جرم m و گرمای نهان تبخیر L_v برابر است با:

$$Q = +mL_v$$

تبدیل بخار به مایع را «میعان» 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 میعان از دست می دهد برابر است با:

$$Q = -mL_v$$

نکته: علامت + و - در رابطه های بالا، نشان دهنده این است که هنگام تبخیر، مایع گرما می گیرد ($Q > 0$) و هنگام میعان، بخار گرما از دست می دهد ($Q < 0$).

گرمای نهان تبخیر و میعانی است که انرژی الکتریکی را به گرما تبدیل می کند، مثال: سماور برقی، اتو، بخاری برقی و ...

$$Q = Pt$$

مقدار گرمايي که یک گرمکن الکتریکی با توان P در مدت زمان t تولید می کند، برابر است با، گرمای تولیدی برحسب J، P؛ توان گرمکن برحسب W و t؛ زمان برحسب s است.

مثال ۱: یک گرمکن ۲۵۰g آب در حال جوش را در مدت ۵ دقیقه به طور کامل تبخیر می کند. توان این وسیله چقدر است؟

$$(L_V = 2256 \frac{kJ}{kg})$$

$$m = 250g = 0.25kg, t = 5min = 5 \times 60 = 300s, P = ?$$

$$Q = mL_V = 0.25 \times 2256 \times 10^3 = 564 \times 10^3 J$$

مقدار گرمايي لازم برای تبخیر ۲۵۰g آب را محاسبه می کنیم:

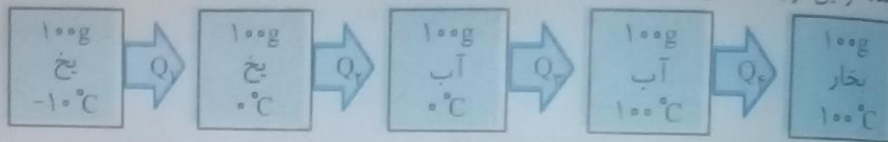
توان گرمکن از طریق فرمول $Q = Pt$ محاسبه می شود. پس توان گرمکن را به صورت زیر به دست می آید.

$$Q = Pt \rightarrow P = \frac{Q}{t} = \frac{564 \times 10^3}{300} = 1880 W \rightarrow P = 1880 W$$

مثال ۲: چه مقدار گرما لازم است تا ۱۰۰g یخ $10^\circ C$ به بخار $100^\circ C$ تبدیل شود؟

$$(L_{F_{بخ}} = 334 \frac{kJ}{kg}, c_{بخ} = 2100 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}, L_{V_{آب}} = 2255 \frac{kJ}{kg}, c_{آب} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})$$

برای حل این مسئله در این فرآیند به صورت زیر است:



$$Q_1 = mc_{بخ} \Delta\theta = 0.1 \times 2100 \times (0 - (-10)) = 2100 J = 2.1 kJ$$

$$Q_2 = mL_F = 0.1 \times 334 = 33.4 kJ$$

$$Q_3 = mc_{آب} \Delta\theta = 0.1 \times 4200 \times (100 - 0) = 42000 J = 42 kJ$$

$$Q_4 = mL_V = 0.1 \times 2255 = 225.5 kJ$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 2.1 + 33.4 + 42 + 225.5 = 303 kJ$$

$$(L_{V_{آب}} = 2256 \frac{kJ}{kg})$$

مثال ۳: ۲۰۰g بخار آب چه مقدار گرما از دست دهد تا به آب تبدیل شود؟

$$m = 200g = 0.2kg, Q = -mL_V = -0.2 \times 2256 = -451.2 kJ \rightarrow Q = -451.2 kJ$$

روش های انتقال گرما

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 ارتعاشات به سراسر جسم، گرما منتقل می شود، مثل انتقال گرما در فلزات.

ب) تابش گرما هم 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 گرما فقط از طریق ارتعاش اتم ها انتقال می یابد.)

عوامل مؤثر بر میزان رسانش گرمایی فلزات عبارتند از:

- ۱- طول جسم 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 نیز بیشتر 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 فلز بیشتر از شیشه یا چوب است.

آهنگ رسانش گرمایی گرما عبوری از جسم در هر ثانیه را آهنگ رسانش گرمایی می گویند و آن را با H نشان داده و یکای آن $\frac{J}{s}$ است.

$$H = \frac{Q}{t} = k \frac{A(T_H - T_L)}{L}$$

در این رابطه A سطح مقطع A داریم، اگر اختلاف دمای دو سر میله $(T_H - T_L)$ باشد، آهنگ رسانش گرما در این میله برابر است با W (وات) است.

در این رابطه:

H: آهنگ رسانش گرما بر حسب W, k: رسانندگی گرمایی میله بر حسب $\frac{J}{s.m.K}$ یا $\frac{W}{m.K}$, T_H : دمای قسمت گرم‌تر بر حسب

K یا $^{\circ}C$, T_L : دمای قسمت سردتر بر حسب K یا $^{\circ}C$, A: سطح مقطع میله بر حسب m^2 و L: طول میله بر حسب m است.

نکته: رسانندگی گرمایی یک جسم (k) 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 ۳m و ۵m و ضخامت آن ۱۵cm است. اگر این دیوار از آجر با رسانندگی گرمایی $\frac{W}{m.K}$ ساخته

شده و دمای داخل اتاق $25^{\circ}C$ و دمای بیرون $5^{\circ}C$ - باشد.

الف) آهنگ رسانش گرما از این دیوار چقدر است؟

$$A = 3 \times 5 = 15m^2, L = 15cm = 0.15m, k = 0.8 \frac{W}{m.K}$$

$$T_H - T_L = 25 - (-5) = 30^{\circ}C = 30K, H = ?$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L} = \frac{0.8 \times 15 \times 30}{0.15} = 2400W \rightarrow H = 2400W$$

ب) از این دیوار در مدت ۵ دقیقه چند کیلو ژول گرما عبور می‌کند؟

$$H = 2400W, t = 5 \times 60 = 300s, Q = ?$$

$$H = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = H.t = 2400 \times 300 = 720000J = 720kJ \rightarrow Q = 720kJ$$

مثال ۲: بین دو لایه شیشه دو جداره‌ای از آب پر شده است. اگر ابعاد شیشه ۵m و ۲m و ضخامت لایه میانی آب داخل آن

۲cm و اختلاف دمای داخل و بیرون $20^{\circ}C$ باشد، آهنگ رسانش گرما از این لایه آب چقدر است؟ ($k_{\text{آب}} = 0.6 \frac{W}{m.K}$)

$$A = 2 \times 5 = 10m^2, L = 2cm = 0.02m, T_H - T_L = 20^{\circ}C = 20K, H = ?$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L} = 0.6 \times \frac{10 \times 20}{0.02} = 6000W \rightarrow H = 6000W$$

مثال ۳: یک سر میله آهنی به طول ۱۲۰cm را در آب جوش و سر دیگر آن را در مخلوط آب و یخ قرار می‌دهیم. اگر شعاع میله

۲cm باشد، چند ژول گرما در مدت یک دقیقه از این میله شارش می‌کند؟ ($k_{\text{آهن}} = 80 \frac{W}{m.K}, \pi \approx 3$)

$$L = 120cm = 1.2m, T_H - T_L = 100 - 0 = 100^{\circ}C = 100K, r = 2cm, t = 1min = 60s, Q = ?$$

$$A = \pi r^2 = 3 \times 2^2 = 12cm^2 = 12 \times 10^{-4}m^2$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L} = \frac{80 \times 12 \times 10^{-4} \times 100}{1.2} = 8W \rightarrow H = 8W$$

گرمای عبوری از میله در مدت یک دقیقه به صورت زیر به دست می‌آید:

$$H = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = H.t = 8 \times 60 = 480J \rightarrow Q = 480J$$

ب) همرفت این روش انتقال گرما مختص مایع‌ها و گازها است. در این روش در اثر گرما، 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 بنابه اصل

ارشمیدس، نیروی شناوری باعث بالا آمدن آن در محیط می‌شود. آنگاه شاره سردتر اطراف آن، جایگزین شاره گرم‌تر شده و گرما

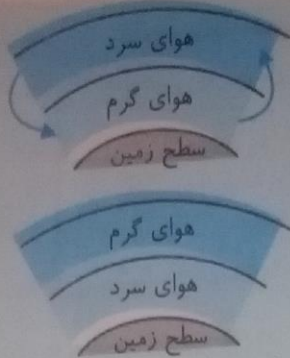
منتقل می‌شود.

انواع روش همرفت

۱- همرفت طبیعی در این روش شاره خودبه‌خود و بدون استفاده از وسیله دیگر و فقط به خاطر نیروی شناوری در محیط حرکت

می‌کند، مثال گرم شدن هوای اتاق به وسیله بخاری یا گرم شدن آب درون ظرف یا وزش بادهای.

۲- همرفت واداشته در این روش شاره با کمک یک وسیله خارجی (تلقین طبیعی یا مصنوعی) به حرکت واداشته می‌شود، مثل



همرفت طبیعی هوادر شرایط عادی اطراف سطح زمین گرم و هوای لایه‌های بالاتر سرد است. در این شرایط در اثر پدیده همرفت هوای گرم با چگالی کمتر به بالا رفته و هوای سردتر با چگالی بیشتر جای آن را می‌گیرد و بدین ترتیب چرخش هوا در سطح زمین ایجاد می‌شود.

وارونگی هوا (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 همرفت طبیعی هوا متوقف می‌شود که به آن «وارونگی هوا» می‌گویند.

نکته: وارونگی هوا باعث انباشت آلاینده‌های موجود در لایه هوای سرد سطح زمین و در نتیجه آلودگی هوا در شهرهای صنعتی می‌شود. ج: تابش گرمایی به انتقال گرما از طریق امواج الکترومغناطیسی که از اجسام منتشر می‌شود، تابش گرمایی می‌گویند. نکته: اجسام در هر دمایی تابش الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند.

دماگازبخشی از تابش‌های گرمایی منتشر شده از اجسام، تابش نامرئی فروسرخ است که برای آشکارسازی آن از ابزاری به نام دماگاز استفاده می‌شود.

عوامل مؤثر بر تابش گرمایی

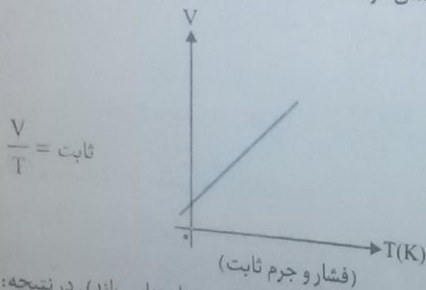
- ۱- دما: افزایش دما، تابش گرمایی را افزایش می‌دهد.
 - ۲- مساحت: افزایش مساحت، تابش گرمایی جسم را افزایش می‌دهد.
 - ۳- رنگ: رنگ‌های تیره و مات، تابش گرمایی بیشتری نسبت به رنگ روشن دارند.
 - ۴- صیقلی یا کدر بودن سطوح: ناصاف تابش گرمایی بیشتر و سطوح صاف تابش گرمایی کمتری دارند.
- نکته: روش‌های اندازه‌گیری دما بر مبنای تابش گرمایی را «تف‌سنجی» و ابزارهای اندازه‌گیری دما در این روش را «تف‌سنج» می‌گویند. نکته: تف‌سنج‌ها بدون تماس با جسم، دما را اندازه‌گیری می‌کنند و معمولاً برای اندازه‌گیری دماهای بیشتر از 1100°C به کار می‌روند. انواع تف‌سنج:

۱- تف‌سنج تابشی: در این وسیله دمای جسم با متمرکز کردن تابش گرمایی گسیل شده از آن روی ترموکوپل و تغییر ولتاژ خروجی ترموکوپل اندازه‌گیری می‌شود.

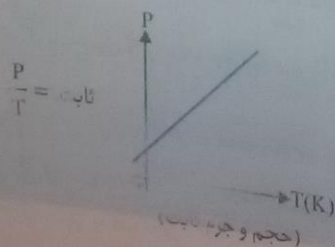
۲- تف‌سنج نوری: اساس کار این تف‌سنج‌ها مقایسه رنگ و شدت نور تابیده از کوره با رنگ و شدت نور یک لامپ رشته‌ای است. اثر گلخانه‌ای نور خورشید با عبور از جو به سطح زمین می‌رسد و بخشی از آن جذب زمین و بخشی دیگر با انعکاس و تابش گرمایی گسیل می‌شود. وجود گازهایی مثل دی‌اکسیدکربن در لایه پوش سپهر باعث بازتابش دوباره گرمای گسیل شده به سطح زمین می‌شود. رفت و برگشت تابش گرمایی بین این لایه و سطح زمین با ایجاد محیطی محصور مانع از خروج گرما 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: 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:

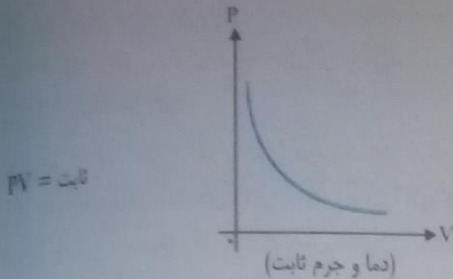


گاز در حجم ثابت اگر حجم مقدار معینی گاز ثابت باشد، فشار و دمای گاز رابطه مستقیم دارند (فشار و دما متناسب‌اند). در نتیجه:



نکته: نمودار (P-T) مقدار معینی گاز در فشار ثابت به صورت زیر است:

گاز در دمای ثابت اگر دمای مقداری 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 می توان نتیجه گرفت، اگر طی فرایندی فشار، حجم و دمای گازی را از P_1, V_1, T_1 به P_2, V_2, T_2 برسانیم، آنگاه می توان 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 باشد.

مثال ۱: دمای مقداری معینی اکسیژن را در فشار ثابت از 0°C به 273°C می رسانیم. اگر حجم اولیه گاز ۲L باشد، حجم نهایی آن چند سانتی متر مکعب است؟

$$P = \text{ثابت}, T_1 = 0 + 273 = 273\text{K}, T_2 = 273 + 273 = 546\text{K}, V_1 = 2\text{L}, V_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{\text{ثابت } P} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{2}{273} = \frac{V_2}{546} \rightarrow V_2 = 4\text{L} \rightarrow V_2 = 4\text{L}$$

از آن جا که هر لیتر 1000cm^3 است، حجم نهایی بر حسب سانتی متر مکعب برابر است با:

$$V_2 = 4 \times 1000 = 4000\text{cm}^3$$

مثال ۲: حجم مخزن یک گاز 120cm^3 و فشار گاز داخل آن ۱ atm است. اگر در دمای ثابتی حجم آن را به 15cm^3 برسانیم، فشار گاز چقدر می شود؟

$$V_1 = 120\text{cm}^3, P_1 = 1\text{atm}, T = \text{ثابت}, V_2 = 15\text{cm}^3, P_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T} = \frac{P_2 V_2}{T} \xrightarrow{\text{ثابت } T} P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow 1 \times 120 = P_2 \times 15 \rightarrow P_2 = \frac{120}{15} = 8\text{atm} \rightarrow P_2 = 8\text{atm}$$

مثال ۳: فشارسنجی فشار هوای داخل لاستیک یک خودرو در دمای 7°C را برابر 250kPa نشان می دهد پس از مدتی رانندگی این فشار به 300kPa می رسد، دمای هوای داخل لاستیک در این فشار چقدر است؟ (حجم لاستیک ثابت فرض شود و $P_0 = 10^5\text{Pa}$)
باتوجه به اینکه فشارسنج فشار بیمانه ای هوای داخل لاستیک را اندازه گیری می کند داریم:

$$P_1 = P_0 + 250\text{kPa} = 100000 + 250000\text{Pa} = 350\text{kPa} \rightarrow P_1 = 350\text{kPa}$$

$$P_2 = P_0 + 300\text{kPa} = 100000 + 300000 = 400000\text{Pa} = 400\text{kPa} \rightarrow P_2 = 400\text{kPa}$$

$$T_1 = 7 + 273 = 280\text{K} \rightarrow T_1 = 280\text{K}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{\text{ثابت } V} \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow \frac{350}{280} = \frac{400}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{280 \times 400}{350} = 320\text{K} \rightarrow T_2 = 320\text{K}$$

$$T = \theta + 273 \rightarrow 320 = \theta + 273 \rightarrow \theta = 320 - 273 = 47^\circ\text{C}$$

مثال ۴: فشار مخزن گازی ۵ atm و دمای آن -23°C است. اگر دمای گاز را به 127°C برسانیم، حجم گاز دو برابر حجم اولیه آن می شود. در این حالت فشار گاز چقدر است؟

$$P_1 = 5\text{atm}, T_1 = -23 + 273 = 250\text{K}, T_2 = 127 + 273 = 400\text{K}, V_2 = 2V_1, P_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow \frac{5 \times V_1}{250} = \frac{P_2 \times 2V_1}{400} \rightarrow \frac{5}{250} = \frac{2P_2}{400} \rightarrow P_2 = \frac{200 \times 5}{250} = 4\text{atm} \rightarrow P_2 = 4\text{atm}$$

اگر تعداد مول گاز را با n و عدد آووگادرو (6.02×10^{23}) را با N_A نشان دهیم، تعداد مولکول های n مول گاز برابر است با $N = n \cdot N_A$

در دما و فشار ثابت حجم گاز به تعداد مولکول آن (N) ثابت است:

$$\frac{V}{N} = \text{ثابت} \xrightarrow{N = nN_A} \frac{V}{nN_A} = \text{ثابت} \xrightarrow{\text{ثابت } N_A} \frac{V}{n} = \text{ثابت}$$

الف) دمای بدن یک انسان سالم تقریباً 37°C است. این دما را بر حسب کلوین و فارنهایت بنویسید.

$$\theta = 37^{\circ}\text{C} \begin{cases} T = \theta + 273 = 37 + 273 = 310\text{K} \\ F = \frac{9}{5}\theta + 32 = \frac{9}{5} \times 37 + 32 = 98.6^{\circ}\text{F} \end{cases}$$

ب) گرم‌ترین نقطه روی زمین، ناحیه‌ای در کویر لوت است که دمای آن تا حدود 70°C و سردترین نقطه در قطب جنوب است که دمای آن تا -89°C گزارش شده است. این دماها را بر حسب کلوین و فارنهایت به دست آورید.

$$\theta = 70^{\circ}\text{C} \begin{cases} T = \theta + 273 = 70 + 273 = 343\text{K} \\ F = \frac{9}{5}\theta + 32 = \frac{9}{5} \times 70 + 32 = 158^{\circ}\text{F} \end{cases}$$

$$\theta = -89^{\circ}\text{C} \begin{cases} T = \theta + 273 = -89 + 273 = 184\text{K} \\ F = \frac{9}{5}\theta + 32 = \frac{9}{5} \times (-89) + 32 = -128.2^{\circ}\text{F} \end{cases}$$

۹۷

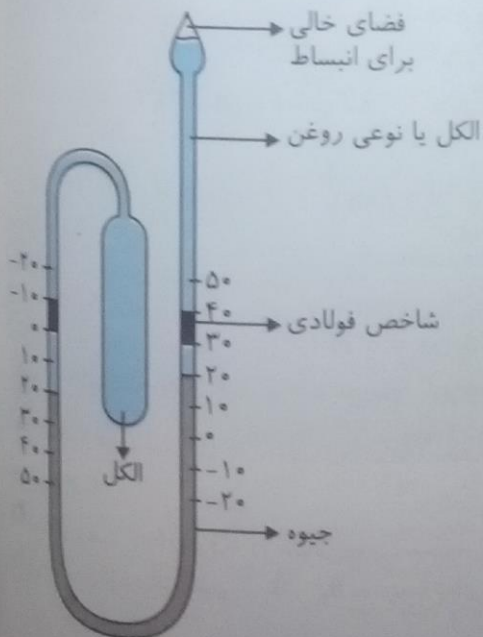
فعالیت ۱-۴

تحقیق کنید برای نگهداری یاخته‌های بنیادی بند ناف خون، به چه دمایی نیازمندیم. این دما چگونه ایجاد و حفظ می‌شود؟ دمای نگهداری سلول‌های بند ناف در حدود -196°C است. این دما توسط نیتروژن مایع با نقطه جوش -196°C ایجاد می‌شود. در این حالت نیتروژن و سلول‌های بند ناف در تانک‌های خلاء که مبادله گرما با محیط را تقریباً به صفر می‌رساند نگهداری می‌شوند. در این تانک‌ها بین جداره داخلی و بیرونی خلاء وجود دارد.

۹۹

فعالیت ۲-۴

نوع ویژه‌ای از دماسنج‌های مایعی که بیشینه و کمینه دما را در یک مدت زمان معین نشان می‌دهد، دماسنج بیشه - کمینه نام دارد. از این دماسنج‌ها معمولاً در مراکز پرورش گل و گیاه، باغداری، هواشناسی و ... استفاده می‌شود. در مورد چگونگی کار این دماسنج‌ها تحقیق کنید.



طرح این نوع دماسنج در شکل مقابل رسم شده است. هنگامی که دما بالا می‌رود، به سبب انبساط الکل در مخزن سمت چپ، جیوه در لوله سمت راست به بالا رانده می‌شود و شاخص فولادی لوله سمت راست را با خود بالا می‌برد. اگر سطح جیوه در لوله سمت راست پایین بیاید، شاخص فولادی که به آن فنرهای ریزی متصل است همراه با آن حرکت نمی‌کند و در همان محل قبلی خود در مقابل دمای بیشینه می‌ایستد. هنگامی که الکل به علت کاهش دما منقبض می‌شود جیوه از طرف چپ لوله U شکل بالا می‌رود و شاخص فولادی دیگر را در این طرف لوله به بالا می‌راند اگر سطح جیوه در لوله سمت چپ پایین بیاید. شاخص فولادی سمت چپ نیز که به آن فنرهای ریزی متصل است همراه با آن حرکت نمی‌کند و در همان محل قبلی خود در مقابل دمای کمینه می‌ایستد. در پایان مدت زمان موردنظر، با استفاده از آهن‌ریا این دو شاخص به سطح جیوه برگردانده می‌شوند. در شکل مقابل حداقل دما 30°C و حداکثر آن 30°C است.

پرسش ۱-۴

الف) چرا بهتر است قفل و کلید یک در، هم جنس باشند؟

زیرا در این صورت در اثر تغییر دما، ابعاد هر دو 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؟

زیرا تغییرات دما در فصول مختلف سال، تغییرات متفاوتی را در ابعاد درب و چارچوب ایجاد کرده (این تغییر می‌تواند به دلیل تفاوت جنس درب و چارچوب باشد) و در نتیجه درب گیر می‌کند.

۱۰۰

فعالیت ۳-۴

۱- شکل الف) طرحی از دو قسمت متوالی 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؟
تعبیر طول هر بخش از ریل‌ها در اثر انبساط و انقباض ناشی از تغییرات دما، موجب وارد شدن نیرو به بخش‌های دیگر می‌شد و این نیرو باعث خمیده شدن ریل‌ها و یا جدا شدن اتصالات آن می‌شد.

۲- امروزه بین قسمت‌های متوالی خط آهن فاصله‌ای در نظر گرفته نمی‌شود و این قسمت‌ها پشت سر هم 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 توسط بساط‌های فلزی محکمی به پایه‌ها می‌چسبند در نتیجه امکان انبساط طولی به هر میزان از دو طرف آزاد ریل که معمولاً در محل تعویض خطوط در ایستگاه‌ها است وجود دارد.

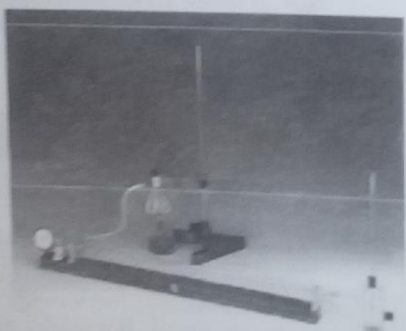
۱۰۰

۱۰۲

آزمایش ۱-۴

هدف: اندازه‌گیری ضریب انبساط طولی

وسایلهای موردنیاز: دستگاه اندازه‌گیری ضریب انبساط طولی، چند لوله فلزی توخالی، ارلن با لوله جانبی و درپوش، لوله لاستیکی، دماسنج، مجموعه پایه و گیره و چراغ الکلی.



شرح آزمایش:

۱- طول لوله توخالی مورد نظر را اندازه بگیرید (L_1) و لوله را روی دستگاه نصب کنید.

۲- در ارلن مقداری آب بریزید و درپوش آن را بگذارید.

۳- دمای محیط را بخوانید (θ_1) و دماسنج 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 دماسنج را بخوانید (θ_2).

۶- افزایش طول میله توخالی را با ریزسنج متصل به دستگاه اندازه بگیرید (ΔL).

۷- با استفاده از رابطه ۲-۴ ضریب انبساط طولی را به دست آورید.

۸- می‌توانید این آزمایش را برای میله‌های توخالی دیگر، تکرار کنید.

$$\theta_1 = 25^\circ\text{C}$$

$$\theta_2 = 95^\circ\text{C}$$

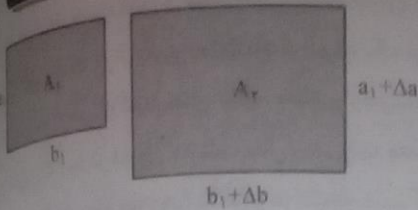
$$\Delta L = 16\text{mm} = 1/6\text{cm}$$

$$\Delta L = L_1 \times \alpha \times \Delta T \rightarrow 0.16 = 120 \times \alpha \times (95 - 25) \rightarrow 8400\alpha = 0.16 \rightarrow \alpha = \frac{0.16}{8400} = 1/9 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

۱۰۳

فعالیت ۴-۴

ورقه‌ای فلزی و مستطیلی شکل به اضلاع a_1 و b_1 را در نظر بگیرید. بر اثر افزایش دمای ΔT ، طول اضلاع مستطیل به اندازه Δa و Δb افزایش می‌یابند. اگر ضریب انبساط طولی ورقه α باشد، نشان دهید که افزایش مساحت این ورقه با تقریب مناسب از رابطه $\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$ به دست می‌آید.



$$A_2 = (a_1 + \Delta a)(b_1 + \Delta b) = a_1 b_1 + a_1 \Delta b + b_1 \Delta a + \Delta a \Delta b$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta a &= a_1 \alpha \Delta T \\ \Delta b &= b_1 \alpha \Delta T \end{aligned} \right\} \rightarrow A_2 = a_1 b_1 + a_1 b_1 \alpha \Delta T + b_1 a_1 \alpha \Delta T + a_1 \alpha \Delta T b_1 \alpha \Delta T$$

$$A_1 = a_1 b_1 \rightarrow A_2 = A_1 + A_1 \alpha \Delta T + A_1 \alpha \Delta T + A_1 (\alpha \Delta T)^2$$

با توجه به کوچک بودن ضریب α از عبارت $A_1 (\alpha \Delta T)^2$ می‌توان صرف نظر کرد. در نتیجه:

$$A_2 = A_1 + 2A_1 \alpha \Delta T \rightarrow A_2 - A_1 = 2\alpha A_1 \Delta T \rightarrow \Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$$

تمرین ۳-۴

شکل‌های (الف) و (ب) نشان می‌دهند که وقتی روی یک ورقه فلزی حفره‌ای دایره‌ای داشته باشیم و ورقه را گرم کنیم قطر (یا مساحت) حفره بزرگ می‌شود. فرض کنید جنس ورقه، برنجی است و حفره‌ای به قطر ۱ اینچ (۲/۵۴cm) درون آن ایجاد شده است. وقتی دمای ورقه، 20°C افزایش یابد، افزایش مساحت حفره چقدر خواهد شد؟

$$\alpha_{\text{برنج}} = 19 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}, \quad R = 2/54 \div 2 = 1/27 \text{cm}, \quad \Delta T = 20^\circ\text{C}$$

$$A_1 = \pi R^2 = 3/14 \times (1/27)^2 = 5 \text{cm}^2 \quad \text{ابتدا مساحت اولیه حفره را محاسبه می‌کنیم:}$$

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T = 2 \times 19 \times 10^{-6} \times 5 \times 20 = 2 \times 19 \times 5 \times 2 \times 10^{-4} = 380 \times 10^{-4} = 38 \times 10^{-3} \text{cm}^2$$

$$\rightarrow \Delta A = 3/8 \times 10^{-2} \text{cm}^2$$

فعالیت ۵-۴

آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که با آن بتوانید حجم گلیسرین سرریز شده در مثال ۴-۴ را اندازه بگیرید. سپس روی آن، ضریب انبساط حجمی گلیسرین را تعیین کنید.

وسایل آزمایش: گلیسرین، استوانه مدرج، درپوش پلاستیکی استوانه مدرج با دو سوراخ، دماسنج، لوله مدرج، چراغ الکی و پایه. شرح آزمایش: داخل استوانه مدرج تا حجم 100cm^3 گلیسرین می‌ریزیم ($V_1 = 100 \text{cm}^3$). دماسنج و لوله مدرج را از سوراخ‌های درپوش عبور داده و درپوش را بر روی ظرف طوری قرار می‌دهیم که سطح گلیسرین را به‌طور کامل بپوشاند. دمای اولیه گلیسرین را با دماسنج اندازه‌گیری می‌کنیم. ($\theta_1 = 20^\circ\text{C}$).

ظرف را بر روی پایه قرار داده و توسط چراغ به آن گرما می‌دهیم تا دمای آن به 60°C برسد ($\theta_2 = 60^\circ\text{C}$). گلیسرین منبسط شده و از لوله مدرج بالا می‌آید. حجم گلیسرین منبسط شده در دمای 60°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 گلیسرین را محاسبه می‌کنیم:

$$V_1 = 100 \text{cm}^3, \quad \theta_1 = 20^\circ\text{C}, \quad \theta_2 = 60^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = \Delta \theta = 40^\circ\text{C}, \quad \Delta V = 2 \text{cm}^3$$

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T \rightarrow 2 = \beta \times 100 \times 40 \rightarrow \beta = \frac{2}{4000}$$

$$\rightarrow \beta = 5 \times 10^{-4} = 5/0 \times 10^{-4} \frac{1}{\text{K}}$$



تمرین ۴-۴
افزایش دما داریم که چه ρ_1 الف) رابطه $(1 + \beta \Delta T)$
ب) نشان دهید عبارت را در $\frac{T}{T}$ با توجه به این که

فعالیت ۴-۴
وقتی آب در یخ زدن از سطح بیشتر از مایع‌ها است تا 0°C حجم آب این افزایش حجم

پرسش ۲-۴
الف) منظور از این محیط به تعادل کلاسه آنها بیشتر از دمای دمای بیشتر از دما گرما یا بیرون دما تعادل گرمایی هست ب) در شکل ۴-۴ با رسیدن به تعادل

پرسش ۳-۴
چند گوی فلزی یکسانی داشته بار پس از مدتی گوی را نوب می‌کند و طراحی و اجرا کرد دارند. در زمان سرد

تمرین ۴-۴

افزایش دما که به طور معمول موجب افزایش حجم اجسام می‌شود، 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 $\rho_T = \rho_1 / (1 + \beta \Delta T)$ است که در آن ρ_1 و ρ_T به ترتیب چگالی ماده در دماهای T_1 و T_T ، β ضریب انبساط حجمی و $\Delta T = T_T - T_1$ است. الف) رابطه چگالی با تغییر دما را به دست آورید.

$$V_T = V_1 + \Delta V = V_1 + \beta V_1 \Delta T = V_1(1 + \beta \Delta T) \rightarrow V_T = V_1(1 + \beta \Delta T) \xrightarrow{V = \frac{m}{\rho}} \frac{m}{\rho_T} = \frac{m}{\rho_1} (1 + \beta \Delta T)$$

$$\rightarrow \frac{1}{\rho_T} = \frac{1 + \beta \Delta T}{\rho_1} \rightarrow \rho_T = \frac{\rho_1}{1 + \beta \Delta T}$$

ب) نشان دهید با تقریب مناسبی می‌توان چگالی جسم را از رابطه $\rho_T = \rho_1(1 - \beta \Delta T)$ نیز به دست آورد.

$$\rho_T = \frac{\rho_1}{1 + \beta \Delta T} \times \frac{1 - \beta \Delta T}{1 - \beta \Delta T} = \frac{\rho_1(1 - \beta \Delta T)}{1 - (\beta \Delta T)^2} \quad \text{ضرب می‌کنیم:} \quad \frac{1 - \beta \Delta T}{1 - \beta \Delta T}$$

با توجه به این که $(\beta \Delta T)^2$ مقدار کوچکی است می‌توان از آن صرف نظر کرد. بنابراین: $(\beta \Delta T)^2 = 0$

$$\rho_T = \frac{\rho_1(1 - \beta \Delta T)}{1 - 0} \rightarrow \rho_T = \rho_1(1 - \beta \Delta T)$$

۱۰۸

فعالیت ۶-۴

وقتی آب در یک ظرف روباز یخ می‌بندد معمولاً یک برآمدگی مرکزی ایجاد می‌شود. در این مورد تحقیق کنید. یخ زدن از سطح آب شروع شده و نقاطی که نزدیک به دیواره‌های ظرف هستند سریع‌تر یخ می‌زنند (چون رسانندگی گرمایی جامدها بیشتر از مایع‌ها است مولکول‌های آب نزدیک دیواره سریع‌تر گرمای خود را از دست می‌دهند). می‌دانیم با کاهش دمای آب از 4°C تا 0°C حجم آب افزایش می‌یابد. پس در حین یخ زدن آب از طرف دیواره‌ها حجم نیز افزایش می‌یابد. چون مایع‌ها تراکم ناپذیرند این افزایش حجم به تدریج به نقطه میانی ظرف منتقل و باعث بالا آمدن سطح آب در حین انجماد می‌شود.

۱۰۹

پرسش ۲-۴

الف) منظور از اینکه «دماسنج‌های معمولی دمای خودشان را اندازه‌گیری می‌کنند» چیست؟ چون در اندازه‌گیری دما، دماسنج و محیط به تعادل گرمایی رسیده و هم‌دما می‌شوند، دماسنج‌ها با نشان دادن دمای خودشان، دمای محیط را نیز نشان می‌دهند.

ب) در یک کلاس درس میز، صندلی، دانش‌آموز، تخته، شیشه، پنجره و ... وجود دارد. در یک روز زمستانی، دمای کدام یک از آنها بیشتر از دمای هوای اتاق است؟ دمای کدام یک کمتر از دمای هوای اتاق است؟ بدن انسان چون منبع تولید گرما است دمای بیشتر از دمای هوای کلاس دارد. اجسامی مثل شیشه و پنجره که با هوای بیرون در ارتباط هستند نیز به دلیل مبادله گرما 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 می‌یابد.

۱۱۱

پرسش ۳-۴

چند گوی فلزی از جنس‌های مختلف، مثلاً از آلومینیم، فولاد، برنج، مس، سرب و ... را اختیار می‌کنیم که همگی جرم یکسانی داشته باشند. گوی‌ها را توسط ریسمان‌هایی داخل ظرف آبی قرار می‌دهیم که آب آن در حال جوشیدن است و پس از مدتی گوی‌ها را بیرون آورده و آنها را روی یک ورقه پارافین قرار می‌دهیم. به نظر شما کدام گوی، پارافین بیشتری را ذوب می‌کند و علت آن چیست؟ این آزمایش را نخستین بار فیزیک‌دان ایرلندی، جان تیندال (۱۸۹۳-۱۸۲۰ م.) طراحی و اجرا کرد. گویی که گرمای ویژه بیشتری دارد پارافین بیشتری را ذوب می‌کند. زیرا اجسامی که گرمای ویژه بالاتری دارند، در زمان سرد شدن گرمای بیشتری را به محیط و اجسامی که در تماس با آنها هستند منتقل می‌کنند.



تمرین ۵-۴

جسمی به جرم $0/25 \text{ kg}$ و دمای $3/0^\circ\text{C}$ را درون ظرف عایقی حاوی $0/50 \text{ kg}$ آب $25/0^\circ\text{C}$ می‌اندازیم. پس از چند دقیقه دمای تعادل را اندازه می‌گیریم. دمای تعادل $21/0^\circ\text{C}$ می‌شود. گرمای ویژه جسم را محاسبه کنید. از تعادل گرما بین ظرف و سایر اجسام چشم‌پوشی کنید.

$$c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

ابتدا خلاصه اطلاعات مسئله را به صورت زیر می‌نویسیم:

$$\left. \begin{array}{l} \text{جسم: } m_1 = 0/25 \text{ kg}, \theta_1 = 3^\circ\text{C}, c_1 = ? \\ \text{آب: } m_2 = 0/50 \text{ kg}, \theta_2 = 25^\circ\text{C}, c_2 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{دمای تعادل}} \theta = 21^\circ\text{C}$$

چون جسم و آب به تعادل گرمایی رسیده‌اند، می‌توان نوشت:

$$Q_{\text{جسم}} + Q_{\text{آب}} = 0 \rightarrow m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) = 0$$

$$\rightarrow 0/25 \times c_1 \times (21 - 3) + 0/50 \times 4200 \times (21 - 25) = 0$$

$$4/5c_1 - 8400 = 0 \rightarrow 4/5c_1 = 8400 \rightarrow c_1 = \frac{8400}{4/5} = 10500 \rightarrow c_1 = 1/87 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

آزمایش ۲-۴



هدف: تعیین گرمای ویژه فلزی با جنس نامعین و وسیله‌های موردنیاز: گرماسنج با ظرفیت گرمایی معین، یک جسم کوچک فلزی (مثل یک وزنه فلزی قلاب‌دار)، دماسنج، ترازو، بشر شیشه‌ای، چراغ گازی، سه پایه و شعله پخش‌کن، انبر.

شرح آزمایش:

۱- مقداری آب با جرم معلوم را درون گرماسنج بریزید و صبر کنید و تا دمای گرماسنج و آب، یکسان شود. این دما را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$C_{\text{گرماسنج}} = 78 \text{ J}^\circ\text{C}, \theta_{\text{آب}} = \theta_{\text{گرماسنج}} = 20^\circ\text{C}, m_{\text{آب}} = 200 \text{ g}$$

۲- جرم جسم فلزی را به کمک ترازو اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$m_{\text{فلز}} = 180 \text{ g}$$

۳- جسم فلزی را درون بشر قرار دهید، مقداری آب روی آن بریزید و سپس مجموعه را روی چراغ گازی روشن بگذارید.

۴- صبر کنید تا آب چند دقیقه بجوشد. دمای آب را در این حالت اندازه بگیرید. این دما، همان دمای جسم فلزی نیز هست.

$$\theta_{\text{فلز}} = 100^\circ\text{C}$$

۵- جسم داغ شده را توسط انبر به سرعت درون گرماسنج بیندازید.

۶- آب درون گرماسنج را با همزن آن به هم بزنید و دمای تعادل را اندازه گرفته و یادداشت کنید.

$$\theta_{\text{تعادل}} = 24^\circ\text{C}$$

۷- با استفاده از رابطه ۱۰-۴ گرمای ویژه جسم فلزی را به دست آورید.

$$0 = (C_{\text{گرماسنج}} - \theta_{\text{تعادل}}) + C_{\text{گرماسنج}} (\theta_{\text{تعادل}} - \theta_{\text{فلز}}) + m_{\text{جسم}} c_{\text{جسم}} (\theta_{\text{تعادل}} - \theta_{\text{آب}}) + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta_{\text{تعادل}} - \theta_{\text{آب}}) = 0$$

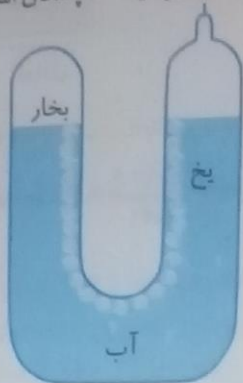
$$\rightarrow 0/3 \times 4200 \times (24 - 20) + 0/18 \times c_{\text{جسم}} (24 - 100) + 78(24 - 20) = 0$$

$$\Rightarrow 5040 + (-13/68c_{\text{جسم}}) + 312 = 0 \Rightarrow c_{\text{جسم}} = \frac{5352}{13/68} = 291/23 = c_{\text{مس}}$$

در نتیجه جنس قطعه فلزی از مس است.

فعالیت ۴-۷

نقطه ذوب یخ در فشار 1 atm برابر 0°C است. برای آب نقطه‌ای موسوم به نقطه سه‌گانه وجود دارد که در آن سه حالت یخ، آب و بخار در تعادل‌اند. دمای این نقطه 0.01°C است. تحقیق کنید برای رسیدن به این نقطه به چه فشاری نیاز است. نقطه سه‌گانه آب نقطه ثابتی است که در آن، یخ، آب و بخار در حال تعادل قرار دارند. این حالت فقط در فشار معینی حاصل می‌شود. فشار بخار آب در نقطه سه‌گانه $4/58$ میلی‌متر جیوه یا 612 پاسکال است.



۱۱۹

و
ر
ز
ی

۱۱۷

فعالیت ۴-۸

برف و یخ دو شکل آشنای حالت جامد آب هستند، اما با وجود این، ظاهر متفاوتی دارند. دلیل این امر را تحقیق کنید. علت این تفاوت مربوط به نحوه فرایند تشکیل برف و یخ است. در تشکیل برف، هوای سرد، مولکول‌های بخار آب را به کریستال‌های یخ تبدیل می‌کند. 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 می‌پیوندد. این فرایند مدام تکرار و دانه‌های بزرگتری از برف ساخته می‌شود. ولی در فرایند شکل‌گیری یخ، مولکول‌های مایع از ابتدا در کنار هم قرار دارند و با سرد شدن، ساختار یخ را تشکیل می‌دهند.

۱۱۹

فعالیت ۴-۹

تحقیق کنید وجود ناخاصی در مایع چه تأثیری بر نقطه انجماد آن دارد. وجود ناخالصی موجب می‌شود که مایع، نقطه انجماد مشخصی نداشته و انجماد در گستره‌ای از دماها رخ دهد. مثلاً هنگام یخ زدن آب نمک، اولین بلورها در دمای کمتر از 0°C تشکیل می‌شود و انجماد کامل در دماهای کمتر، (تا -18°C) روی می‌دهد.

۱۱۹

آزمایش ۴-۳

هدف: تعیین گرمای نهان ذوب یخ
وسایله‌های مورد نیاز: بشر شیشه‌ای با حجم 400 cc ، چراغ گازی، سه پایه، توری نسوز، ترازو، مقداری مخلوط آب و یخ، گرماسنج با ظرفیت گرمایی معلوم و دماسنج.

شرح آزمایش:
۱- 200 cc آب در بشر بریزید و آن را روی سه پایه قرار دهید. چراغ گاز را روشن کنید تا دمای آب دست کم به 60°C برسد.

۲- آب گرم را درون گرماسنج بریزید و پس از مدتی دمای تعادل آب و گرماسنج را با دماسنج اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$\theta = 55^\circ \text{C}$$

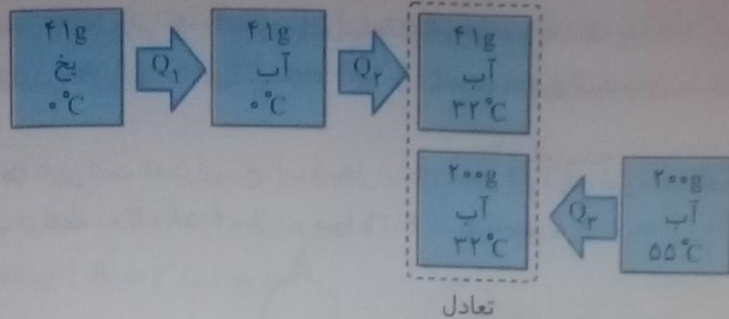
۳- قطعه یخی به جرم تقریبی 0.05 kg را از درون مخلوط آب و یخ (با دمای 0°C) بیرون آورده و جرم آن را اندازه گرفته و یادداشت کنید.

$$m_1 = 41 \text{ g}$$

$$\theta = 32^\circ \text{C} \text{ تعادل}$$

۱۰۳۵

۵- با استفاده از اعداد به دست آمده، گرمای ذوب یخ (L_F) را حساب کنید.



$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \rightarrow 0.041 L_F + 0.041 \times 4200 \times (22 - 0) + 0.2 \times 4200 \times (22 - 55) = 0$$

$$\rightarrow 0.041 L_F + 5510 / 4 - 19320 = 0 \Rightarrow L_F = \frac{13809 / 6}{0.041} = 336820 \text{ J/kg}$$

$$\rightarrow L_F = 3 / 27 \times 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

فعالیت ۱۰-۴

الف) بررسی کنید از دیدگاه مولکولی، افزایش دما و افزایش مساحت سطح مایع چگونه بر آهنگ تبخیر سطحی مایع اثر می‌گذارد؟ با افزایش دما جنبش مولکولی افزایش یافته و مولکول‌های بیشتری تندی کافی را برای جدا شدن از سطح مایع پیدا می‌کنند. بنابراین آهنگ تبخیر سطحی افزایش می‌یابد.

با افزایش مساحت مایع، تعداد مولکول‌های جدا شده از سطح نیز بیشتر می‌شود، در نتیجه آهنگ تبخیر سطحی افزایش می‌یابد.

ب) با بررسی تبخیر سطحی در شرایط مختلف سعی کنید از راه تجربه، عامل یا عامل‌های دیگری را پیدا کنید که بر آهنگ تبخیر سطحی مؤثر باشند.

۱- جنس مایع: تبخیر سطحی در برخی مایع‌ها 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 مایع‌ها باعث افزایش آهنگ تبخیر سطحی می‌شود. بنا بر همین قاعده، جریان هوا هم می‌تواند بر آهنگ تبخیر سطحی مؤثر باشد. طبق اصل برنولی، جریان هوا بر روی سطح مایع باعث کاهش فشار هوا در سطح مایع و در نتیجه افزایش آهنگ تبخیر سطحی می‌شود.

پ) تحقیق کنید کوزه‌های سفالی چگونه می‌توانند آب داخل خود را خنک کنند.

کوزه‌های سفالی مولکول‌های آب را از داخل به سطح خارجی خود منتقل می‌کنند و چون تبخیر فرآیندی گرماگیر است این مولکول‌ها برای تبخیر شدن، از سطح کوزه گرما گرفته و آب درون کوزه خنک می‌شود.

فعالیت ۱۱-۴

از تفاوت نقطه جوش اجسام مختلف در صنعت، استفاده زیادی می‌شود. تحقیق کنید چگونه از این ویژگی برای جدا کردن محصولات نفتی استفاده می‌شود؟

در این روش مخلوط مواد و محصولات نفتی را گرما می‌دهند. از آنجا که دمای جوش اجزای تشکیل دهنده مخلوط متفاوت است، بخارهای نفتی ایجاد شده در دماهای مختلف، هر یک مربوط به جزء خاصی از اجزای مخلوط است که طی فرآیند میعان و تقطیر، جمع‌آوری می‌شوند.

پرسش ۴-۴

چرا در جدول ۵-۴ گرمای تبخیر آب با افزایش دمای آن کاهش می‌یابد؟

با افزایش دما جنبش مولکولی و تندی حرکت مولکول‌ها افزایش یافته در نتیجه پیوند بین آنها سست‌تر می‌شود و مولکول‌ها 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

الف) چرا غذا در دیگ زودتر بپزد، زودتر بپخته می‌شود؟ بسته بودن در دیگ زودتر باعث محبوس شدن بخار آب در آن و افزایش فشار در سطح مایع می‌شود. بنابراین نقطه جوش مایع افزایش یافته و غذا در دمایی بالاتر قرار می‌گیرد و در نتیجه زودتر بپخته می‌شود.
ب) دلیل دیرتر بپخته شدن تخم مرغ در ارتفاعات چیست؟ کوهنوردان برای رفع این مشکل چه کاری انجام می‌دهند؟
ارتفاعات به دلیل کاهش فشار هوا نقطه جوش آب پایین می‌آید. در نتیجه تخم مرغ در دمای کمتری قرار می‌گیرد و دیرتر بپخته می‌شود. کوهنوردان برای رفع این مشکل تخم مرغ‌ها را در ظروف دربسته می‌جوشانند زیرا با بسته شدن در ظرف فشار هوا در نتیجه نقطه جوش افزایش می‌یابد.

۱۲۳

آزمایش ۴-۴

هدف: تعیین گرمای نهان تبخیر آب

وسایله‌های مورد نیاز: بشر ۲۰۰cc، دماسنج، سه پایه، توری، پایه و گیره، چراغ گاز، زمان سنج، آب و ترازو
شرح آزمایش:



- جرم بشر خالی را اندازه‌گیری کنید و مقدار معینی آب (مثلاً ۲۰۰kg) در آن بریزید.
- توری را روی سه پایه بگذارید. چراغ را زیر آن روشن کنید و بشر را روی توری قرار دهید.
- دماسنج را به کمک پایه و گیره طوری درون بشر قرار دهید تا مخزن آن کمی پایین‌تر از سطح آب باشد.
- در لحظه‌ای که دمای آب به $\theta_1 = 70^\circ C$ می‌رسد زمان سنج را روشن کنید ($t_1 = 0$).

۵- صبر کنید تا آب به جوش آید. زمان (t_2) و دما (θ_2) را ثبت کنید.

$t_2 = 1 \text{ min}$ $\theta_2 = 99^\circ C$

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.

$$P(60 - 0) = 200 \times 10^{-3} \times 4200 \times (99 - 70) \rightarrow P = \frac{24360}{60} = 406 \text{ W}$$

۷- گرما دادن را آن قدر ادامه دهید تا مقدار قابل ملاحظه‌ای 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_3) را ثبت کنید. بشر را از روی چراغ بردارید و با وزن کردن آن جرم آب بخار شده (m') را بدست آورید.

$t_3 = 6/5 \text{ min}$
 $m' = 6 \text{ g} \rightarrow 14 \text{ g} = \text{جرم باقی مانده}$

۹- گرمای تبخیر را با استفاده از رابطه $P(t_3 - t_2) = m' L_V$ به دست آورید.

$$P(t_3 - t_2) = m' L_V \rightarrow 406(390 - 60) = 0/06 L_V \Rightarrow L_V = 2/23 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

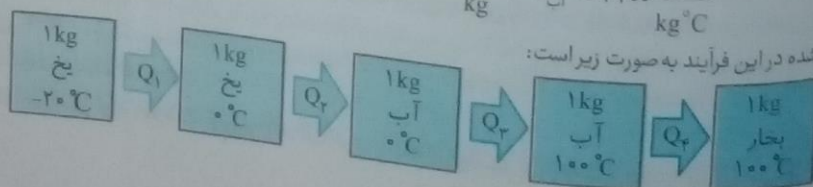
۱۲۴

تمرین ۶-۴

قطعه یخی به جرم $1/0 \text{ kg}$ و دمای اولیه $20^\circ C$ - را آن قدر گرم می‌کنیم تا تمام آن تبدیل به بخار $100^\circ C$ شود. کل گرمای مورد نیاز برای این تبدیل چند کیلوژول است؟

$$L_{Fg} = 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad c_g = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ C}, \quad L_{Vg} = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad c_l = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ C}$$

مراحل طی شده در این فرآیند به صورت زیر است:



۱۲۴

تبریک

۱۲۳

منظور سهولت در محاسبات نتایج را بر حسب کیلوژول می نویسیم:

$$Q_1 = mc \Delta\theta = 1 \times 2100 \times (0 - (-20)) = 42000 \text{ J} = 42 \text{ kJ}$$

$$Q_2 = mL_F = 1 \times 334 = 334 \text{ kJ}$$

$$Q_3 = mc_{\text{پ}} \Delta\theta = 1 \times 4200 \times (100 - 0) = 420000 \text{ J} = 420 \text{ kJ}$$

$$Q_4 = mL_V = 1 \times 2256 = 2256 \text{ kJ}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 42 + 334 + 420 + 2256 = 3052 \text{ kJ} \rightarrow Q = 3/1 \times 10^3 \text{ kJ}$$

۱۲۴

فعالیت ۱۲-۴

در مورد ایجاد شبنم 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 هوا در اثر برخورد با سطوح سردتر مثل شاخه و برگ گیاهان با از دست دادن گرما و طی فرآیند میعان به مایع تبدیل شده و شبنم صبحگاهی ایجاد می‌شود.

۱۲۵

فعالیت ۱۳-۴

در فرایندهای تغییر حالت (تغییر فاز) دما تغییر نمی‌کند، اما انرژی درونی ماده تغییر می‌کند. در این باره تحقیق کنید. انرژی درونی مجموع انرژی‌های جنبشی همه اتم‌ها و مولکول‌های تشکیل دهنده جسم و انرژی پتانسیل مربوط به برهم‌کنش‌های اتم‌ها و مولکول‌های آنهاست. وقتی جسمی گرم می‌شود، چون انرژی جنبشی ذرات تشکیل دهنده آن افزایش می‌یابد، انرژی درونی آن بیشتر می‌شود. اما در زمان تغییر حالت ماده، چون گرمای داده شده صرف غلبه بر نیروهای بین مولکولی می‌شود انرژی جنبشی متوسط مولکول‌ها تغییر نمی‌کند، بنابراین دما ثابت می‌ماند ولی چون با از بین رفتن نیروهای بین مولکولی، انرژی پتانسیل آنها افزایش می‌یابد انرژی درونی بیشتر می‌شود.

۱۲۶

پرسش ۶-۴

برخی آشپزها برای آنکه سیب‌زمینی زودتر آب‌پز شود، ابتدا چند سیخ کوچک فلزی درون سیب‌زمینی فرو می‌کنند و بعد آن را در آب انداخته و روی اجاق قرار می‌دهند. علت این کار آشپزها چیست؟ چون فلزات رساناهای گرمایی خوبی هستند، گرما از طریق این میله‌های فلزی به داخل سیب‌زمینی منتقل شده و سیب‌زمینی زودتر پخته می‌شود.

۱۲۷

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°C و دمای کف آب 12°C است. آهنگ رسانش گرمایی از سطح استخر به کف آن چقدر است؟

$$k_{\text{پ}} = 0/6 \frac{\text{W}}{\text{m.K}}, \quad A = 820 \text{ m}^2, \quad L = 2 \text{ m}, \quad T_H - T_L = 25 - 12 = 13 \text{ K}$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L} = \frac{0/6 \times 820 \times 13}{2} = 3198 \rightarrow H = 3/2 \times 10^3 \text{ W}$$

۱۲۸

فعالیت ۱۴-۴

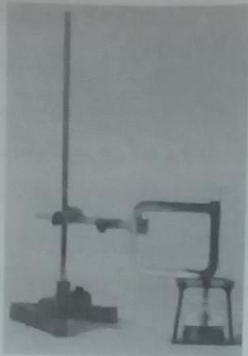
موهای خرس قطبی توخالی هستند. تحقیق کنید این موضوع چه نقشی در گرم نگه داشتن بدن خرس در سرمای قطب دارد؟ از آنجا که بخش عمده‌ای از گرمای بدن جانداران از طریق فرآیند رسانش به بیرون منتقل می‌شود و این فرآیند نیاز به محیط مادی دارد، توخالی بودن موهای خرس قطبی انتقال گرما به طریق رسانش را از بدن جاندار به حداقل می‌رساند.

۱۲۸

آزمایش ۵-۴

هدف: مشاهده پدیده همرفت

وسایله‌های مورد نیاز: لوله همرفت، گیره و پایه، آب سرد، دانه‌های پتاسیم پرمنگنات یا جوهر، چراغ الکلی یا گازی



مرح آزمایش:
 ۱- لوله را از آب سرد پر کنید و به آرامی چند دانه پتاسیم پرمنگنات (با چند قطره جوهر) را از دهانه لوله به داخل آن بریزید.
 ۲- یکی از شاخه‌های قائم لوله را مطابق شکل روی شعله بگیرید و در همان نقطه شاخه قائم دیگر لوله را با دست لمس کنید.
 ۳- دستتان را از شاخه قائم بردارید و در حالی که گرما دادن را ادامه می‌دهید به مایع درون لوله با دقت نگاه کنید. پس از چند دقیقه دوباره همان شاخه قائم لوله را لمس کنید.

۴- مشاهدات خود را بنویسید و با بحث در گروه، دلیل هر یک از مشاهدات را توضیح دهید. در ابتدای حرارت دادن به لوله، قسمتی از لوله قائم که لمس می‌کنیم سرد است. ولی در اثر گرما جریان همرفتی در مایع ایجاد شده و حرکت مایع داخل لوله مشاهده می‌شود. این جریان همرفتی، پس از مدتی گرما را به تمام بخش‌های مایع داخل لوله منتقل می‌کند که دلیل آن سبک شدن 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

به نظر شما چه ارتباطی بین انتقال گرما به روش همرفت و ضریب انبساط حجمی، برای یک مایع وجود دارد؟
 مرجه ضریب انبساط حجمی یک مایع بیشتر باشد پدیده همرفت با سرعت بیشتری در آن ماده رخ می‌دهد. چون پدیده همرفت به علت اختلاف چگالی بین شاره گرم و شاره سرد روی می‌دهد. این اختلاف چگالی در مایعاتی که ضریب انبساط حجمی بزرگتری دارند بیشتر است.

۱۳۱

۱۲۹

فعالیت ۱۵-۴

چهار بطری شیشه‌ای یکسان، دو رنگ جوهر قرمز و آبی، دو کارت ویزیت مقوایی و آب بسیار سرد و بسیار گرم تهیه کنید. در دو تا از بطری‌ها جوهر آبی و در دو بطری دیگر جوهر قرمز بریزید. 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 دقیقاً روی دهانه یک بطری آبی قرار دهید و سپس کارت را بیرون بکشید. همین آزمایش را به‌طور معکوس نیز انجام دهید؛ یعنی این بار، یک بطری آبی رنگ که دهانه آن با کارت پوشیده شده است را روی دهانه یک بطری قرمز رنگ قرار دهید و سپس کارت را بیرون بکشید. مشاهدات خود را توضیح دهید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
 اگر بطری قرمز بالا باشد یا بیرون کشیدن کارت، رنگ‌ها به حالت اولیه خود باقی مانده و ترکیب نمی‌شوند. ولی اگر بطری آبی بالا باشد یا 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 سردتر بالاتر از شاره گرم‌تر باشد موجب وجود آمدن جریان همرفتی می‌شود.

۱۳۱

فعالیت ۱۶-۴

رادئومتر وسیله‌ای است که از یک حباب شیشه‌ای تشکیل شده است که درون آن چهار پره فلزی قائم قرار دارد که می‌توانند حول یک محور عمودی (سوزن عمودی) بچرخند. دو وجه هر چهار پره، یک در میان سفید و سیاه است. وقتی این وسیله کنار یک چشمه نور قرار گیرد، پره‌ها حول سوزن عمودی می‌چرخند و هر چه شدت نور بیشتر باشد، این چرخش سریع‌تر است. در مورد دلیل چرخش پره‌ها تحقیق کنید.

در 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 پره که گرمای بیشتری را جذب می‌کند منتقل و سبب گرم شدن پره و مولکول‌های هوای اطراف آن می‌شود، با گرم شدن مولکول‌های هوا انرژی جنبشی آنها افزایش یافته و این مولکول‌ها به سطح پره سیاه برخورد و ضربه می‌زنند که باعث حرکت پره سیاه می‌شود. برعکس اگر با هوای تحت فشار جو پر شده باشد انبساط مولکول‌های هوا مانع از انتقال انرژی جنبشی مولکول‌های هوا به سطح پره برای چرخش می‌شود.

فعالیت ۴-۱۷

سر سرنگی را که پیستون آن آزادانه حرکت می‌کند به فشارسنجی می‌بندیم و آن را به‌طور افقی درون ظرف آبی می‌گذاریم و ظرف را به آرامی گرم می‌کنیم. توضیح دهید کدام یک از کمیت‌های دما، حجم، فشار و مقدار هوای درون سرنگ تغییر می‌کند و تغییر آنها چگونه است؟

- ۱- دمای هوای داخل سرنگ افزایش می‌یابد چون هوای سرنگ با آب داخل ظرف به تعادل گرمایی می‌رسد.
- ۲- 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.
- ۳- حجم هوای سرنگ افزایش می‌یابد. چون در فشار ثابت، حجم و دمای گاز نسبت مستقیم دارند. با افزایش دما، حجم گاز هم افزایش می‌یابد.
- ۴- مقدار هوای داخل سرنگ تغییر نمی‌کند زیرا هوایی از سرنگ خارج نمی‌شود.

۱۳۵

فعالیت ۴-۱۸

با وجود تلاش در جهت ثابت نگه‌داشتن فشار هوای درون هواپیما، همواره مقدار آن کمتر از فشار هوای روی زمین است. وقتی هواپیما بالا می‌رود و فشار هوا کم می‌شود، بسته‌های نوشیدنی یا دسر باد می‌کنند و حتی گاهی درشان باز می‌شود. با فرض ثابت بودن دما، این پدیده را توضیح دهید.

چون این نوشیدنی‌ها بر روی زمین پُر 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 بادکردن دیواره‌ها و باز شدن در بسته‌ها می‌شود.

۱۴۱

پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۴

۱- دماهای زیر را بر حسب درجه سلسیوس و فارنهایت مشخص کنید:

$$T = \theta + 273 \rightarrow \theta = T - 273, \quad F = \frac{9}{5}\theta + 32$$

الف) $T = -K$
$$\begin{cases} \theta = 0 - 273 = -273^\circ C \\ F = \frac{9}{5} \times (-273) + 32 = -459/4^\circ F \end{cases}$$

ب) $T = 273K$
$$\begin{cases} \theta = 273 - 273 = 0^\circ C \\ F = \frac{9}{5} \times 0 + 32 = 32^\circ F \end{cases}$$

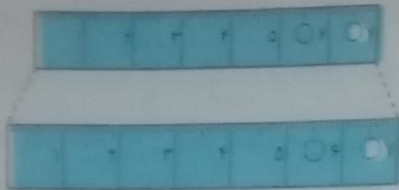
پ) $T = 373K$
$$\begin{cases} \theta = 373 - 273 = 100^\circ C \\ F = \frac{9}{5} \times 100 + 32 = 212^\circ F \end{cases}$$

ت) $T = 546K$
$$\begin{cases} \theta = 546 - 273 = 273^\circ C \\ F = \frac{9}{5} \times 273 + 32 = 523/4^\circ F \end{cases}$$

۲- برای اندازه‌گیری دمای یک جسم توسط دماسنج به چه نکاتی باید توجه کنیم؟ (راهنمایی: به نکاتی که در فصل ۱ خواندید نیز توجه کنید.) در اندازه‌گیری دمای یک جسم با دماسنج مدرج:

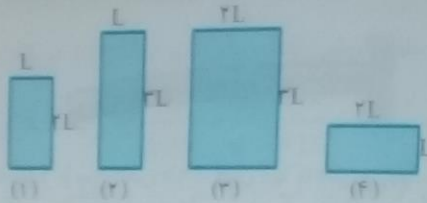
- ۱) جسم در تماس با مخزن دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی قرار گیرد.
- ۲) بعد از تماس جسم با دماسنج مدتی صبر کرد تا جسم و دماسنج به تعادل گرمایی برسند.
- ۳) چشم در وضعیت عمود بر دماسنج‌های مدرج قرار گیرد تا اعداد به درستی خوانده شوند.
- ۴) اندازه‌گیری دما را باید چند بار تکرار کرد و اعدادی که فاصله زیادی با سایر اعداد دارند، کنار گذاشته و میانگین آنها را به عنوان نتیجه پذیرفت.

شکل رویه‌رو، یک خط کش فلزی را که در آن سوراخی ایجاد شده است در دو دمای متفاوت نشان می‌دهد (برای روشن بودن مطلب، انبساط به صورت اغراق آمیزی رسم شده است). از این شکل چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



انبساط 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.

شکل رویه‌رو چهار صفحه فلزی هم جنس به اضلاع متفاوت را در یک دما نشان می‌دهد. اگر دمای همه آنها را به اندازه یکسان زیاد کنیم،



الف) ارتفاع کدام صفحه یا صفحه‌ها بیشتر افزایش پیدا می‌کند؟

با توجه به رابطه $\Delta L = L_1 \alpha \Delta T$ هر قدر طول اولیه جسم بیشتر باشد، تغییر طول آن در اثر انبساط نیز بیشتر است؛ بنابراین ارتفاع شکل‌های ۲ و ۳ افزایش بیشتری دارد.

ب) مساحت کدام یک بیشتر افزایش پیدا می‌کند؟

با توجه به رابطه $\Delta A = A_1 (2\alpha) \Delta T$ ، هر قدر مساحت اولیه جسم بیشتر باشد، تغییر مساحت آن در اثر انبساط نیز بیشتر است؛ بنابراین مساحت شکل ۳ افزایش بیشتری دارد.

پ) اگر در هر چهار تایی 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 روزنه هم اندازه هستند، افزایش قطر آنها در اثر افزایش دمای یکسان به یک اندازه است.

۵- یک بزرگراه از بخش‌های بتونی به طول $25/0\text{m}$ ساخته شده است. این بخش‌ها در دمای $10/0^\circ\text{C}$ بتونی ریخته و عمل آورده شده‌اند. برای جلوگیری از تاب برداشتن بتون در دمای $50/0^\circ\text{C}$ ، مهندسان باید چه فاصله‌ای را بین این قطعه‌ها در نظر بگیرند؟

$$L_1 = 25\text{m}, \Delta T = 50 - 10 = 40\text{K}, \Delta L = ?$$

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta T \rightarrow \Delta L = 25 \times 14 \times 10^{-6} \times 40 = 14000 \times 10^{-6} = 1/4 \times 10^{-2}\text{m} = 1/4\text{cm} \rightarrow \Delta L = 1/4\text{cm}$$

۶- یک ظرف آلومینیومی با حجم 400cm^3 در دمای $20/0^\circ\text{C}$ به طور کامل از گلیسرین پر شده است. اگر دمای ظرف و گلیسرین به $30/0^\circ\text{C}$ برسد، چقدر گلیسرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟

افزایش حجم ظرف و گلیسرین را جداگانه محاسبه و اختلاف آنها را به دست می‌آوریم:

$$V_{\text{ظرف}} = 400\text{cm}^3, \Delta T = 30 - 20 = 10\text{K}, \alpha_{\text{Al}} = 23 \times 10^{-6}\text{K}^{-1}, \beta_{\text{گلیسرین}} = 0/49 \times 10^{-2}\text{K}^{-1}$$

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = V_{\text{ظرف}} (3\alpha) \Delta T = 400 \times 3 \times 23 \times 10^{-6} \times 10 = 276000 \times 10^{-6} = 0/276\text{cm}^3$$

$$V_{\text{ظرف}} = V_{\text{گلیسرین}}$$

$$\Delta V_{\text{گلیسرین}} = V_{\text{گلیسرین}} \beta \Delta T = 400 \times 0/49 \times 10^{-2} \times 10 = 1960 \times 10^{-2} = 1/96\text{cm}^3$$

$$\Delta V = \Delta V_{\text{گلیسرین}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = 1/96 - 0/276 = 1/684\text{cm}^3 \rightarrow \Delta V = 1/684\text{cm}^3$$

حجم گلیسرین سرریز شده $1/684\text{cm}^3 \rightarrow \Delta V = 1/684\text{cm}^3$ در دمای 10°C - فاصله بین سطح

۷- مقداری بنزین در مخزنی استوانه‌ای به ارتفاع $h = 10\text{m}$ ریخته شده است. در دمای 10°C - فاصله بین سطح

بنزین تا بالای ظرف برابر $\Delta h = 50\text{cm}$ است. اگر از انبساط ظرف در نتیجه افزایش دما چشم‌پوشی شود، در چه دمایی بنزین از ظرف سرریز می‌شود؟

$$\beta_{\text{بنزین}} = 1 \times 10^{-2}\text{K}^{-1}, h = 10 - 0/5 = 9/5\text{m}, \Delta h = 0/5\text{m}$$

فیریک ۱

۱۰۴۱

ابتدا حجم اولیه بنزین را محاسبه می‌کنیم. اگر A سطح مقطع استوانه باشد، داریم:

$$V_1 = A \times h = A \times 9/5 = 9/5A$$

$$\Delta V = A \times \Delta h = A \times 0/5 = 0/5A$$

$$\Delta V = V_1 \beta \Delta T \rightarrow 0/5A = 9/5A \times 1 \times 10^{-3} \times \Delta T$$

$$\rightarrow \Delta T = \frac{0/5}{9/5 \times 10^{-3}} = 0/052 \times 10^3 = 52K$$

$$T_2 = T_1 + \Delta T \rightarrow T_2 = -10 + 52 = 42 \rightarrow T_2 = 42^\circ C$$

۸- در شکل روبه‌رو با کاهش دما، نوار دوفلزه به طرف پایین خم می‌شود. اگر یکی از نوارها، برنجی و نوار دیگر فولادی باشد:



الف) نوار بالایی از چه جنسی است؟ با سرد شدن فلزات طول آنها کاهش می‌یابد. طبق جدول ۱-۴ چون ضریب انبساط طولی برنج بیشتر از فولاد است، کاهش طول برنج در اثر کاهش دما بیشتر از کاهش طول فولاد خواهد بود؛ بنابراین فلز پایینی برنج و فلز بالایی فولاد است.

ب) اگر نوارها را گرم کنیم به کدام سمت خم می‌شوند.

با گرم کردن نوارها چون ضریب انبساط طولی برنج بیشتر است، افزایش طول آن نیز بیشتر خواهد بود. فلز پایینی برنج 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 می‌کند به چند صد کیلومتر می‌رسد. دمای هوا در زمستان ممکن است تا $-10^\circ C$ و در تابستان تا $+50^\circ C$ برسد. جنس این لوله‌ها عموماً از فولاد با $\alpha = 10 \times 10^{-6} K^{-1}$ است.

طول خط لوله، بین دو ایستگاه تهران - اصفهان تقریباً 230 km است.

الف) در اثر این اختلاف دما این خط چقدر منبسط می‌شود؟

$$\Delta T = 50 - (-10) = 60K, \alpha_{\text{فولاد}} = 10 \times 10^{-6} \frac{1}{K}, L_1 = 230 \text{ km} = 230 \times 10^3 \text{ m}$$

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta T \rightarrow \Delta L = 230 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} \times 60 = 138 \text{ m} \rightarrow \Delta L = 138 \text{ m}$$

ب) چگونه می‌توان تأثیر این انبساط را برطرف کرد؟

با عایق‌بندی صحیح لوله‌ها در زیرزمین می‌توان مانع از تغییر دما و در نتیجه تغییر طول لوله‌ها شد. همچنین استفاده از اتصالات آکاردیونی (قابل انعطاف) می‌تواند از خم شدن لوله‌ها در اثر افزایش طول جلوگیری کند.

۱۰- در یک روز گرم یک تانکر حامل سوخت با $30,000 \text{ L}$ بنزین پارک‌گیری شده است. هوا در محل تحویل سوخت $20/0^\circ C$ سردتر از محلی است که در آنجا سوخت بارزده شده است. راننده چند لیتر سوخت را در این محل تحویل می‌دهد؟

$$V_1 = 30000 \text{ L}, \Delta T = -20K, \beta_{\text{بنزین}} = 1 \times 10^{-3} K^{-1}, V_2 = ?$$

$$V_2 = V_1 + \Delta V = V_1 + V_1 \beta \Delta T = V_1 (1 + \beta \Delta T) \rightarrow V_2 = V_1 (1 + \beta \Delta T) = 30000 (1 + 1 \times 10^{-3} \times (-20))$$

$$V_2 = 30000 \times (1 - 0/02) = 30000 \times 0/98 = 29400 \text{ L} \rightarrow V_2 = 29400 \text{ L}$$

۱۱- برای گرم کردن 200 g آب جهت تهیه چای، از یک گرمکن الکتریکی غوطه‌ور در آب استفاده می‌کنیم. روی برجسب گرمکن 200 W نوشته شده است. با نادیده گرفتن اتلاف گرما، زمان لازم برای رساندن دمای آب از $20/0^\circ C$ به $100^\circ C$ را محاسبه کنید.

$$m = 200 \text{ g} = 0/2 \text{ kg}, P = 200 \text{ W}, \theta_1 = 20^\circ C, \theta_2 = 100^\circ C, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ C}, t = ?$$

مقدار گرمای لازم جهت تغییر دمای آب از 30°C به 100°C را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = mc\Delta\theta = 0.2 \times 4200 \times (100 - 30) = 58800 \text{ J} \rightarrow Q = 58800 \text{ J}$$

با استفاده از رابطه توان در گرمکن الکتریکی می‌توان نوشت: $Q = Pt \rightarrow t = \frac{Q}{P} = \frac{58800}{200} = 294 \text{ s} \rightarrow t = 294 \text{ s}$

۱۲- دمای یک قطعه فلز 0.60 کیلوگرمی را توسط یک گرمکن 50 واتی در مدت 110 s از 18°C به 38°C رسانده‌ایم. این آزمایش برای گرمای ویژه فلز چه مقداری را به دست می‌دهد؟ حدس می‌زنید که این پاسخ از مقدار واقعی گرمای ویژه فلز بیشتر باشد یا کمتر؟ توضیح دهید.

$m = 0.6 \text{ kg}$, $P = 50 \text{ W}$, $\Delta\theta = 38 - 18 = 20^{\circ}\text{C}$, $t = 110 \text{ s}$, $c_{\text{فلز}} = ?$

مقدار گرمای تولیدی گرمکن برابر است با مقدار گرمایی که آب برای تغییر دما دریافت می‌کند:

$$\begin{cases} Q = Pt \\ Q = mc\Delta\theta \end{cases} \rightarrow Pt = mc_{\text{فلز}}\Delta\theta \rightarrow c_{\text{فلز}} = \frac{Pt}{m\Delta\theta} = \frac{50 \times 110}{0.6 \times 20} = \frac{5500}{12} = 458 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

چون در واقعیت همه گرمای تولیدی گرمکن به آب داده نمی‌شود و بخشی از آن هدر می‌رود، بنابراین در رابطه $c_{\text{فلز}} = \frac{Pt}{m\Delta\theta}$ ، صورت کسر کاهش و گرمای ویژه واقعی فلز کمتر از مقدار محاسبه شده خواهد بود.

۱۳- گرماسنجی به جرم 200 گرم از مس ساخته شده است. یک قطعه 80 گرم از یک ماده نامعلوم همراه با 50 گرم آب به درون گرماسنج ریخته می‌شود. اکنون دمای این مجموعه 30°C شده است. در این هنگام 100 گرم آب 70°C به گرماسنج اضافه می‌شود، دمای تعادل 52°C می‌شود. گرمای ویژه قطعه را محاسبه کنید.

گرماسنج : $m_1 = 200 \text{ g} = 0.2 \text{ kg}$, $c_{\text{مس}} = 386 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$, $\theta_1 = 30^{\circ}\text{C}$

جسم : $m_2 = 80 \text{ g} = 0.08 \text{ kg}$, $c = ?$, $\theta_2 = 30^{\circ}\text{C}$

آب : $m_3 = 50 \text{ g} = 0.05 \text{ kg}$, $c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$, $\theta_3 = 30^{\circ}\text{C}$

آب : $m_4 = 100 \text{ g} = 0.1 \text{ kg}$, $c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$, $\theta_4 = 70^{\circ}\text{C}$

دمای تعادل $\rightarrow \theta = 52^{\circ}\text{C}$

در تعادل گرمایی : $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0$

$$Q_1 = m_1 c_{\text{مس}} (\theta - \theta_1) = 0.2 \times 386 \times (52 - 30) = 1698.4 \text{ J}$$

$$Q_2 = m_2 c_{\text{جسم}} (\theta - \theta_2) = 0.08 \times c_{\text{جسم}} \times (52 - 30) = 1.76 c_{\text{جسم}}$$

$$Q_3 = m_3 c_{\text{آب}} (\theta - \theta_3) = 0.05 \times 4200 \times (52 - 30) = 4620 \text{ J}$$

$$Q_4 = m_4 c_{\text{آب}} (\theta - \theta_4) = 0.1 \times 4200 \times (52 - 70) = -7560 \text{ J}$$

$$1698.4 + 1.76 c_{\text{جسم}} + 4620 - 7560 = 0 \rightarrow 1.76 c_{\text{جسم}} = 1241.6$$

$$\rightarrow c_{\text{جسم}} = \frac{1241.6}{1.76} = 705 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \rightarrow c_{\text{جسم}} = 705 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

۱۴- یکی از روش‌های بالا بردن دمای یک جسم، دادن گرما به آن است. اگر به جسمی گرما دهیم، آیا دمای آن حتماً بالا می‌رود؟ توضیح دهید.

خیر، در برخی موارد گرمای داده شده به جسم دمای آن را افزایش نمی‌دهد بلکه صرف تغییر حالت جسم می‌شود. مثلاً اگر به یخ گرما دهیم، دمای آن 0°C می‌ماند.

توضیح

۱۵- قبل از تزریق دارو یا سرم به یک بیمار، محل تزریق را با الکل تمیز می کنند. این کار سبب احساس خنکی در محل تزریق می شود. علت را توضیح دهید.

الکل برای تبخیر سطحی از روی پوست گرما گرفته و پوست در محل تماس با الکل خنک می شود.

۱۶- کدام گزینه درباره فرایند ذوب نادرست است؟

(الف) افزایش فشار وارد بر جسم بر بیشتر مواد، سبب پایین رفتن نقطه ذوب می شود.

(ب) افزایش فشار بر روی یخ، سبب کاهش اندک نقطه ذوب آن می شود.

(پ) فریند ذوب، عملی گرماگیر است.

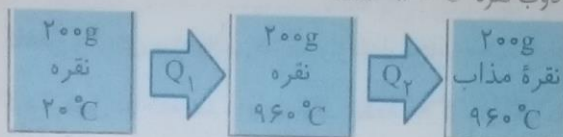
(ت) گرمایی که جسم جامد در نقطه ذوب خود می گیرد تا به مایع تبدیل شود، سبب تغییر دمای آن نمی شود.

(الف) نادرست است. در اکثر مواد افزایش فشار سبب افزایش نقطه ذوب می شود.

۱۷- کمترین گرمای لازم برای ذوب کامل ۲۰۰g نقره که در آغاز در دمای 20°C قرار دارد چقدر است؟ (فشار هوا را یک اتمسفر فرض کنید)

برای ذوب ۲۰۰g نقره با دمای اولیه 20°C مراحل زیر طی می شود:

توجه: مطابق جدول ۴-۴ دمای ذوب نقره 960°C است.



$$m = 200\text{g} = 0.2\text{kg}, \quad c_{\text{نقره}} = 236 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}, \quad L_f^{\text{نقره}} = 88/3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 88/3 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$Q_1 = mc\Delta\theta = 0.2 \times 236 \times (960 - 20) = 44368\text{J}$$

$$Q_2 = mL_f = 0.2 \times 88/3 \times 10^3 = 17660\text{J}$$

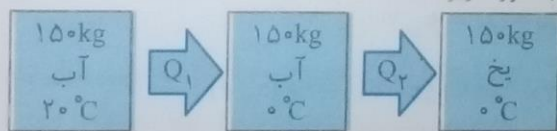
$$Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_2 = 44368 + 17660 = 62028\text{J} \rightarrow Q_{\text{کل}} = 62028\text{J}$$

۱۸- یک راه برای جلوگیری از سرد شدن بیش از حد یک سالن سر بسته در شب هنگام، وقتی که دمای زیر صفر

پیش بینی شده است، قرار دادن تشت بزرگ پر از آب در سالن است. اگر جرم آب درون تشت 150kg و دمای اولیه آن

20°C باشد و همه آن به یخ 0°C تبدیل شود، آب چقدر گرما به محیط پیرامونش می دهد؟

مراحل طی شده برای این فرایند به صورت زیر است:



$$m = 150\text{kg}, \quad c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}, \quad L_f^{\text{یخ}} = 333/7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_1 = mc\Delta\theta = 150 \times 4200 \times (0 - 20) = -126000\text{J} \rightarrow Q_1 = -126000\text{J}$$

$$Q_2 = -mL_f = -150 \times 333/7 = -50055\text{kJ} \rightarrow Q_2 = -50055\text{kJ}$$

$$Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_2 = -126000 - 50055 = -62655\text{kJ} \rightarrow Q_{\text{کل}} = -62655\text{kJ}$$

۱۹- یک گرمکن 50 واتی به طور کامل در 100 گرم آب درون یک گرماسنج قرار داده می شود.

(الف) این گرمکن در مدت یک دقیقه دمای آب و گرماسنج را از 20°C به 25°C می رساند. ظرفیت گرمایی

گرماسنج را حساب کنید.

$$P = 50\text{W}, \quad m_{\text{آب}} = 100\text{g} = 0.1\text{kg}, \quad t = 1\text{min} = 60\text{s}, \quad \Delta\theta = 25 - 20 = 5^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}, \quad C_{\text{گرماسنج}} = ?$$

گرما تولیدی گرمکن به گرماسنج و آب داده می شود، بنابراین می توان نوشت:

$$Q = Pt \text{ گرمای تولیدی گرمکن}, Q_1 = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta \text{ گرمای دریافتی آب}, Q_2 = C_{\text{گرماسنج}} \Delta\theta \text{ گرمای دریافتی گرماسنج}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \rightarrow Pt = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta + C_{\text{گرماسنج}} \Delta\theta \rightarrow 50 \times 60 = 0.1 \times 4200 \times 5 + C_{\text{گرماسنج}} \times 5$$

$$\rightarrow 3000 = 2100 + 5C_{\text{گرماسنج}} \rightarrow 900 = 5C_{\text{گرماسنج}} \rightarrow C_{\text{گرماسنج}} = \frac{900}{5} = 180 \rightarrow C_{\text{گرماسنج}} = 180 \frac{\text{J}}{^{\circ}\text{C}}$$

با چه مدت طول می کشد تا دمای آب درون گرماسنج از 25°C به نقطه جوش (100°C) برسد؟ چون با افزایش دمای آب، دمای گرماسنج نیز افزایش می یابد، گرمای تولیدی گرمکن برابر است با گرمای لازم برای تغییر دمای آب و گرماسنج.

$$m_{\text{آب}} = 100\text{g} = 0.1\text{kg}, P = 500\text{W}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \Delta\theta = 100 - 25 = 75^{\circ}\text{C}$$

$$C_{\text{گرماسنج}} = 180 \frac{\text{J}}{^{\circ}\text{C}}, Q = Pt, Q_1 = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta, Q_2 = C_{\text{گرماسنج}} \Delta\theta, t = ?$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \rightarrow Pt = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta + C_{\text{گرماسنج}} \Delta\theta$$

$$\rightarrow 50 \times t = 0.1 \times 4200 \times 75 + 180 \times 75$$

$$\rightarrow 50t = 31500 + 13500 \rightarrow 50t = 45000 \rightarrow t = \frac{45000}{50} = 900\text{s} \rightarrow t = 900\text{s}$$

با چه مدت طول می کشد تا 20 گرم آب در حال جوش درون این گرماسنج 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 صرفاً باعث تغییر فاز آب از مایع به بخار خواهد شد.

$$m = 20\text{g} = 0.02\text{kg}, P = 50\text{W}, L_{V\text{آب}} = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 2256 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}, t = ?$$

$$Q = Pt \text{ گرمای تولیدی گرمکن}, Q' = m_{\text{آب}} L_{V\text{آب}} \text{ گرمای تبخیر آب}$$

$$Q = Q' \rightarrow Pt = m_{\text{آب}} L_{V\text{آب}} \rightarrow 50 \times t = 0.02 \times 2256 \times 10^3$$

$$\rightarrow 50t = 45120 \rightarrow t = \frac{45120}{50} = 902.4\text{s} \rightarrow t = 902.4\text{s}$$

۲۰- گرمکنی در هر ثانیه $200/0$ ژول گرما می دهد.

الف) چقدر طول می کشد تا این گرمکن 0.100 کیلوگرم آب 100°C را به بخار آب 100°C تبدیل کند؟

$$P = 200\text{W}, m = 0.1\text{kg}, L_{V\text{آب}} = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 2256 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}, t = ?$$

گرمای تولیدی گرمکن برابر است با گرمای لازم جهت تبدیل 0.1kg آب 100°C به بخار 100°C .

$$Q = Q' \rightarrow Pt = m_{\text{آب}} L_{V\text{آب}} \rightarrow 200t = 0.1 \times 2256 \times 10^3 \rightarrow t = \frac{2256 \times 10^3}{2 \times 10^3} = 1128\text{s}$$

$$\rightarrow t = 1128\text{s}$$

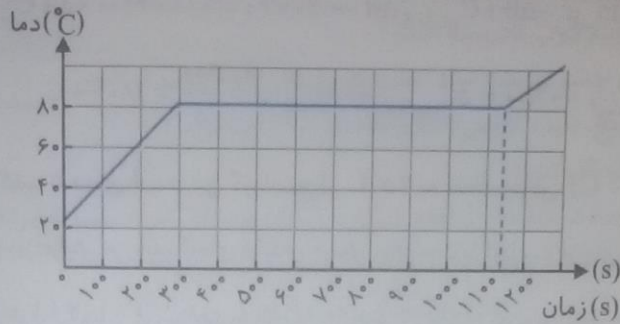
ب) این گرمکن در همین مدت، چه مقدار یخ 0°C را می تواند به آب 0°C تبدیل کند؟

$$P = 200\text{W}, t = 1128\text{s}, L_{F\text{یخ}} = 333/7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 333/7 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}, m = ?$$

$$Q = Q' \rightarrow Pt = m_{\text{یخ}} L_{F\text{یخ}} \rightarrow 200 \times 1128 = m_{\text{یخ}} \times 333/7 \times 10^3$$

$$\rightarrow m_{\text{یخ}} = \frac{200 \times 1128}{333/7 \times 10^3} = 676 \times 10^{-3} \text{kg} \rightarrow m_{\text{یخ}} = 676\text{g}$$

اگر به جسم جامدی که ابعاد آن به اندازه کافی کوچک است با توان ثابتی گرما بدهیم نمودار دما - زمان آن صورت کیفی مانند شکل روبه رو می شود. این نمودار در اینجا برای جسم جامدی به جرم $50/g$ رسم شده که توسط $10/W$ گرم کن گرم شده است.



الف) چقدر طول می کشد تا این جامد به نقطه ذوب خود برسد؟ با توجه به نمودار در بازه زمانی 0 تا 300s دمای جسم افزایش می یابد و در بازه زمانی 300s تا 1150s دمای جسم ثابت بوده و جسم تغییر حالت می دهد (ذوب می شود) پس 300s طول می کشد 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 مسأله داریم:

$$m = 50g = 0.05kg, P = 10W, t = 300s, \Delta\theta = 80 - 20 = 60^\circ C, c = ?$$

$$Q = Q' \rightarrow Pt = m c_{\text{جسم}} \Delta\theta \rightarrow 10 \times 300 = 0.05 \times c_{\text{جسم}} \times 60$$

$$\rightarrow 3000 = 3c_{\text{جسم}} \rightarrow c_{\text{جسم}} = \frac{3000}{3} = 1000 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \rightarrow c_{\text{جسم}} = 1000 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

گرمای ویژه جسم

$$m = 0.05kg, P = 10W, t = 1150 - 300 = 850s, L_f = ?$$

$$Q = Q' \rightarrow Pt = mL_f \rightarrow 10 \times 850 = 0.05 \times L_f \rightarrow L_f = \frac{8500}{0.05} = 170000 \frac{J}{kg}$$

$$\rightarrow L_f = 170000 \frac{J}{kg} \text{ گرمای نهان ذوب جسم}$$

۲۲- در چاله کوچکی $1/100kg$ آب $0^\circ C$ قرار دارد. اگر بر اثر تبخیر سطحی قسمتی از آب تبخیر شود و بقیه آن یخ بیند، جرم آب یخ زده چقدر می شود؟

مقدار گرمایی که بخشی از آب برای انجماد از دست می دهد برابر است با مقدار گرمایی که بخش دیگر آب برای تبخیر می گیرد.

$$L_{V \text{ آب}} = 2490 \frac{kJ}{kg} \text{ و } L_f \text{ یخ} = 333/7 \frac{kJ}{kg}$$

در دمای $0^\circ C$ داریم:

اگر جرم آب یخ زده را با m و جرم آب تبخیر شده را با m' نشان دهیم می توان 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 یخ زده و جرم آب تبخیر شده $1kg$ است، بنابراین:

$$m + m' = 1 \rightarrow m + \frac{mL_f}{L_V} = 1 \rightarrow \frac{mL_V + mL_f}{L_V} = 1 \rightarrow m \frac{L_V + L_f}{L_V} = 1 \rightarrow m = \frac{1}{\frac{L_V + L_f}{L_V}}$$

$$\rightarrow m = \frac{L_V}{L_V + L_f} \rightarrow m = \frac{2490}{2490 + 333/7} = \frac{2490}{2823/7} \approx 0.882kg \rightarrow m = 882g$$

جرم آب یخ زده

۲۳. در گروهی از جانوران خونگرم و انسان، تبخیر عرق بدن، یکی از راه‌های مهم کنترل دمای بدن است. الف) چه مقدار آب تبخیر شود تا دمای بدن شخصی به جرم 50 kg به اندازه 1.0°C کاهش یابد؟ گرمای نهان تبخیر آب در دمای بدن (37°C) برابر $2/42 \times 10^6 \text{ J/kg}$ و گرمای ویژه بدن در حدود 3480 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:

$$Q = Q' \rightarrow m_{\text{آب}} L_{\text{بخار}} = m_{\text{بدن}} c_{\text{بدن}} \Delta\theta \rightarrow m_{\text{آب}} \times 2/42 \times 10^6 = 50 \times 3480 \times 1$$

$$\rightarrow m_{\text{آب}} = \frac{50 \times 3480}{2/42 \times 10^6} = 719 \times 10^{-2} \text{ kg} = 71/9 \times 10^{-2} \text{ kg} = 72 \text{ g} \rightarrow m_{\text{آب}} = 72 \text{ g}$$

ب) حجم آبی که شخص باید برای جبران آب تبخیر شده بنوشد، چقدر است؟

$$\rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{72}{1} = 72 \text{ cm}^3 \rightarrow V = 72 \text{ cm}^3$$

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 گرما است، بنابراین گرمای دست را در محل تماس نگه داشته و گرم به نظر می‌رسد ولی فلز چون رسانای گرما است، گرمای دست را از محل تماس منتقل کرده و سردتر به نظر می‌رسد. اگر دمای لوله خیلی پایین باشد، رطوبتی که بین پوست دست و سطح فلز قرار دارد، در اثر کاهش دما به بلورهای یخ 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 هوا در بین لایف پالتو قرار گرفته و چون هوا رسانای ضعیف گرما است، مانع از انتقال گرمای بدن به خارج می‌شود. با افزایش ضخامت لایه‌های عایق پوشاننده بدن، آهنگ رسانش گرمای بدن به هوای بیرون کاهش می‌یابد.

۲۶. شیشه پنجره‌ای دارای عرض $2/0$ متر، ارتفاع $1/0$ متر و ضخامت $4/0 \text{ mm}$ است. الف) در یک روز زمستانی دمای وجهی از شیشه که در تماس با هوای سرد بیرون است $2/0^\circ\text{C}$ و دمای وجهی از شیشه که در تماس با هوای گرم داخل اتاق است $7/0^\circ\text{C}$ است. چه مقدار گرما در هر ثانیه از طریق شیشه (با $k = 1/0 \text{ W/m.K}$) به بیرون اتاق انتقال پیدا می‌کند؟

$$A = 2 \times 1 = 2 \text{ m}^2, L = 4 \text{ mm} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}, T_L = 2^\circ\text{C}, T_H = 7^\circ\text{C}, k = 1 \frac{\text{W}}{\text{m.K}}, H = ?$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L} = 1 \times \frac{2 \times (7 - 2)}{4 \times 10^{-3}} = 2/5 \times 10^3 \text{ W} \rightarrow H = 2/5 \times 10^3 \text{ W}$$

ب) چه مقدار انرژی در طول یک روز به این ترتیب تلف می‌شود؟

$$Q = Ht \rightarrow Q = 2/5 \times 10^3 \times 86400 = 2/16 \times 10^8 \text{ J} \rightarrow Q = 2/16 \times 10^8 \text{ J}$$

۲۷. جمعه‌یخ‌دانی از جنس پلی‌استیرن با مساحت کل دیواره‌های $0/8 \text{ m}^2$ و ضخامت دیواره‌های $2/0 \text{ cm}$ در اختیار دارید. اختلاف دمای سطح داخلی و خارجی یخ‌دان $20/0^\circ\text{C}$ است. در یک روز (24 h) چقدر یخ آب می‌شود؟ رسانندگی گرمایی پلی‌استیرن برابر است با $k = 0/01 \text{ W/m.K}$. برای محاسبه مقدار گرمایی که در مدت

24 ساعت از بیرون به داخل جمعه منتقل می‌شود باید آهنگ رسانش گرما از جمعه را به دست آوریم:

$$A = 0/8 \text{ m}^2, L = 2 \text{ cm} = 2 \times 10^{-2} \text{ m}, T_H - T_L = 20^\circ\text{C}, t = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}, m = ?$$

$$L_{\text{تعب}} = 333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, k = 0/01 \frac{\text{W}}{\text{m.K}}$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L} = 0/01 \times \frac{0/8 \times 20}{2 \times 10^{-2}} = \frac{16 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-2}} = 8 \text{ W} \rightarrow H = 8 \text{ W}$$

گرمایی که در ۲۴ ساعت به داخل جعبه منتقل می‌شود:

$$Q = Ht \rightarrow Q = 8 \times 86200 = 691200 \text{ J} \rightarrow Q = 691200 \text{ J}$$

حال باید ببینیم این مقدار گرما چند گرم یخ 0°C را ذوب می‌کند:

$$Q = m_{\text{ice}} L_f \rightarrow m_{\text{ice}} = \frac{Q}{L_f} = \frac{691200}{333/7 \times 10^3} = 2 \text{ kg} \rightarrow m_{\text{ice}} = 2 \text{ kg}$$

۲۸- دو قوری هم جنس و هم اندازه را در نظر بگیرید که سطح بیرونی یکی سیاه‌رنگ و دیگری سفیدرنگ است هر دو را با آب داغ با دمای یکسان پر می‌کنیم. آب کدام قوری زودتر خنک می‌شود؟ قوری تیره، چون تابش گرمایی گیل شده سطوح تیره و مات بیشتر از سطوح صاف و روشن است. آهنگ تابش گرما از قوری تیره بیشتر بوده و زودتر خنک می‌شود.

۲۹- گازی در دمای 20°C دارای حجم 100 cm^3 است.

الف) این گاز را باید تا چه دمایی گرم کنیم تا در فشار ثابت، حجم آن 200 cm^3 شود؟

$$T_1 = 20 + 273 = 293 \text{ K}, V_1 = 100 \text{ cm}^3, V_2 = 200 \text{ cm}^3, T_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{\text{فشار ثابت}} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{100}{293} = \frac{200}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{293 \times 200}{100} = 586 \text{ K}$$

$$\rightarrow T_2 = 586 \text{ K} = 313^\circ\text{C}$$

ب) این گاز در همین فشار در چه دمایی دارای حجم 50 cm^3 خواهد شد؟

$$T_1 = 293 \text{ K}, V_1 = 100 \text{ cm}^3, V_2 = 50 \text{ cm}^3, T_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{\text{فشار ثابت}} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{100}{293} = \frac{50}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{293 \times 50}{100} = 146.5 \text{ K}$$

$$\rightarrow T_2 = 146.5 \text{ K} = -126.5^\circ\text{C}$$

۳۰- هوایی با فشار 1 atm درون استوانه یک تلمبه دوچرخه با طول 24 cm محبوس است. راه‌های ورودی و خروجی هوای استوانه تلمبه را می‌بندیم. اکنون

الف) اگر طول استوانه را در دمای ثابت به 30 cm افزایش دهیم، فشار هوای محبوس چقدر خواهد شد؟

$$P_1 = 1 \text{ atm}, L_1 = 24 \text{ cm}, L_2 = 30 \text{ cm}, P_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T} = \frac{P_2 V_2}{T} \xrightarrow{\text{دما ثابت}} P_1 V_1 = P_2 V_2 \xrightarrow{V = AL} P_1 \cancel{A} L_1 = P_2 \cancel{A} L_2 \rightarrow P_1 L_1 = P_2 L_2$$

$$\rightarrow 1 \times 24 = P_2 \times 30 \rightarrow P_2 = \frac{24}{30} = 0.8 \text{ atm} \rightarrow P_2 = 0.8 \text{ atm}$$

ب) برای آنکه در دمای ثابت، فشار هوای محبوس 3 atm شود، طول استوانه را چقدر باید کاهش دهیم؟

$$P_1 = 1 \text{ atm}, L_1 = 24 \text{ cm}, P_2 = 3 \text{ atm}, L_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T} = \frac{P_2 V_2}{T} \xrightarrow{\text{دما ثابت}} P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow P_1 \cancel{A} L_1 = P_2 \cancel{A} L_2$$

$$P_1 L_1 = P_2 L_2 \rightarrow 1 \times 24 = 3 \times L_2 \rightarrow L_2 = \frac{24}{3} = 8 \text{ cm} \rightarrow L_2 = 8 \text{ cm}$$

$$|\Delta L| = |L_2 - L_1| = |8 - 24| = 16 \text{ cm} \rightarrow |\Delta L| = 16 \text{ cm}$$

۳۱ لاستیک یکی اتومبیل حاوی مقدار معینی هواست. هنگامی که دمای هوا 17°C است، فشارسنج، فشار درون لاستیک را $2/00$ اتمسفر نشان می‌دهد. پس از یک رانندگی بسیار سریع، فشار هوای لاستیک دوباره اندازه‌گیری می‌شود. اکنون فشارسنج، $2/30$ اتمسفر را نشان می‌دهد. دمای هوای درون لاستیک در این وضعیت چقدر است؟ حجم لاستیک را ثابت و فشار جو را $1/00$ اتمسفر در نظر بگیرید. چون فشارسنج‌ها، فشار پیمانه‌ای گاز را اندازه‌گیری می‌کنند، برای محاسبه فشار مطلق هوای داخل لاستیک باید فشار پیمانه‌ای را با فشار جو جمع کرد: $P = P_g + P_e$

$$T_1 = 17 + 273 = 290\text{K}, P_1 = 2 + 1 = 3\text{atm}, P_2 = 2/3 + 1 = 3/3\text{atm}, T_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{\text{حجم ثابت}} \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow \frac{3}{290} = \frac{3/3}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{290 \times 3/3}{3} = 319\text{K}$$

$$\rightarrow T_2 = 319\text{K} = 46^{\circ}\text{C}$$

۳۲ دما و فشار متعارف (STP) برای گاز، دمای 273K و فشار $1\text{atm} = 1/013 \times 10^5\text{Pa}$ معرفی می‌شود. حجم یک مول گاز کامل در دما و فشار متعارف چقدر است؟

$$T = 273\text{K}, P = 1\text{atm} = 1/013 \times 10^5\text{Pa}, n = 1\text{mol}, R = 8/314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}, V = ?$$

$$\text{قانون گازها: } PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P} = \frac{1 \times 8/314 \times 273}{1/013 \times 10^5} = 2240 \times 10^{-5}\text{m}^3 = 22/40 \times 10^{-2}\text{m}^3$$

$$\rightarrow V = 22/4\text{L}$$

۳۳ یک حباب هوا به حجم 20cm^3 در ته یک دریاچه به عمق 40m قرار دارد که دما در آنجا 4°C است. حباب تا سطح آب بالا می‌آید که در آنجا دما 20°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 هوا در سطح دریاچه را $1/01 \times 10^5\text{Pa}$ در نظر بگیرید.

$$V_1 = 20\text{cm}^3, T_1 = 4 + 273 = 277\text{K}, T_2 = 20 + 273 = 293\text{K}$$

$$P_1 = P_0 + \rho gh = 1/01 \times 10^5 + (1000 \times 10 \times 40)$$

$$P_1 = 5/01 \times 10^5\text{Pa} \rightarrow \text{فشار در عمق } 40\text{ متری دریاچه و } P_2 = P_0 = 1/01 \times 10^5\text{Pa}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow \frac{5/01 \times 10^5 \times 20}{277} = \frac{1/01 \times 10^5 \times V_2}{293} \rightarrow \frac{1/002}{277} = \frac{1/01 V_2}{293}$$

$$\rightarrow V_2 = \frac{293 \times 1/002}{277 \times 1/01} = 1/05\text{cm}^3 \rightarrow V_2 = 1/05\text{cm}^3$$

حجم حباب در سطح آب: $1/05\text{cm}^3$

۳۴ سحابی سیاره‌ای، ابری است حلقوی (شکل روبه‌رو) که عمدتاً از گاز هیدروژن با غلظت $1000/0$ مولکول بر سانتی‌متر مکعب و دمای 10000K تشکیل شده است. فشار گاز در این سحابی را محاسبه کنید.

$$N = 1000, V = 1\text{cm}^3 = 1 \times 10^{-6}\text{m}^3, T = 10000\text{K} = 1 \times 10^4\text{K}, N_A = 6/02 \times 10^{23}$$

$$R = 8/314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}, P = ?$$

$$N = n N_A \rightarrow n = \frac{N}{N_A}$$

$$PV = nRT \rightarrow PV = \frac{N}{N_A} RT \rightarrow PV = \frac{NRT}{N_A} \rightarrow P = \frac{NRT}{VN_A}$$

$$\rightarrow P = \frac{1000 \times 8/314 \times 10^4}{10^{-6} \times 6/02 \times 10^{23}} = 1/38 \times 10^{-10}\text{Pa}$$

با توجه به تعریف مول داریم:

با توجه به قانون گازها می‌توان نوشت:

ارزشیابی مستمر

- ۱- درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید. (۱ نمره)
- (الف) اساس کار تف سنج‌ها بر مبنای تابش گرمایی است. درست نادرست
- (ب) با افزایش دمای آب از 0°C تا 4°C حجم آب افزایش می‌یابد. درست نادرست
- (ج) گرمای لازم برای افزایش دمای یک مول از هر فلز به جنس آن بستگی ندارد. درست نادرست
- (د) تبخیر مایع در هر دمایی رخ می‌دهد. درست نادرست
- ۲- جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب پر کنید. (۱)

- (الف) به انتقال گرما از طریق امواج الکترومغناطیسی که از اجسام منتشر می‌شود می‌گویند.
- (ب) به مقدار گرمایی که دمای جسم را 1°C یا 1K افزایش دهد می‌گویند.
- (ج) به مقدار گرمایی که یک کیلوگرم از جسم هنگام انجماد یا ذوب منتقل می‌کند می‌گویند.
- (د) به دام افتادن تابش گرمایی بین لایه پوش سپهر و سطح زمین می‌گویند.

۳- از داخل پرانتز عبارت درست را انتخاب کنید. (۱)

- (الف) حجم جامدهای (بلورین - بی‌شکل) هنگام ذوب ثابت است.
- (ب) (تصعید - میعان) 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. (۵/۰)

(الف) کدام یک از موارد زیر از عوامل مؤثر بر آهنگ تبخیر سطحی نیست؟

- (الف) دمای مایع مساحت سطح مایع
- (ج) فشار سطح مایع (د) مقدار مایع

۵- (ب) اگر دمای جسمی 81°F افزایش یابد چند درجه سلسیوس افزایش یافته است؟

- (الف) 54°C (ب) 45°C (ج) 28°C (د) 36°C

۵- مفاهیم زیر را تعریف کنید. (۱)

(الف) تعادل گرمایی (ب) وارونگی هوا

۶- دلیل رفتار غیرعادی آب در محدوده دمایی 0°C تا 4°C چیست؟ (۵/۰)

۷- دو مورد از عوامل مؤثر بر میزان رسانش گرمایی مواد را نام ببرید. (۵/۰)

۸- چرا وقتی آب در ظروف روی باز یخ می‌بندد یک برآمدگی مرکزی ایجاد می‌شود؟ (۵/۰)

۹- اگر دمای یک میله فلزی را 200°C افزایش دهیم، طول آن $0/01$ طول اولیه افزایش می‌یابد. ضریب انبساط طولی این فلز چقدر است؟ (۵/۰)

۱۰- از 200g آب 20°C چه مقدار گرما بگیریم تا به یخ 20°C تبدیل شود؟ (۱)

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}, c_{\text{یخ}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}, L_f = 335000 \frac{\text{J}}{\text{kg}})$$

۱۱- یک قطعه فلز به جرم 1kg از جنس آلومینیم با دمای 80°C را در ظرفی که حاوی 500g آب 10°C است،

می‌اندازیم. دمای تعادل را محاسبه کنید. (از تبادل گرما بین آب و ظرف صرف نظر کنید.) (۱)

$$(c_{\text{آل}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}})$$

۱۰۰. ابعاد دیوار اتاقی یک خانه چوبی ۳m و ۶m و ضخامت دیوار ۱۰cm است. اگر رسانندگی گرمایی چوب $\frac{W}{m \cdot K}$ باشد، آهنگ رسانش گرما از این دیوار چقدر است؟ (دمای داخل خانه را $30^\circ C$ و دمای بیرون را $10^\circ C$ - در نظر بگیرید.) (۰/۷۵)

۱۰۱. 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. (۰/۷۵)

$$(P_1 = 1.0^5 Pa, \rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{kg}{m^3}, g = 10 \frac{N}{kg})$$

پاسخ ارزشیابی مستمر

۱۰۰ الف) درست (۰/۲۵)، ب) نادرست (۰/۲۵)، ج) درست (۰/۲۵)، د) درست (۰/۲۵) ۲ الف) تاش گرمایی (۰/۲۵)، ب) ظرفیت گرمایی (۰/۲۵)، ج) گرمای نهان ذوب (۰/۲۵)، د) اثر گلخانه‌ای (۰/۲۵) ۳ الف) بی‌شکل (۰/۲۵)، ب) میان (۰/۲۵)،

ج) تاش (۰/۲۵)، د) مستقیم (۰/۲۵) ۴ الف) گزینه (د) (۰/۲۵)، ب) گزینه (ب) (۰/۲۵) $\Delta\theta = \frac{\Delta}{9} \Delta F = \frac{\Delta}{9} \times 81 = 45^\circ C$ (۰/۲۵)

۱۰۱ الف) اگر دو یا چند جسم گرم و سرد در تماس با یکدیگر قرار گیرند، گرما از اجسام گرم‌تر به اجسام سردتر منتقل می‌شود تا در نهایت همه اجسام به دمای ثابت برسند، به این حالت تعادل گرمایی می‌گویند. (ب) در روزهای سرد زمستان، هوای اطراف

سطح زمین سرد و چگالی آن زیاد و هوای لایه‌های بالاتر گرم‌تر و چگالی آنها کمتر است، تحت این شرایط همرفت طبیعی هوا متوقف می‌شود که به آن وارونگی هوا می‌گویند. (۰/۵) ۶ ساختار بلور یخ به گونه‌ای است که در برخی نقاط، مولکول‌ها به

هم نزدیک و در برخی نقاط از هم دوراند، در نتیجه حجم یخ بیشتر از آب است، از آنجا که در محدوده دمایی $0^\circ C$ تا $4^\circ C$ همرفت طبیعی ساختار مولکولی یخ در آب وجود دارد، با افزایش دما در این محدوده و از بین رفتن ساختار مولکولی یخ حجم آب کاهش

میرابد و بالعکس. (۰/۵) ۷ طول جسم، مساحت سطح مقطع جسم (اختلاف دما و جنس ماده نیز از عوامل دیگر است). (۰/۵) ۸ یخ زدن از سطح آب و نقاط نزدیک به دیوارهای ظرف شروع می‌شود، با کاهش دمای آب از $4^\circ C$ تا $0^\circ C$ حجم آب افزایش

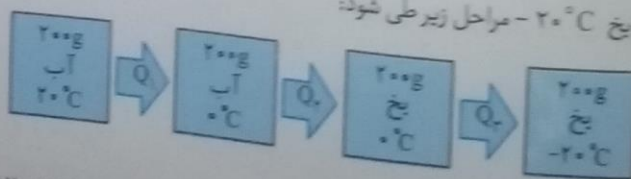
میرابد، مایع‌ها تراکم ناپذیرند؛ بنابراین در حین یخ زدن آب، از طرف دیواره ظرف افزایش حجم به تدریج به نقطه میانی ظرف منتقل می‌شود و باعث بالا آمدن سطح آب در حین انجماد می‌شود. (۰/۵)

$$\Delta T = 200 K, \Delta L = 0.01 L_1, \alpha = ?$$

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta T \rightarrow \alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \rightarrow \alpha = \frac{0.01 L_1}{L_1 \times 200} = \frac{0.01}{200} = 5 \times 10^{-5} \frac{1}{K} \rightarrow \alpha = 5 \times 10^{-5} \frac{1}{K} \quad (0/25)$$

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}, c_{\text{یخ}} = 2100 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}, L_f = 335000 \frac{J}{kg}, m = 200g = 0.2kg)$$

برای تبدیل آب $20^\circ C$ به یخ $-20^\circ C$ - مراحل زیر طی شود:



$$Q_1 = mc_{\text{آب}} \Delta\theta = 0.2 \times 4200 \times (0 - 20) = -16800 J \quad (0/25)$$

$$Q_2 = -mL_f = -0.2 \times 335000 = -67000 J \quad (0/25)$$

$$Q_3 = mc_{\text{یخ}} \Delta\theta = 0.2 \times 2100 \times (-20 - 0) = -8400 J \quad (0/25)$$

$$\rightarrow Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -16800 - 67000 - 8400 = -92200 J \rightarrow Q_{\text{کل}} = -92200 J \quad (0/25)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{فلز: } m_1 = 1 \text{ kg} , c_1 = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}} , \theta_1 = 80^\circ \text{C} \\ \text{آب: } m_2 = 500 \text{ g} = 0.5 \text{ kg} , c_2 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}} , \theta_2 = 10^\circ \text{C} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\text{دمای تعادل}} \theta = ?$$

$$Q_1 + Q_2 = 0 \rightarrow m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) = 0$$

$$\rightarrow 1 \times 900 \times (\theta - 80) + 0.5 \times 4200 \times (\theta - 10) = 0$$

$$\rightarrow 900\theta - 72000 + 2100\theta - 21000 = 0 \rightarrow 3000\theta - 93000 = 0 \rightarrow \theta = \frac{93000}{3000} = 31^\circ \text{C} \quad (0/25)$$

$$A = 3 \times 6 = 18 \text{ m}^2 , L = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m} , k = 0.2 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} , T_H - T_L = 30 - (-10) = 40 \text{ K}$$

$$H = k \frac{A(T_H - T_L)}{L} = \frac{0.2 \times 18 \times 40}{0.1} = 1440 \text{ W} \rightarrow H = 1440 \text{ W} \quad (0/25)$$

۱۳ ابتدا با استفاده از قانون گازها و با فرض ثابت بودن دما، فشار در ته دریاچه را محاسبه می‌کنیم:

$$P_2 = P_1 = 10^5 \text{ Pa} , V_2 = \gamma V_1$$

$$\frac{P_1 V_1}{\gamma} = \frac{P_2 V_2}{\gamma} \xrightarrow{\text{دما ثابت}} P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\rightarrow P_1 \gamma V_1 = 10^5 \times \gamma V_1 \rightarrow P_1 = \gamma \times 10^5 \text{ Pa} \quad (0/25)$$

حال با توجه به رابطه $P = P_0 + \rho gh$ عمق دریاچه محاسبه می‌شود:

$$P = P_0 + \rho gh \rightarrow \gamma \times 10^5 = 10^5 + 1000 \times 10 \times h \rightarrow \gamma \times 10^5 - 10^5 = 10^4 h \rightarrow 6 \times 10^5 = 10^4 h$$

$$\rightarrow h = \frac{6 \times 10^5}{10^4} = 60 \text{ m} \rightarrow h = 60 \text{ m} \quad (0/25)$$

ترمودینامیک

کلیدواژه

حالت - متغیر ترمودینامیکی - فرایند های ترمودینامیکی - انرژی درونی - منبع گرما - قانون اول ترمودینامیکی - صیغه
 پدیدارشناسی - ماشین گرمایی - بازده - قانون دوم ترمودینامیک - صرف عملکرد یخچال

مفاهیم اساسی

علم ترمودینامیک

علم ترمودینامیک علمی است که به مطالعه رابطه بین گرما و کار و تبدیل گرما به کار مکانیکی می‌پردازد.

دستگاه جسمی است که با محیط پیرامون خود گرما و کار مبادله می‌کند.

محیط اجسام پیرامون دستگاه را که با دستگاه تبادل انرژی دارند محیط می‌گویند.

تبادل انرژی ترمودینامیکی اگر در حجم معینی از یک گاز، دما و فشار در همه نقاط گاز ثابت باشد، تعادل ترمودینامیکی رخ داده است.
 متغیرهای ترمودینامیکی کمیت‌های فشار، حجم و دما (T, V, P) را که حالت تعادل دستگاه با آنها مشخص می‌شود متغیرهای ترمودینامیکی می‌گویند.

معادله حالت گاز رابطه بین متغیرهای ترمودینامیکی یک گاز را معادله حالت گاز می‌گویند. معادله حالت برای یک گاز ایده‌آل برابر است با:
 $PV = nRT$

فرایند ترمودینامیکی تغییر دستگاه از یک حالت تعادل به حالت تعادل دیگر را فرایند ترمودینامیکی می‌گویند.

فرایند ایستوار فرایندی که در آن دستگاه همواره نزدیکی به حالت تعادل است را ایستوار می‌گویند.

گرما انرژی‌ای است که به دلیل اختلاف دما بین دو جسم مبادله می‌شود.

منبع گرمایی جسمی است که با مبادله گرما، تغییر دمای محسوس نمی‌کند.

انرژی درونی برابر است با مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل ذرات یک جسم که آن را با نشان می‌دهند.
 نکته مهم انرژی درونی یک گاز کامل فقط تابع دمای مطلق گاز است.

نکته تبادل انرژی بین دستگاه و محیط از طریق گرما و کار صورت می‌گیرد.

نکته تغییر انرژی درونی به گرما و کار مبادله شده بین دستگاه و محیط بستگی دارد.

قانون اول ترمودینامیک اگر در یک فرایند ایستوار، دستگاه گرمای Q را بگیرد و کار W روی آن انجام شود، تغییر انرژی درونی دستگاه برابر است با مجموع گرمای داده شده به دستگاه و کار انجام شده روی آن:
 $\Delta U = Q - W$

نکته مهم: اگر به دستگاه گرما داده شود علامت Q مثبت و اگر از دستگاه گرما 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 روی محیط کار انجام دهد (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) می‌رسانند، تغییر انرژی درونی یکسانی دارند ولی کار و گرمای مبادله شده در آنها می‌تواند متفاوت باشد.

نکته: در تبادل کار و گرمای یک دستگاه یا محیط، انرژی درونی می‌تواند افزایش یابد ($\Delta U > 0$) یا کاهش یابد ($\Delta U < 0$) یا تغییر نکند. ($\Delta U = 0$)

مثال ۱: در یک فرایند ترمودینامیکی بر روی دستگاه 450 J کار انجام شده و 250 J گرما توسط دستگاه از محیط گرفته شده است. تغییر انرژی درونی دستگاه چقدر است؟

$W = +450 \text{ J}, Q = +250 \text{ J}$

$\Delta U = Q - W = 450 + 250 = 700 \rightarrow \Delta U = 700 \text{ J}$

دستگاه 400 J کار روی محیط انجام دهد، تغییر انرژی

$Q = +1500 \text{ J}, W = -400 \text{ J}$

$\Delta U = Q - W = +1500 - 400 = +1100 \rightarrow \Delta U = 1100 \text{ J}$

علامت مثبت نشان دهنده آن است که انرژی درونی دستگاه افزایش یافته است.

ویژه دانش آموزان رشته ریاضی و فیزیک

ترمودینامیک

کلیدواژه

مطالعه حالت - متغیر ترمودینامیکی - فرایندهای ترمودینامیکی - انرژی درونی - منبع گرما - قانون اول ترمودینامیکی - چرخه ترمودینامیکی - ماشین گرمایی - بازده - قانون دوم ترمودینامیک - ضریب عملکرد یخچال

مباحث آموزشی

علم ترمودینامیک
 ترمودینامیک علمی است که به مطالعه رابطه بین گرما و کار و تبدیل گرما به کار مکانیکی می‌پردازد.
 دستگاه اجسمی است که با محیط بیرونی خود گرما و کار مبادله می‌کند.
 محیط اجسام بیرونی دستگاه را که با دستگاه تبادل انرژی دارند محیط می‌گویند.
 تعادل ترمودینامیکی اگر در حجم معینی از یک گاز، دما و فشار در همه نقاط گاز ثابت باشد، تعادل ترمودینامیکی رخ داده است.
 متغیرهای ترمودینامیکی کمیت‌های فشار، حجم و دما (T و V, P) را که حالت تعادل دستگاه با آنها مشخص می‌شود متغیرهای ترمودینامیکی می‌گویند.
 معادله حالت گاز رابطه بین متغیرهای ترمودینامیکی یک گاز را معادله حالت گاز می‌گویند. معادله حالت برای یک گاز آرمانی برابر
 $PV = nRT$
 است یا:

فرایند ترمودینامیکی تغییر دستگاه از یک حالت تعادل به حالت تعادل دیگر را فرایند ترمودینامیکی می‌گویند.
 فرایند ایستوار فرایندی که در آن دستگاه همواره نزدیک به حالت تعادل است را ایستوار می‌گویند.
 گرما انرژی‌ای است که به دلیل اختلاف دما بین دو جسم مبادله می‌شود.
 منبع گرمایی جسمی است که با مبادله گرما، تغییر دمای محسوسی نمی‌کند.
 انرژی درونی برابر است با مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل ذرات یک جسم که آن را با U نشان می‌دهند.
 نکته مهم انرژی درونی یک گاز کامل فقط تابع دمای مطلق گاز است.
 نکته تبادل انرژی بین دستگاه و محیط از طریق گرما و کار صورت می‌گیرد.
 نکته تغییر انرژی درونی به گرما و کار مبادله شده بین دستگاه و محیط بستگی دارد.
 قانون اول ترمودینامیک: اگر در یک فرایند ایستوار، دستگاه گرمای Q را بگیرد و کار W روی آن انجام شود، تغییر انرژی درونی دستگاه برابر است با مجموع گرمای داده شده به دستگاه و کار انجام شده روی آن:
 $\Delta U = Q + W$
 نکته مهم اگر به دستگاه گرما داده شود علامت Q مثبت و اگر از دستگاه گرما 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 روی محیط کار انجام دهد (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) می‌رسانند، تغییر انرژی درونی یکسانی دارند ولی کار و گرمای مبادله شده در آنها می‌تواند متفاوت باشد.
 نکته: در تبادل کار و گرمای یک دستگاه با محیط، انرژی درونی می‌تواند افزایش یابد $(\Delta U > 0)$ یا کاهش یابد $(\Delta U < 0)$ یا تغییر نکند $(\Delta U = 0)$.
 مثال ۱: در یک فرایند ترمودینامیکی بر روی دستگاه ۴۵۰J کار انجام شده و ۲۵۰J گرما توسط دستگاه از محیط گرفته شده است. تغییر انرژی درونی دستگاه چقدر است؟
 $W = +450J, Q = +250J$
 $\Delta U = Q + W = 450 + 250 = 700J \rightarrow \Delta U = 700J$
 مثال ۲: اگر در یک فرایند ترمودینامیکی ۱۵۰۰J گرما به دستگاه داده شود، دستگاه ۴۰۰J کار روی محیط انجام دهد، تغییر انرژی درونی دستگاه چقدر است؟
 $Q = +1500J, W = -400J$
 $\Delta U = Q + W = +1500 - 400 = +1100J \rightarrow \Delta U = 1100J$
 علامت مثبت نشان‌دهنده آن است که انرژی درونی دستگاه افزایش یافته است.

ویژه دانش آموزان رشته ریاضی و فیزیک

ترمودینامیک

کلیدواژه

دوره حالت - متغیر ترمودینامیکی - فرایندهای ترمودینامیکی - انرژی درونی - منبع گرما - قانون اول ترمودینامیک - چرخه ترمودینامیکی - ماشین گرمایی - بازده - قانون دوم ترمودینامیک - ضریب عملکرد یخچال

مشاهده بیشتر

علم ترمودینامیک

ترمودینامیک علمی است که به مطالعه رابطه بین گرما و کار و تبدیل گرما به کار مکانیکی می‌پردازد. دستگاه اجسامی است که با محیط پیرامون خود گرما و کار مبادله می‌کند.

محیط اجسام پیرامون دستگاه را که با دستگاه تبادل انرژی دارند محیط می‌گویند.

مادل ترمودینامیکی اگر در حجم معینی از یک گاز، دما و فشار در همه نقاط گاز ثابت باشد، تعادل ترمودینامیکی رخ داده است. متغیرهای ترمودینامیکی کمیت‌های فشار، حجم و دما (T و V, P) را که حالت تعادل دستگاه با آنها مشخص می‌شود متغیرهای ترمودینامیکی می‌گویند.

معادله حالت گاز رابطه بین متغیرهای ترمودینامیکی یک گاز را معادله حالت گاز می‌گویند. معادله حالت برای یک گاز آرمانی برابر است با:

$$PV = nRT$$

فرایند ترمودینامیکی تغییر دستگاه از یک حالت تعادل به حالت تعادل دیگر را فرایند ترمودینامیکی می‌گویند.

فرایند ایستوار فرایندی که در آن دستگاه همواره نزدیک به حالت تعادل است را ایستوار می‌گویند.

گرما انرژی‌ای است که به دلیل اختلاف دما بین دو جسم مبادله می‌شود.

منبع گرمایی جسمی است که با مبادله گرما، تغییر دمای محسوسی نمی‌کند.

انرژی درونی برابر است با مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل ذرات یک جسم که آن را با U نشان می‌دهند.

نکته مهم انرژی درونی یک گاز کامل فقط تابع دمای مطلق گاز است.

نکته تبادل انرژی بین دستگاه و محیط از طریق گرما و کار صورت می‌گیرد.

نکته تغییر انرژی درونی به گرما و کار مبادله شده بین دستگاه و محیط بستگی دارد.

قانون اول ترمودینامیک: اگر در یک فرایند ایستوار، دستگاه گرمای Q را بگیرد و کار W روی آن انجام شود، تغییر انرژی درونی دستگاه برابر است با مجموع گرمای داده شده به دستگاه و کار انجام شده روی آن:

$$\Delta U = Q + W$$

نکته مهم: اگر به دستگاه گرما داده شود علامت Q مثبت و اگر از دستگاه گرما 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 روی محیط کار انجام دهد (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) می‌رسانند، تغییر انرژی درونی یکسانی دارند ولی کار و گرمای مبادله شده در آنها می‌تواند متفاوت باشد.

نکته: در تبادل کار و گرمای یک دستگاه با محیط، انرژی درونی می‌تواند افزایش یابد ($\Delta U > 0$) یا کاهش یابد ($\Delta U < 0$) یا تغییر نکند. ($\Delta U = 0$)

$$W = +450 \text{ J}, Q = +250 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q + W = 450 + 250 = 700 \text{ J} \rightarrow \Delta U = 700 \text{ J}$$

تعبیر انرژی درونی دستگاه چقدر است؟

$$Q = +1500 \text{ J}, W = -400 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q + W = +1500 - 400 = +1100 \text{ J} \rightarrow \Delta U = 1100 \text{ J}$$

تعبیر انرژی درونی دستگاه چقدر است؟

علامت مثبت نشان دهنده آن است که انرژی درونی دستگاه افزایش یافته است.

مثال ۳: در یک فرایند ترمودینامیکی کار انجام شده توسط دستگاه ۲۰۰ J و تغییر انرژی درونی دستگاه ۱۲۰۰ J است. گرمای مبادله شده را محاسبه کنید.

$$W = -200 \text{ J}, \Delta U = -1200 \text{ J}$$

وقتی کار انجام شد توسط دستگاه ۲۰۰ J باشد کار انجام شده بر روی دستگاه ۲۰۰ J است:

$$\Delta U = Q + W \rightarrow -1200 = Q - 200 \rightarrow Q = -1000 \text{ J}$$

علامت Q منفی است پس در این فرایند ۱۰۰۰ J گرما از دستگاه گرفته شده است.

نکته: با انجام هر فعالیتی طبق قانون اول ترمودینامیک انرژی درونی بدن به کار و گرما تبدیل می‌شود.

نکته: آهنگ سوخت و ساز بدن، آهنگ تبدیل انرژی شیمیایی مواد غذایی به انرژی درونی است که بر حسب کیلوکالری بر ساعت

$$\left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right) \text{ یا وات بیان می‌شود.}$$

فرایندهای خاصی

چند نوع فرایند ترمودینامیکی که به بررسی آنها می‌پردازیم عبارتند از:

- ۱- فرایند هم‌حجم
- ۲- فرایند هم‌فشار
- ۳- فرایند هم‌دما
- ۴- فرایند بی‌دررو

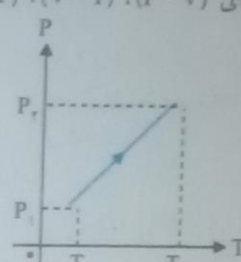
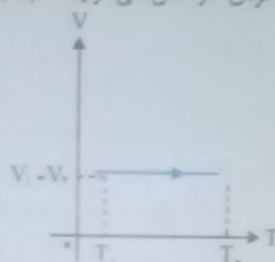
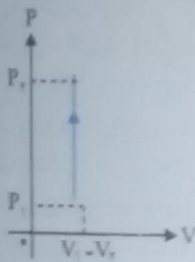
فرایند هم‌حجم

فرایندی که در آن حجم گاز ثابت می‌ماند فرایند هم‌حجم نام دارد. در این فرایند چون حجم گاز تغییری نمی‌کند؛ کار انجام شده روی

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{W=0} \Delta U = Q$$

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 کامل طی فرایند هم‌حجم به صورت زیر است:



نکته: اگر گاز به صورت هم‌حجم گرما از دست دهد جهت پیکان‌ها وارونه می‌شود.

گرمای ویژه مولی گاز در حجم ثابت C_V مقدار گرمایی است که دمای یک مول از گاز را در حجم ثابت، ΔK افزایش می‌دهد.

محاسبه گرما در فرایند هم‌حجم

گرمای مبادله شده در فرایند هم‌حجم از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q = nC_V\Delta T$$

که در این رابطه: n : تعداد مول گاز

C_V : گرمای ویژه مولی گاز بر حسب $\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$, ΔT : افزایش دمای گاز بر حسب کلوین یا درجه سلسیوس است.

نکته: گرمای ویژه مولی در گازهای کامل تک‌اتمی تقریباً برابر با $\frac{5}{2}R$ و در گازهای کامل دو‌اتمی تقریباً برابر با $\frac{5}{2}R$ است.

$$C_V = \frac{5}{2}R \text{ دو‌اتمی}$$

$$C_V = \frac{3}{2}R \text{ تک‌اتمی}$$

$$\left(\frac{R = 8.31 \text{ J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right) \text{ ثابت جهانی گازها}$$

$$\Delta U = Q = nC_V\Delta T$$

نتیجه مهم در فرایند هم‌حجم، رابطه گرما و تغییر انرژی درونی به صورت زیر است:

مثال ۱: اگر به ۲ مول گاز کامل دو‌اتمی در حجم ثابت، ۴۰۰ J گرما دهیم دمای آن چه مقدار افزایش می‌یابد؟ ($R = \frac{8.31 \text{ J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$)

$$n = 2 \text{ mol}, \Delta T = ?, Q = +400 \text{ J}, \text{حجم ثابت, دو‌اتمی}$$

$$Q = nC_V\Delta T \xrightarrow{C_V = \frac{5}{2}R} Q = n \times \frac{5}{2}R \times \Delta T \rightarrow +400 = 2 \times \frac{5}{2} \times 8.31 \times \Delta T \rightarrow 400 = 41.55 \Delta T$$

$$\rightarrow \Delta T = \frac{400}{41.55} = 9.6 \text{ K}$$

مثال ۲: اگر دمای ۳ مول گاز کامل تک‌اتمی در حجم ثابت، ۲۰ K افزایش یابد تغییر انرژی درونی گاز چقدر است؟

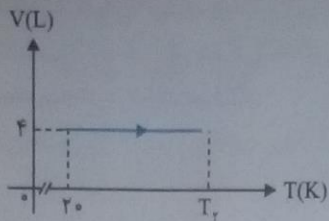
$$n = 3 \text{ mol}, \Delta T = 20 \text{ K}, \Delta U = ?$$

$$\left(\frac{R = 8.31 \text{ J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right)$$

$$\Delta U = Q = nC_V \Delta T \xrightarrow{C_V = \frac{3}{2}R} \Delta U = n \times \frac{3}{2} R \times \Delta T$$

$$= 3 \times \frac{3}{2} \times 8 \times 20 = 720 \text{ J} \rightarrow \Delta U = 720 \text{ J}$$

مثال ۳: شکل زیر نمودار $V-T$ ، ۲ مول گاز کامل تک اتمی را طی فرایندی هم حجم نشان می‌دهد. اگر گرمای مبادله شده طی این فرایند، ۹۶ ج باشد، دما و فشار نهایی گاز را محاسبه کنید. ($R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$)



تک اتمی، هم حجم. $n = 2 \text{ mol}$
 $V_1 = V_2 = 4 \text{ L} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $T_1 = 20 \text{ K}$
 $Q = +96 \text{ J}$, $T_2 = ?$, $P_2 = ?$

$$Q = nC_V \Delta T \rightarrow Q = n \times \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) \rightarrow 96 = 2 \times \frac{3}{2} \times 8 \times (T_2 - 20) \rightarrow 96 = 24(T_2 - 20)$$

$$T_2 - 20 = \frac{96}{24} = 4 \rightarrow T_2 = 4 + 20 = 24 \text{ K} \rightarrow T_2 = 24 \text{ K}$$

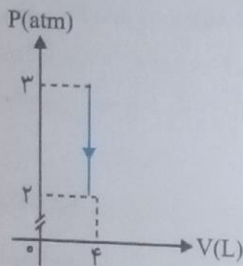
دمای نهایی: $T_2 = 24 \text{ K}$

$$P_2 V_2 = nRT_2 \rightarrow P_2 \times 4 \times 10^{-3} = 2 \times 8 \times 24 \rightarrow P_2 = \frac{384}{4 \times 10^{-3}} = 96 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$\rightarrow P_2 = 96 \times 10^3 \text{ Pa}$$

فشار نهایی: $P_2 = 96 \times 10^3 \text{ Pa}$

مثال ۴: شکل زیر نمودار $P-V$ یک مول گاز کامل تک اتمی را طی یک فرایند هم حجم نشان می‌دهد:



هم حجم، تک اتمی $P_1 = 3 \text{ atm} = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$

$P_2 = 2 \text{ atm} = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$

$V_1 = V_2 = 4 \text{ L} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

$n = 1 \text{ mol}$

(الف) گرمای مبادله شده گاز را محاسبه کنید. ($R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$)

$$Q = nC_V \Delta T = n \times \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (nRT_2 - nRT_1) \xrightarrow{PV=nRT} Q = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$\rightarrow Q = \frac{3}{2} (2 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3} - 3 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3}) = \frac{3}{2} (800 - 1200) = \frac{3}{2} \times (-400) = -600 \text{ J}$$

$$\rightarrow Q = -600 \text{ J}$$

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؟

$$P_2 V_2 = nRT_2 \rightarrow T_2 = \frac{P_2 V_2}{nR} = \frac{2 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3}}{1 \times 8} = 100 \text{ K} \rightarrow T_2 = 100 \text{ K}$$

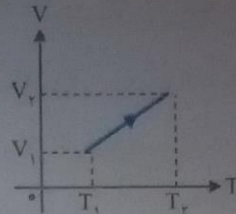
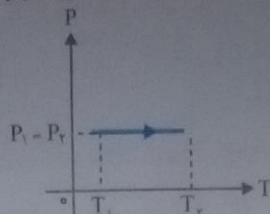
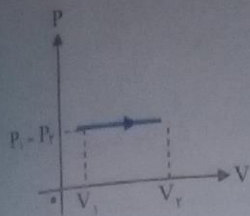
(د) دمای اولیه گاز چقدر است؟

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{V_1=V_2} \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow \frac{3 \text{ atm}}{T_1} = \frac{2 \text{ atm}}{100} \rightarrow T_1 = \frac{100 \times 3}{2} = 150 \text{ K} \rightarrow T_1 = 150 \text{ K}$$

فرایند هم فشار

فرایندی که در آن فشار گاز ثابت است، فرایند هم فشار نام دارد.

نمودارهای $P-V$ ، $P-T$ و $V-T$ برای یک فرایند انبساط هم فشار به صورت زیر است:



نکته: اگر گاز در فرایند هم فشار متراکم شود جهت پیکان‌ها وارونه می‌شود.

نکته: در فرایند هم فشار هم کار و هم گرما بین دستگاه و محیط مبادله می‌شود.

محاسبه کار در فرایند هم فشار:

کار محیط روی دستگاه در فرایند هم فشار از رابطه زیر به دست می‌آید:

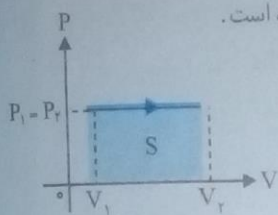
$$W = -P \Delta V$$

طبق رابطه فوق:

اگر گاز منبسط شود $\Delta V > 0 \Rightarrow$ علامت W (کار محیط روی دستگاه) منفی است.

اگر گاز متراکم شود $\Delta V < 0 \Rightarrow$ علامت W (کار محیط روی دستگاه) مثبت است.

نکته مهم: مساحت زیر نمودار $P-V$ در فرایند هم فشار برابر قدرمطلق کار محیط روی دستگاه است.



$$S = |W|$$

نکته: در حالت کلی می‌توان نشان داد برای تمام فرایندها، مساحت زیر نمودار $P-V$ برابر با

قدرمطلق 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 می‌آید:

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 $\frac{5}{2}R$ و برای گازهای کامل دواتمی تقریباً برابر با $\frac{7}{2}R$ است.

نتیجه مهم: کار، گرما و تغییر انرژی درونی در فرایند هم فشار به صورت زیر است:

$$W = -P \Delta V, \quad Q = nC_p \Delta T, \quad \Delta U = Q + W$$

مثال ۱: حجم گاز کاملی در دمای $27^\circ C$ برابر $3L$ است. اگر در فشار ثابت $1/5 \text{ atm}$ دمای آن را به $127^\circ C$ برسانیم. کاری که

گاز روی محیط انجام می‌دهد. چقدر است؟ $(R = 8 \frac{J}{\text{mol.K}})$

$$T_1 = 27 + 273 = 300K, \quad V_1 = 3L = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3, \quad W = ?$$

$$T_2 = 127 + 273 = 400K, \quad P_1 = P_2 = 1/5 \text{ atm} = 1/5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

برای محاسبه W باید ابتدا حجم نهایی گاز (V_2) را با استفاده از قانون گازها محاسبه کنیم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \text{هم فشار} \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{3}{300} = \frac{V_2}{400} \rightarrow V_2 = \frac{3 \times 400}{300} = 4L$$

$$\rightarrow V_2 = 4L = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

کار محیط روی گاز برابر است با:

$$W = -P \Delta V = -P(V_2 - V_1) = -1/5 \times 10^5 (4 \times 10^{-3} - 3 \times 10^{-3}) = -1/5 \times 10^5 \times 10^{-3} = -150J$$

$$\rightarrow W = -150J$$

$$= \text{کار محیط روی گاز} = -(-150J) = 150J$$

مثال ۲: حجم ۰/۵ mol گاز کامل تک اتمی در فشار ثابت ۲ atm از ۲ L به ۰/۵ L کاهش می‌یابد؛ کار انجام شده روی گاز چقدر است؟

$$n = 0.5 \text{ mol}, P_1 = P_2 = 2 \text{ atm} = 2 \times 10^5 \text{ Pa}, V_1 = 2 \text{ lit} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0.5 \text{ L} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \quad \text{فشار ثابت، تک اتمی}$$

$$W = -P\Delta V = -2 \times 10^5 \times (0.5 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3}) = -2 \times 10^5 \times (-1.5) \times 10^{-3} = 3 \times 10^2 = 300 \text{ J}$$

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

با گرمای مبادله شده بین گاز و محیط چقدر است؟

$$Q = nC_p\Delta T = n \times \frac{5}{2}R(T_2 - T_1) = \frac{5}{2}(nRT_2 - nRT_1) = \frac{5}{2}(P_2V_2 - P_1V_1)$$

$$= \frac{5}{2}(2 \times 10^5 \times 0.5 \times 10^{-3} - 2 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3})$$

$$\rightarrow Q = \frac{5}{2}(100 - 400) = \frac{5}{2} \times (-300) = -750 \text{ J} \rightarrow Q = -750 \text{ J}$$

علامت Q منفی است، بنابراین گاز گرما از دست داده است.

(چ تغییر انرژی درونی گاز را محاسبه کنید.)

$$\Delta U = Q + W = -750 + 300 = -450 \text{ J} \rightarrow \Delta U = -450 \text{ J}$$

اگر دمای اولیه گاز ۱۰۰ K باشد دمای نهایی آن چقدر است؟

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \xrightarrow{P_1=P_2} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{2}{100} = \frac{0.5}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{100 \times 0.5}{2} = 25 \text{ K} \rightarrow T_2 = 25 \text{ K}$$

مثال ۳: اگر به ۴ لیتر گاز کامل دو اتمی با دمای اولیه ۱۰۰ K در فشار جو ($1 \times 10^5 \text{ Pa}$)، ۵۶۰ J گرما دهیم دمای نهایی آن چقدر

$$\text{می‌شود؟ } (R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}})$$

$$V_1 = 4 \text{ L} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3, T_1 = 100 \text{ K}, P_1 = P_2 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}, Q = +560 \text{ J}, \text{ دو اتمی, هم فشار, } T_2 = ?$$

$$Q = nC_p\Delta T \rightarrow Q = n \times \frac{5}{2}R(T_2 - T_1)$$

برای محاسبه T_2 در رابطه فوق ابتدا باید تعداد مول گاز را با استفاده از قانون گازها محاسبه کنیم:

$$P_1V_1 = nRT_1 \rightarrow n = \frac{P_1V_1}{RT_1} = \frac{1 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3}}{8 \times 100} = \frac{400}{800} = \frac{1}{2} \text{ mol} \rightarrow n = \frac{1}{2} \text{ mol}$$

$$Q = n \times \frac{5}{2}R(T_2 - T_1) \rightarrow 560 = \frac{1}{2} \times \frac{5}{2} \times 8 \times (T_2 - 100) \rightarrow 560 = 14(T_2 - 100)$$

$$\rightarrow T_2 - 100 = \frac{560}{14} = 40$$

$$T_2 - 100 = 40 \rightarrow T_2 = 140 \text{ K} \quad \text{دمای نهایی گاز}$$

مثال ۴: مقداری گاز کامل تک اتمی در یک انبساط هم فشار، ۳۰۰ J گرما دریافت می‌کند. کار انجام شده در این فرایند چقدر است؟ $Q = +300 \text{ J}$, هم فشار، تک اتمی $W = ?$

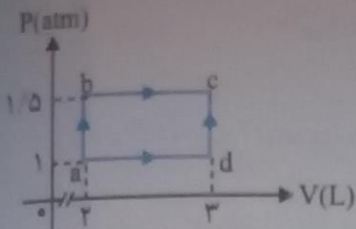
$$Q = nC_p\Delta T = n \times \frac{5}{2}R(T_2 - T_1) = \frac{5}{2}(nRT_2 - nRT_1) = \frac{5}{2}(P_2V_2 - P_1V_1)$$

$$\xrightarrow{P_2=P_1=P} Q = \frac{5}{2}P(V_2 - V_1)$$

$$\rightarrow Q = \frac{5}{2}P\Delta V \rightarrow 300 = \frac{5}{2}P\Delta V \rightarrow P\Delta V = \frac{600}{5} = 120 \rightarrow P\Delta V = 120$$

$$W = -P\Delta V \rightarrow W = -120 \text{ J}$$

مثال ۵: مقداری گاز کامل تک اتمی مطابق شکل زیر از دو مسیر abc و adc به طور آرمانی از حالت اولیه a به حالت نهایی c رفته است. الف) تغییر انرژی درونی گاز در مسیر abc چقدر است؟



هم فشار → فرایند bc . هم حجم → فرایند ab

$$\Delta U_{abc} = W_{abc} + Q_{abc} = (W_{ab} + W_{bc}) + (Q_{ab} + Q_{bc})$$

مقدار کار و گرماهای هر مسیر را جداگانه محاسبه می‌کنیم:

$$W_{ab} = 0 \rightarrow \text{فرایند ab هم حجم است.}$$

$$W_{bc} = -P\Delta V = -1/5 \times 10^5 \times (3 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3}) \\ = -1/5 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-3} = -150 \text{ J} \rightarrow W_{bc} = -150 \text{ J}$$

$$Q_{ab} = nC_V\Delta T = n \times \frac{3}{2} R(T_b - T_a) = \frac{3}{2} (nRT_b - nRT_a) = \frac{3}{2} (P_b V_b - P_a V_a)$$

$$\rightarrow Q_{ab} = \frac{3}{2} (1/5 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-3} - 1 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3}) = \frac{3}{2} (300 - 200) = 150 \text{ J} \rightarrow Q_{ab} = 150 \text{ J}$$

$$Q_{bc} = nC_P\Delta T = n \times \frac{5}{2} R(T_c - T_b) = \frac{5}{2} (nRT_c - nRT_b) = \frac{5}{2} (P_c V_c - P_b V_b)$$

$$\rightarrow Q_{bc} = \frac{5}{2} (1/5 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-3} - 1/5 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3}) = \frac{5}{2} (300 - 200) = 375 \text{ J} \rightarrow Q_{bc} = 375 \text{ J}$$

$$\Delta U_{abc} = (0 - 150) + (150 + 375) = 375 \text{ J} \rightarrow \Delta U_{abc} = 375 \text{ J}$$

ب) تغییر انرژی درونی در مسیر adc چقدر است؟

فرایندهایی که از حالت اولیه یکسان به حالت نهایی یکسان می‌رسند تغییر انرژی درونی یکسانی دارند بنابراین:

$$\Delta U_{adc} = 375 \text{ J}$$

فرایند هم‌دما

فرایندی که در آن دما ثابت است فرایند هم‌دما نام دارد. در این فرایند تغییر انرژی درونی صفر است و در نتیجه:

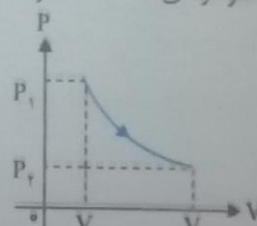
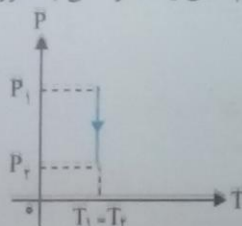
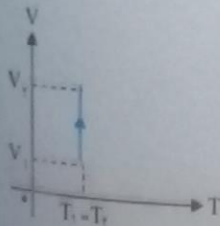
$$\Delta U = Q + W \rightarrow Q = -W$$

نکته: طبق رابطه فوق در فرایند هم‌دما Q و W قرینه یکدیگر هستند بنابراین:

در تراکم هم‌دما چون کار انجام شده روی گاز (W) مثبت است علامت (Q) منفی است. یعنی گاز گرما از دست داده است.

در انبساط هم‌دما نیز چون کار انجام شده روی گاز (W) منفی است، علامت (Q) مثبت است. یعنی گاز گرما گرفته است.

نکته: نمودارهای P-V، P-T، V-T، انبساط هم‌دمای یک گاز کامل به صورت زیر است:



مثال ۱۱: مقداری گاز کامل را در دمای ثابت از حالت اولیه $V_1 = 5 \text{ L}$ و $P_1 = 3 \text{ atm}$ تا حالت نهایی با فشار $P_2 = 6 \text{ atm}$ متراکم می‌کنیم.

الف) حجم نهایی گاز را محاسبه و نمودار P-V آن را رسم کنید.

$$V_1 = 5 \text{ L} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3, \quad P_1 = 3 \text{ atm} = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 6 \text{ atm} = 6 \times 10^5 \text{ Pa}, \quad V_2 = ?$$

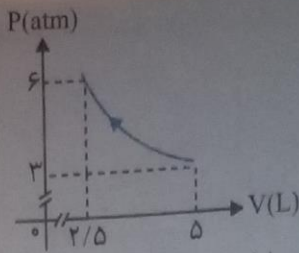
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow 3 \times 5 = 6 \times V_2$$

پایه دهم ریاضی (دوره دوم متوسطه)

دروس پایه

فرایند تراکم هم دماست که نمودار آن به صورت زیر است:

$$\rightarrow V_1 = \frac{15}{6} = 2.5L \rightarrow V_2 = 2.5L$$



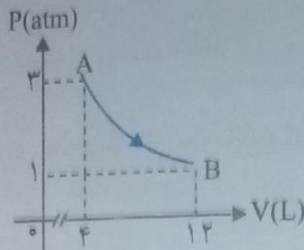
ب) اگر مساحت سطح زیر نمودار 400 J باشد، کار انجام شده بر روی گاز و گرمای مبادله شده را به دست آورید.

می دانیم قدرمطلق کار در هر فرایند برابر است با مساحت سطح زیر نمودار P-V در آن فرایند بنابراین:

$$|W| = S = 400J \xrightarrow{\text{تراکم}} W = +400J$$

$$\text{در فرایند هم دما: } Q = -W \rightarrow Q = -400J$$

مثال 2: در شکل زیر نمودار P-V برای 0.5 mol گاز کامل تک اتمی رسم شده است:



الف) دمای گاز در نقطه A چند کلوین است؟ $(R = 8 \frac{J}{mol \cdot K})$

$$P_A = 3 \text{ atm} = 3 \times 10^5 \text{ Pa}, \quad V_A = 4L = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$P_B = 1 \text{ atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}, \quad V_B = 12L = 12 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$P_A V_A = nRT_A \rightarrow T_A = \frac{P_A V_A}{nR} = \frac{3 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3}}{0.5 \times 8} = \frac{12 \times 10^2}{4} = 300K \rightarrow T_A = 300K$$

ب) تغییر انرژی درونی گاز طی این فرایند چقدر است؟

$$P_A V_A = P_B V_B$$

ابتدا باید از هم دما بودن این فرایند مطمئن شویم. این فرایند در صورتی هم دماست که:

$$P_A V_A = 3 \times 4 = 12$$

$$P_B V_B = 1 \times 12 = 12$$

$$\rightarrow P_A V_A = P_B V_B \rightarrow \Delta U = 0$$

ج) اگر گرمای مبادله شده طی این فرایند 130 J باشد کار انجام شده بر روی گاز چقدر است؟

$$\Delta U = Q + W \rightarrow 0 = Q + W \rightarrow W = -Q \rightarrow W = -130J$$

فرایند بی دررو

اگر در طول فرایندی بین دستگاه و محیط، گرمایی مبادله نشود به این فرایند، بی دررو می گوئیم. قانون اول ترمودینامیک در مورد

$$\Delta U = Q + W \rightarrow \Delta U = W$$

فرایند بی دررو به صورت زیر است:

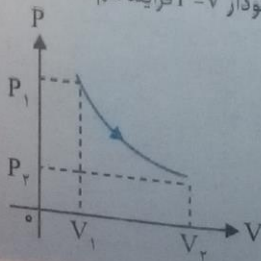
در انبساط بی دررو چون کار محیط روی دستگاه (W) منفی است پس ΔU هم منفی است یعنی انرژی درونی گاز کاهش می یابد.

در تراکم بی دررو چون کار محیط روی دستگاه (W) مثبت است پس ΔU هم مثبت است یعنی انرژی درونی گاز افزایش می یابد.

نکته: برای انجام فرایند بی دررو یا باید دستگاه را کاملاً عایق بندی کرده و تراکم و انبساط را به آهستگی انجام دهیم و یا

اینکه دستگاه را چنان با سرعت متراکم یا منبسط کنیم که گاز فرصت تبادل گرما با محیط را پیدا نکند.

نکته: نمودار P-V فرایند بی دررو منحنی شبیه نمودار P-V فرایند هم دما است:



الف) فشار نهایی در تراکم هم‌دما چقدر است؟

$T_{\text{ابتدایی}} = 300\text{K}$, $T_{\text{اواسطی}} = 300\text{K}$, $P_{\text{اواسطی}} = 2\text{atm} = 2 \times 10^5\text{Pa}$, $n = 2\text{mol}$
 $T_{\text{پایانی}} = 300\text{K}$, $T_{\text{اواسطی}} = 400\text{K}$, $P_{\text{پایانی}} = ?$

مطابق قانون گازها: $PV = nRT \rightarrow nR = \frac{PV}{T} \rightarrow \left(\frac{P_1 V_1}{T_1}\right)_{\text{اواسطی}} = \left(\frac{P_2 V_2}{T_2}\right)_{\text{اواسطی}}$

$\frac{V_{\text{اواسطی}} = V_{\text{اواسطی}}}{V_{\text{پایانی}}} \times \left(\frac{P_1}{T_1}\right)_{\text{اواسطی}} = \left(\frac{P_2}{T_2}\right)_{\text{اواسطی}}$

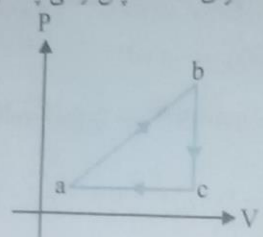
$\rightarrow \frac{P_{\text{پایانی}}}{300} = \frac{2}{400} \rightarrow P_{\text{پایانی}} = \frac{300 \times 2}{400} = 1.5\text{atm} \rightarrow P_{\text{پایانی}} = 1.5\text{atm}$

ب) تغییر انرژی درونی در فرایند بی‌دررو چقدر است؟ $(R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}})$

می‌دانیم تغییر انرژی درونی در هر فرایند برابر است با:

$\Delta U = nC_V \Delta T \rightarrow \Delta U = 2 \times \frac{5}{2} \times 8 \times (400 - 300) = 2000\text{J} \rightarrow \Delta U = 2000\text{J}$

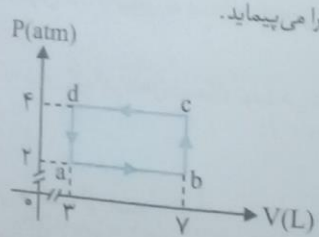
چرخه ترمودینامیکی زنجیره‌ای از فرایندها است که در آن دستگاه پس از طی چند فرایند به حالت اولیه خود بازمی‌گردد. مثال:



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:

در چرخه ترمودینامیکی $Q + W = \Delta U \rightarrow Q + W = 0 \rightarrow Q = -W$

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 پادساعتگرد باشد کار انجام شده بر روی دستگاه مثبت است. مثال ۱: گازی چرخه ترمودینامیکی فرضی زیر را می‌پیماید.



الف) کار انجام شده بر روی گاز در این چرخه چقدر است؟

$|W| = S_{\text{abcd}} = (7-3) \times 10^{-2} \times (4-2) \times 10^5 = 800\text{J} \rightarrow |W| = 800\text{J}$
 چرخه پادساعتگرد است. $W = +800\text{J}$

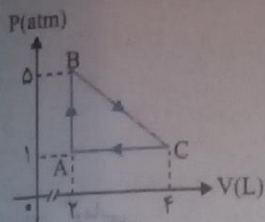
در یک چرخه: $Q = -W \rightarrow Q = -800\text{J}$

ب) گرمای مبادله شده بین گاز و محیط در این چرخه چقدر است؟

در این چرخه، گاز ۸۰۰J گرما به محیط داده است.

مثال ۲: یک مول گاز تک اتمی چرخه‌ای مطابق شکل مقابل می‌پیماید. $(R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}})$

الف) کار انجام شده در چرخه را محاسبه کنید.



$$|W| = S_{ABC} = \frac{(\cancel{4} - \cancel{2}) \times 10^{-3} \times (\cancel{5} - 1) \times 10^5}{2}$$

$$= 4 \times 10^2 = 400 \text{ J} \xrightarrow{\text{چرخه ساعتگرد}} W = -400 \text{ J}$$

ب) کار انجام شده، گرمای مبادله شده و تغییر انرژی درونی در فرایند AB را محاسبه کنید.

فرایند AB هم حجم است.

$$W_{AB} = 0$$

$$Q_{AB} = nC_V \Delta T = n \times \frac{3}{2} R (T_B - T_A) = \frac{3}{2} (nRT_B - nRT_A)$$

$$= \frac{3}{2} (P_B V_B - P_A V_A) = \frac{3}{2} (5 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3} - 1 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3})$$

$$= \frac{3}{2} (1000 - 200) = 1200 \text{ J} \rightarrow Q_{AB} = 1200 \text{ J}$$

$$\Delta U_{AB} = Q_{AB} + W_{AB} = 0 + 1200 = 1200 \text{ J} \rightarrow \Delta U_{AB} = 1200 \text{ J}$$

ج) کار انجام شده، گرمای مبادله شده و تغییر انرژی درونی در فرایند CA را محاسبه کنید.

فرایند CA هم فشار است.

$$W_{CA} = -P \Delta V = -1 \times 10^5 \times (2 \times 10^{-3} - 4 \times 10^{-3}) = -1 \times 10^5 \times (-2) \times 10^{-3}$$

$$= 200 \text{ J} \rightarrow W_{CA} = +200 \text{ J}$$

$$Q_{CA} = nC_P \Delta T = n \times \frac{5}{2} R (T_A - T_C) = \frac{5}{2} (nRT_A - nRT_C)$$

$$= \frac{5}{2} (P_A V_A - P_C V_C) = \frac{5}{2} (1 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3} - 1 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3})$$

$$= \frac{5}{2} (200 - 400) = -500 \text{ J} \rightarrow Q_{CA} = -500 \text{ J}$$

$$\Delta U_{CA} = Q_{CA} + W_{CA} = -500 + 200 = -300 \text{ J} \rightarrow \Delta U_{CA} = -300 \text{ J}$$

ماشین های گرمایی

ماشین گرمایی: دستگاهی است که طی یک چرخه ترمودینامیکی مقداری گرما از محیط دریافت و بخشی از آن را به کار تبدیل می کند.

انواع ماشین های گرمایی:

۱- ماشین گرمایی برون سوز: ماشینی است که در آن گرما از بیرون به دستگاه داده می شود و انواع آن عبارتند از: ماشین بخار، ماشین استرلینگ، ماشین نیوکامن.

۲- ماشین گرمایی درون سوز: ماشینی است که در آن گرما در داخل دستگاه تولید می شود و انواع آن عبارتند از: ماشین بنزینی، ماشین دیزلی.

ماشین بخاروات:

در ماشین بخاروات دستگاهی که چرخه را طی می کند، آب است.

نکته: چرخه آرمانی چرخه ای است که فرایندهای آن ایستاوار و بدون اتلاف باشد.

چرخه آرمانی یک ماشین بخاروات را چرخه رانکین می گویند.

ماشین درون سوز بنزینی:

چرخه ماشین های بنزینی شامل شش فرایند است که عبارتند از: ضربه مکش، ضربه تراکم، آتش گرفتن، ضربه انجام کار، تخلیه، ضربه خروج گاز.

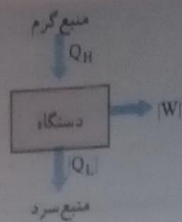
چرخه آرمانی یک ماشین بنزینی را چرخه اوتو می گویند.

نکته مهم: طرز کار طرح وار یک ماشین گرمایی آرمانی به صورت روبه رو 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 $|Q_L|$ می دهد. با توجه به شکل و قانون پایستگی

انرژی می توان نوشت:

$$Q_H = |W| + |Q_L|$$



بازده ماشین گرمایی

بازده یک ماشین گرمایی به صورت زیر تعریف می شود:

$$\eta = \frac{\text{انرژی مفید خروجی}}{\text{انرژی داده شده به ماشین}} \rightarrow \eta = \frac{|W|}{Q_H} \text{ یا } \eta = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H}$$

نکته: 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 ۲۰۰۰ جول گرما به موتور داده شود در هر چرخه:

الف) کار انجام شده توسط موتور چقدر است؟

$$\eta = \frac{25}{100} = 0.25, \quad Q_H = 2000 \text{ J}, \quad |W| = ?$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow |W| = \eta \times Q_H = 0.25 \times 2000 = 500 \text{ J} \rightarrow |W| = 500 \text{ J}$$

ب) چند ژول گرما به منبع سرد داده می شود؟

$$Q_H = |W| + |Q_L| \rightarrow |Q_L| = Q_H - |W| = 2000 - 500 = 1500 \text{ J} \rightarrow |Q_L| = 1500 \text{ J}$$

مثال ۲: یک ماشین گرمایی آرمانی در هر دقیقه ۲ × ۱۰^۳ جول گرما از منبع گرم دریافت و ۳ × ۱۰^۳ جول گرما به منبع سرد می دهد.

الف) این ماشین در هر دقیقه چند ژول کار انجام می دهد؟

$$Q_H = 2 \times 10^3 = 2000 \text{ J}, \quad |Q_L| = 3 \times 10^3 = 3000 \text{ J}$$

$$Q_H = |W| + |Q_L| \rightarrow |W| = Q_H - |Q_L| = 2000 - 3000 = -1000 \text{ J} \rightarrow |W| = 1000 \text{ J}$$

ب) بازده ماشین چقدر است؟

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{1000}{2000} = \frac{1}{2} \rightarrow \text{درصد بازده} = \frac{1}{2} \times 100 = 50\%$$

توان یک موتور بنزینی ۵ kW و بازده آن ۲۰ درصد است. در هر دقیقه چه مقدار گرما به موتور داده 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:

$$P = \frac{|W|}{\Delta t} \rightarrow |W| = P \cdot \Delta t = 5000 \times 60 = 300000 = 3 \times 10^5 \text{ J} \rightarrow |W| = 3 \times 10^5 \text{ J}$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow Q_H = \frac{|W|}{\eta} = \frac{3 \times 10^5}{0.2} = 15 \times 10^5 \text{ J} \rightarrow Q_H = 15 \times 10^5 \text{ J}$$

گرمای داده شده به موتور در هر دقیقه:

قانون دوم ترمودینامیک (به بیان ماشین گرمایی): ممکن نیست دستگاه طی چرخه ای همه گرمای جذب شده از منبع گرم را به کار تبدیل کند. (ممکن نیست بازده ماشین گرمایی ۱۰۰ درصد شود.)

بازده چرخه کارنو: بیشترین بازده یک ماشین گرمایی که بین دو منبع با دماهای T_H و T_L کار می کند را بازده ماشین کارنوی آن می گویند که از رابطه زیر به دست می آید:

$$\eta_{\text{کارنو}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} \quad (T_H \text{ و } T_L \text{ بر حسب کلونین است.})$$

نکته: بازده ماشین کارنو به جنس ماده‌ای که چرخه را می‌پیماید بستگی ندارد.
 قضیه کارنو: بازده یک ماشین گرمایی که بین دو منبع با دماهای T_H و T_L کار می‌کند هرگز نمی‌تواند بیشتر از بازده ماشین کارنویی باشد که بین این دو منبع کار می‌کند یعنی: $\eta \leq \eta_{\text{کارنو}}$
 مثال ۱: یک ماشین گرمایی بین دماهای $T_H = 400\text{K}$ و $T_L = 300\text{K}$ کار می‌کند. بازده ماشین کارنویی که بین این دو دما کار می‌کند چقدر است؟

$$\eta_{\text{کارنو}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{400} = 1 - 0.75 = 0.25 = 25\%$$

مثال ۲: یک ماشین کارنو بین دماهای $T_H = 500\text{K}$ و $T_L = 100\text{K}$ کار می‌کند. اگر این ماشین در هر چرخه 200J گرما از منبع گرم بگیرد: (الف) در هر چرخه چه مقدار کار انجام می‌دهد؟

$$\eta_{\text{کارنو}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{100}{500} = 1 - 0.2 = 0.8 \rightarrow \eta = \eta_{\text{کارنو}} = 0.8$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow |W| = \eta \times Q_H = 0.8 \times 200 = 160\text{J} \rightarrow |W| = 160\text{J}$$

(ب) در هر چرخه چه مقدار گرما به منبع سرد می‌دهد؟

$$|Q_L| = Q_H - |W| = 200 - 160 = 40\text{J} \rightarrow |Q_L| = 40\text{J}$$

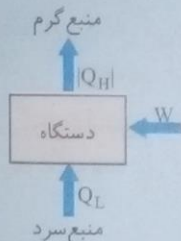
یخچال

قانون دوم ترمودینامیک به بیان یخچالی: ممکن نیست گرما خودبه‌خود از جسم سرد به جسم گرم منتقل شود.

نکته: با انجام کار می‌توان گرما را از جسم سرد به جسم گرم منتقل کرد.

یخچال: وسیله‌ای است که با استفاده از کار، گرما را از جسم سرد به جسم گرم منتقل می‌کند. طرز کار یخچال‌ها و آروان ماشین‌های گرمایی است.

نکته مهم: طرز کار طرح وار یک یخچال به صورت زیر است:



$$|Q_H| = W + Q_L$$

ضریب عملکرد یخچال: نسبت گرمای گرفته شده از منبع سرد به کار موتور یخچال را ضریب عملکرد یخچال می‌گویند که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$K = \frac{Q_L}{W} \quad \text{یا} \quad K = \frac{Q_L}{|Q_H| - Q_L}$$

نکته: بیشترین ضریب عملکرد یخچال را ضریب عملکرد یخچال کارنو می‌گویند که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$K_{\text{کارنو}} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

مثال ۱: موتور یک یخچال در هر دقیقه با مصرف 10^5J انرژی الکتریکی $5 \times 10^5\text{J}$ گرما از درون یخچال می‌گیرد.

(الف) در این مدت یخچال چند ژول گرما به فضای بیرون می‌دهد؟

$$t = 60\text{s}, \quad W = 10^5\text{J}, \quad Q_L = 5 \times 10^5\text{J}, \quad Q_H = ?$$

$$|Q_H| = W + Q_L = 10^5 + 5 \times 10^5 = 6 \times 10^5\text{J} \rightarrow |Q_H| = 6 \times 10^5\text{J}$$

(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 $9 \times 10^4\text{J}$ گرما از درون آن گرفته شود.

(الف) توان مصرفی یخچال چقدر است؟

$$K = 3, \quad t = 60\text{s}, \quad Q_L = 9 \times 10^4\text{J}, \quad P = ?$$

برای محاسبه توان مصرفی ابتدا باید کار یخچال را محاسبه کرد:

$$K = \frac{Q_L}{W} \rightarrow W = \frac{Q_L}{K} = \frac{9 \times 10^4}{3} = 3 \times 10^4 \text{ J} \rightarrow W = 30000 \text{ J}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{30000}{60} = 500 \text{ W} \rightarrow P = 500 \text{ W}$$

ب) در هر دقیقه چه مقدار گرما به خارج از یخچال داده می‌شود؟

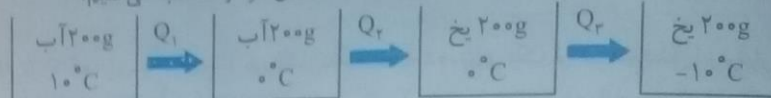
$$Q_H = Q_L + W = 90000 + 30000 = 120000 \text{ J} = 120 \text{ kJ} \rightarrow Q_H = 120 \text{ kJ}$$

مثال ۳: توان یک یخچال ۲۰۰W و ضریب عملکرد آن ۴ است. چه مدت طول می‌کشد تا در این یخچال ۲۰۰g آب ۱۰°C به یخ

$$-10^\circ\text{C} \text{ تبدیل شود؟ } (c_{\text{یخ}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}, L_f = 335000 \frac{\text{J}}{\text{kg}})$$

$$P = 200 \text{ W}, K = 4, t = ?, m = 200 \text{ g}, 10^\circ\text{C} \text{ آب} \rightarrow -10^\circ\text{C} \text{ یخ}$$

ابتدا مقدار کل گرمایی که آب ۱۰°C از دست می‌دهد تا به یخ ۱۰°C تبدیل شود را محاسبه می‌کنیم:



$$Q_1 = mc_{\text{آب}} \Delta T = 0.2 \times 4200 \times (0 - 10) = -8400 \text{ J}$$

$$Q_2 = -mL_f = -0.2 \times 335000 = -67000 \text{ J}$$

$$Q_3 = mc_{\text{یخ}} \Delta T = 0.2 \times 2100 \times (-10 - 0) = -4200 \text{ J}$$

$$Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -8400 - 67000 - 4200 = -79600 \text{ J}$$

بنابراین گرمایی که یخچال از آب می‌گیرد برابر است با: $Q_L = 79600 \text{ J}$

$$K = \frac{Q_L}{W} \rightarrow W = \frac{Q_L}{K} = \frac{79600}{4} = 19900 \text{ J} \rightarrow W = 19900 \text{ J}$$

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow t = \frac{W}{P} = \frac{19900}{200} = 99.5 \text{ s} \rightarrow t = 99.5 \text{ s}$$

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 می‌شود و بالعکس.

۱۵۲

۱۵۱

پرسش ۱-۵

روی قوطی‌های اسپری، هشدار داده شده است که از انداختن آن در آتش خودداری کنید. علت این توصیه را بر اساس فرایند هم حجم توضیح دهید.

با افزایش دما حجم قوطی تقریباً ثابت است (فرایند هم حجم) ولی فشار گاز داخل آن افزایش می‌یابد که این افزایش فشار اگر از حد معینی (بسته به جنس گاز و اندازه قوطی) بیشتر شود باعث انفجار قوطی خواهد شد.

۱۵۲

تمرین ۱-۵

دمای n مول گاز با گرمای ویژه مولی در حجم ثابت C_V ، در یک فرایند هم حجم از T_1 به T_2 رسیده است. الف) تغییر انرژی درونی گاز در این فرایند را بیابید.

در فرایند هم حجم $W = 0$ بنابراین:

$$\Delta U = Q + W \rightarrow \Delta U = Q = nC_V \Delta T \rightarrow \Delta U = nC_V \Delta T = nC_V (T_2 - T_1)$$

$$\Delta U = nC_V \Delta T = nC_V (T_2 - T_1)$$

ب) اگر این گاز، گاز آرمانی و تک اتمی باشد، تغییر انرژی درونی آن به چه صورتی نوشته می‌شود؟

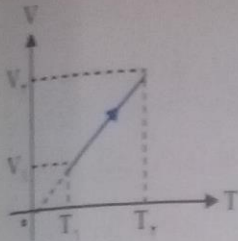
در گاز کامل تک اتمی داریم $C_V = \frac{3}{2}R$ بنابراین:

$$\Delta U = n \times \frac{3}{2}R \times \Delta T \rightarrow \Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$$

تمرین ۲-۵

۱۵۲

نشان دهید نمودار $V-T$ برای فرایند هم فشار یک گاز آرمانی، خط راستی است که امتداد آن از مبدأ مختصات می‌گذرد. چون گاز آرمانی 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 راستی است که امتداد آن از مبدأ مختصات می‌گذرد.

تمرین ۳-۵

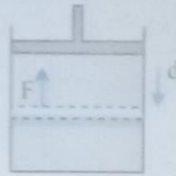
۱۵۳

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 جابه‌جایی آن d در نظر گرفته شود با توجه به اینکه نیرویی که از طرف گاز به پیستون وارد می‌شود در خلاف جهت جابه‌جایی است، می‌توان نوشت:

$$\text{در تراکم: } Ad = V_1 - V_2 = -\Delta V$$

$$\text{کار گاز روی پیستون} = F \times d \times \cos 180^\circ = -Fd = -PAd$$

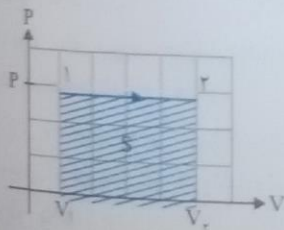
$$\text{کار پیستون روی گاز} = -p(-\Delta V) = P\Delta V \rightarrow W = -P\Delta V$$



۱۵۴

فعالیت ۱-۵

با توجه به نمودار شکل روبه‌رو، نشان دهید در فرایند هم فشار، مساحت سطح زیر نمودار $P-V$ برابر با قدرمطلق کار انجام شده است.



$$\left. \begin{aligned} W &= -P\Delta V = -P(V_2 - V_1) \\ S &= (P - 0)(V_2 - V_1) = P(V_2 - V_1) \end{aligned} \right\} \rightarrow S = |W|$$

۱۵۷

تمرین ۴-۵

مشابه آنچه که برای تراکم هم‌دما شرح دادیم، انبساط هم‌دمای گاز کامل را شرح دهید و علامت‌های Q و W را برای چنین فرایندی تعیین و نمودارهای $P-T$ و $V-T$ را برای آن رسم کنید.

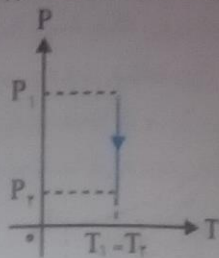
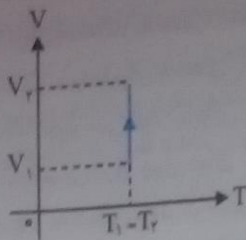
در انبساط هم‌دما، استوانه حاوی گاز را در تماس با یک منبع گرمایی با دمای ثابت و برابر با دمای اولیه گاز قرار می‌دهیم. فشار گاز داخل استوانه را با برداشتن تدریجی ساچمه‌های سربی روی پیستون، به آهستگی کاهش می‌دهیم، حجم گاز داخل استوانه به تدریج زیاد می‌شود، چون در این فرایند دما ثابت است تغییر انرژی درونی صفر است و می‌توانیم بنویسیم:

$$\Delta U = Q + W = 0 \rightarrow Q + W = 0 \rightarrow Q = -W$$

چون در انبساط، کار انجام شده بر روی گاز منفی است، Q مثبت می‌شود. یعنی در انبساط هم‌دما گاز گرما می‌گیرد.

مثبت $\rightarrow Q$ ، منفی $\rightarrow W$

مربوطه‌های P-T و V-T این فرایند به صورت زیر است:

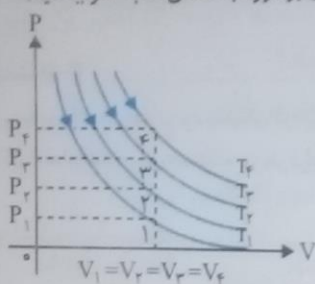


فعالیت ۲-۵

۱۵۷) انتهای یک سرنگ حاوی هوا را مسدود و آن را وارد حجم بزرگی از آب کنید، پس از مدتی، بیستون سرنگ را به آرامی فشار دهید. هوای درون سرنگ چه فرایندی را طی می‌کند؟ این فرایند یک تراکم هم‌دما است که در آن آب نقش یک منبع گرمایی را دارد.

تمرین ۵-۵

۱۵۸) در شکل روبه‌رو، نمودار P-V مربوط به انبساط هم‌دمای یک گاز آرمانی در دماهای مختلف رسم شده است. الف) نشان دهید: $T_4 > T_3 > T_2 > T_1$. (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 آرمانی را برای نقطه‌های برخورد با منحنی‌ها به کار بیندازید) خطی عمود بر محور V رسم می‌کنیم به طوری که هر چهار نمودار را قطع کند. نقاط برخورد را نامگذاری می‌کنیم.



با توجه به قانون گازها می‌توان نوشت:

$$P_1 V_1 = nRT_1, \quad P_2 V_2 = nRT_2, \quad P_3 V_3 = nRT_3, \quad P_4 V_4 = nRT_4$$

$$P_1 < P_2 < P_3 < P_4$$

با توجه به نمودار، رابطه فشار در نقاط ۱ و ۲ و ۳ و ۴ برابر است با:

$$P_1 V_1 < P_2 V_2 < P_3 V_3 < P_4 V_4$$

چون حجم گاز در تمام این نقاط با هم برابر است می‌توان نوشت:

$$nRT_1 < nRT_2 < nRT_3 < nRT_4$$

با استفاده از قانون گازها داریم:

$$T_1 < T_2 < T_3 < T_4$$

با حذف مقدار nR از نامساوی می‌توان نوشت:

ب) در یک تغییر حجم معین، اندازه کار انجام شده در کدام فرایند بیشتر است؟

چون قطر 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: $|W_4| > |W_3| > |W_2| > |W_1|$

۱۵۹

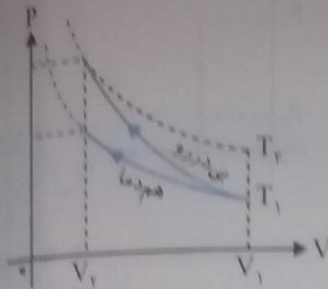
فعالیت ۳-۵

وقتی در یک نوشابه گازدار خیلی سرد را سریع باز می‌کنیم، مشاهده می‌شود که هاله رقیقی در اطراف دهانه نوشابه ایجاد می‌شود. این پدیده را توجیه کنید. در قسمت بالای بطری نوشابه‌ای که در آن باز نشده مخلوطی از گاز کربن دی‌اکسید و بخار آب وجود دارد. وقتی که در نوشابه را سریع باز می‌کنیم به علت سرعت بالای انجام این کار، گاز داخل بطری نوشابه فرصت تبادل گرما با محیط را ندارد و فرایندی بی‌دررو را طی می‌کند. در این فرایند فشار گاز کاهش و حجم آن افزایش می‌یابد. در نتیجه 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 آبریز دقیق دیده شود.

تمرین ۵-۶

مثال ۵-۱۱ را با فرض آنکه گاز به جای انبساط، تراکم باید پاسخ دهید. در شکل، دو منحنی هم‌دما برای دماهای T_1 و T_2 رسم شده‌اند. در تراکم هم‌دما، دما تغییر نمی‌کند. بنابراین گاز در مسیر (T_1) باقی می‌ماند ولی در تراکم بی‌درو، چون دمای گاز افزایش می‌یابد گاز از مسیر (T_2) خارج و به دمایی بالاتر در مسیر (T_2) می‌رود. در اینجا چون سطح زیر نمودار فرایند بی‌درو بیشتر است $|W|$ برای این فرایند مقدار بیشتری دارد.

۱۶۰



پرسش ۲-۵

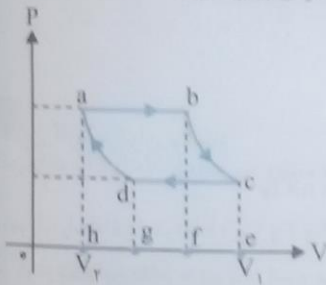
سرنگ آتش‌زنه استوانه کوچکی است مجهز به پیستونی که کاملاً بر سطح داخلی استوانه منطبق است. در فضای محبوس داخل سرنگ، فقط هوا و تکه کاغذ کوچکی قرار دارد. با راندن سریع پیستون به داخل، و تراکم بی‌درویی هوای محبوس، تکه کاغذ مشتعل می‌شود. معمولاً از کاغذ نیتروسولز در این آزمایش استفاده می‌شود که نقطه اشتعال بسیار پایینی دارد. چرا کاغذ در این فرایند آتش می‌گیرد؟ می‌دانیم در تراکم بی‌درویی دمای گاز افزایش می‌یابد بنابراین اگر تراکم سرنگ سریع و مقدار آن زیاد باشد دمای هوای داخل سرنگ به حدی افزایش می‌یابد که باعث اشتعال کاغذ درون سرنگ می‌شود.

۱۶۱

فعالیت ۴-۵

شکل روبه‌روی یک چرخه ترمودینامیکی فرضی را نشان می‌دهد. الف) کار انجام شده روی دستگاه در هر فرایند را بر حسب سطح زیر نمودار آن بیان کنید.

۱۶۲



$$|W_{ab}| = S_{abh} \xrightarrow{\text{انبساط}} W_{ab} = -S_{abh}$$

$$|W_{cd}| = S_{cdg} \xrightarrow{\text{تراکم}} W_{cd} = +S_{cdg}$$

$$|W_{bc}| = S_{bcdf} \xrightarrow{\text{انبساط}} W_{bc} = -S_{bcdf}$$

$$|W_{da}| = S_{dahg} \xrightarrow{\text{تراکم}} W_{da} = +S_{dahg}$$

ب) نشان دهید مقدار کار کل انجام شده روی دستگاه برابر با مساحت داخل چرخه است.

$$W_1 = W_{ab} + W_{bc} + W_{cd} + W_{da} = -S_{abh} - S_{bcdf} + S_{cdg} + S_{dahg} = -S_{abceh} + S_{adceh} = -S_{abcd}$$

$$\Rightarrow W_1 = -S_{abcd} = -S_{\text{چرخه}}$$

پ) کار کل انجام شده روی دستگاه مثبت است یا منفی؟ توضیح دهید.

چون مساحت زیر نمودار در بخش انبساط (abc) بزرگ‌تر از مساحت زیر نمودار در بخش تراکم cda است. بنابراین کار انجام شده بر روی دستگاه در این چرخه منفی است.

$$W_1 = -S_{\text{چرخه}}$$

۱۶۴

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 پوستریا پرده‌نگار در کلاس ارائه نمایید. سعی کنید از تصاویر مناسب آموزشی بهره ببرید. دانش‌آموزان عزیز می‌توانند با مراجعه به سایت 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.

فعالیت ۵-۶
 باقی بماند - برون
 نقلی‌های اسباب
 بلند نکل یا شص
 می‌کند. (دانش‌آم
 پرسش ۳-۵
 با فرض آنکه بت
 گازی در آب و ه
 برابر و هوای
 بیشتر است بنابراین
 پرسش‌ها و
 ۱. فریبی شامل
 ۳۱۱ گرم از
 الف) در فرا
 در فرایند هم حج
 ب) در فرایند ه
 در فرایند هم فش
 الف) تکه یک سر
 به تدریج گرم
 ۴. حجم ۵۰
 الف) مقداری
 برای این فرایند
 Pa
 کارهای انجام
 گرمایی مبادله
 ۳. $V \Delta P$
 ۲
 ب) اگر به جا
 گرمای مبادله
 ۲. $Q = ?$
 کار انجام شده

فعالیت ۵-۶

قایق پوت - پوت، نوعی قایق است اسباب بازی است که اساس کار آن مانند ماشین های برون سوز است. در مورد این قایق 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 زا مانند الکل یا شمع، گرم و به نقطه جوش می رسد. فشار بخار آبی که از انتهای قایق خارج می شود نیروی پیشران آن را تأمین می کند. (دانش آموزان عزیز می توانند با مراجعه به سایت www.aparat.com مراحل ساخت قایق بخار را آموزش ببینند.)

۱۶۴

پرسش ۵-۳

با فرض آنکه بتوان ضریب عملکرد یک یخچال را با ضریب عملکرد یخچال کارنو توصیف کرد، به گمان شما یک کولر گازی 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 (دمای هوای بیرون) بیشتر باشد مقدار $T_H - T_L$ بیشتر است بنابراین با افزایش مقدار مخرج در رابطه $K = \frac{T_L}{T_H - T_L}$ ضریب عملکرد کاهش می یابد.

۱۷۵

پرسش ها و مسئله های فصل ۵

۱- ظرفی شامل 3 kg آب است. با هم زدن آب داخل ظرف، 40 kJ کار روی آن انجام می دهیم و در این مدت 31 kJ گرما از ظرف به بیرون منتقل می شود. انرژی درونی آب چقدر تغییر می کند؟

$$W = 40 \text{ kJ}, \quad Q = -31 \text{ kJ}, \quad \Delta U = ?$$

$$\Delta U = Q + W = -31 + 40 = 9 \text{ kJ} \rightarrow \Delta U = 9 \text{ kJ}$$

۲- 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؟

در فرایند هم فشار اگر دما افزایش یابد، حجم گاز افزایش و اگر دما کاهش یابد، حجم گاز کاهش می یابد.

۳- ته 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

۴- حجم 0.5 مول از یک گاز آرمانی تک اتمی $8/3$ لیتر و فشار آن $1/5$ اتمسفر است.

الف) مقداری گرما به گاز می دهیم تا فشار آن از طریق یک فرایند هم حجم دو برابر شود. کار و گرمای مبادله شده را برای این فرایند محاسبه کنید.

$$n = 0.5 \text{ mol}, \quad V_1 = 8/3 \text{ L} = 8/3 \times 10^{-3} \text{ m}^3, \quad P_1 = 1/5 \text{ atm} = 1/5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 2P_1 = 2 \times 1/5 \times 10^5 = 2/5 \times 10^5 \text{ Pa}, \quad W = ?, \quad Q = ?$$

کارهای انجام شده در فرایند هم حجم صفر است بنابراین: $W = 0$

گرمای مبادله شده در فرایند هم حجم برابر است با:

$$Q = nC_V \Delta T = n \times \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (nRT_2 - nRT_1) = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \xrightarrow[\text{تایت}]{\text{فرایند هم حجم}} Q = \frac{3}{2} V \Delta P$$

$$\rightarrow Q = \frac{3}{2} \times 8/3 \times 10^{-3} \times (2/5 - 1/5) \times 10^5 = 18/675 \times 10^2 \text{ J} \rightarrow Q = 1/9 \times 10^2 \text{ J}$$

ب) اگر به جای گرمای داده به گاز، مقداری گرما از گاز بگیریم تا حجم آن در طی یک فرایند هم فشار نصف شود، کار و گرمای مبادله شده در این فرایند چقدر می شود؟

$$V_1 = 8/3 \times 10^{-3} \text{ m}^3, \quad V_2 = \frac{1}{2} V_1 = \frac{1}{2} \times 8/3 \times 10^{-3} = 4/15 \times 10^{-3} \text{ m}^3, \quad W = ?, \quad Q = ?$$

$$W = -P \Delta V = -1/5 \times 10^5 \times (4/15 - 8/3) \times 10^{-3} = +6/225 \times 10^2 \text{ J} \rightarrow W = 6/2 \times 10^2 \text{ J}$$

گرمای مبادله شده در فرایند هم فشار تیز برابر است با:

$$Q = nC_p \Delta T = n \times \frac{5}{2} \times R(T_2 - T_1) = \frac{5}{2} (nRT_2 - nRT_1) = \frac{5}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \xrightarrow[\text{ثابت } P]{\text{هم فشار}} Q = \frac{5}{2} P \Delta V$$

$$Q = \frac{5}{2} \times 1.5 \times 10^5 \times \frac{(4/15 - 8/3) \times 10^{-2}}{-4/15} = 15/5625 \times 10^2 \text{ J} \rightarrow Q = 1/6 \times 10^2 \times 10^2 \text{ J}$$

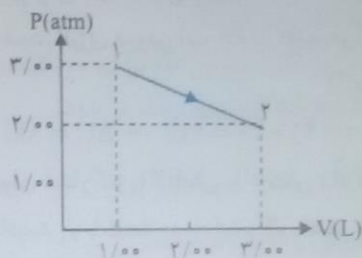
نکته: برای گازهای تک اتمی گرمای مبادله شده در فرایند هم حجم را می توان از رابطه $Q_{\text{هم حجم}} = \frac{3}{2} V \Delta P$ و گرمای مبادله

شده در فرایند هم فشار را می توان از رابطه $Q_{\text{هم فشار}} = \frac{5}{2} P \Delta V$ به دست آورد.

نکته: برای گازهای دواتمی نیز گرمای مبادله شده در فرایند هم حجم از رابطه $Q_{\text{هم حجم}} = \frac{5}{2} V \Delta P$ و هم فشار از رابطه

$$Q_{\text{هم فشار}} = \frac{7}{2} P \Delta V \text{ به دست می آید.}$$

۵- نمودار P-V ی گازی رقیق در شکل روبه رو نشان داده شده است. در این فرایند با فرض آنکه انرژی درونی در نقطه (۱) برابر ۴۵۶ J و در نقطه (۲) برابر ۹۱۲ J باشد، چقدر گرما مبادله شده است؟ آیا گاز گرما گرفته است یا از دست داده است؟



با توجه به انرژی درونی اولیه و نهایی، تغییر انرژی درونی فرایند برابر است با:

$$U_1 = 456 \text{ J}, U_2 = 912 \text{ J} \rightarrow \Delta U = U_2 - U_1 = 912 - 456 = 456 \text{ J} \rightarrow \Delta U = 456 \text{ J}$$

برای محاسبه گرمای مبادله شده ابتدا باید کار انجام شده در این فرایند را محاسبه کنیم که برابر است با مساحت زیر نمودار P-V:

$$|W|_{\text{چرخه}} = S_{\text{دو زنگه}} = \frac{\text{ارتفاع} \times \text{مجموع دو قاعده}}{2} = \frac{(2+3) \times 10^5 \times (3-1) \times 10^{-3}}{2} = \frac{5 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3}}{2}$$

$$= 5 \times 10^2 = 500 \text{ J} \rightarrow |W| = 500 \text{ J}$$

چون در این فرایند گاز منبسط شده علامت کار منفی است: $W = -500 \text{ J}$

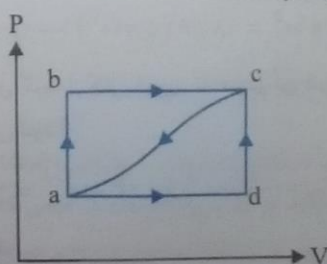
حال با دانستن تغییر انرژی درونی و کار انجام شده و با استفاده از قانون اول ترمودینامیک، گرمای مبادله شده برابر است با:

$$Q = \Delta U - W = 456 - (-500) = 456 + 500 = 956 \text{ J} \rightarrow Q = 956 \text{ J}$$

علامت Q مثبت است بنابراین گاز در این فرایند گرما گرفته است.

۶- گازی مطابق شکل، از طریق مسیر abc از حالت a به c، می رود. گاز در این مسیر، ۹۰ ژول گرما می گیرد و ۷۰ ژول کار انجام می دهد.

الف) تغییر انرژی درونی گاز در مسیر abc چقدر است؟



$$Q = +90 \text{ J}, W = -70 \text{ J} \rightarrow \Delta U = Q + W = 90 - 70 = 20 \text{ J} \rightarrow \Delta U = 20 \text{ J}$$

پس اگر برای رسیدن به حالت c فرایند از مسیر adc انجام شود، کار انجام شده توسط گاز در مقایسه با مسیر abc بیشتر است یا کمتر؟ گرمای داده شده به گاز بیشتر است یا کمتر؟
چون مساحت سطح زیر نمودار در مسیر adc کمتر است، قدر مطلق کار نیز در این مسیر کمتر است.

نقاط ابتدا و انتهای هر دو مسیر مشترک است پس تغییر انرژی درونی هر دو مسیر یکسان است؛ از طرفی چون گاز در مسیر adc کار کمتری را انجام داده است، گرمای کمتری نیز دریافت کرده است.

پس اگر گاز را از مسیر خمیده از حالت c به حالت a برگردانیم، چقدر باید از آن انرژی بگیریم؟
انرژی که از گاز در مسیر c به a گرفته می شود برابر با تغییر انرژی درونی گاز در این مسیر است، بنابراین:

$\Delta U_{a \rightarrow c} = 20 \text{ J} \rightarrow \Delta U_{c \rightarrow a} = -20 \text{ J}$
- ۱۲/۰g گاز اکسیژن (O_2) در فشار متعارف جو ($1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) از $25/0^\circ \text{C}$ تا 125°C گرم می شود. نسبت تغییر انرژی درونی گاز به گرمای داده شده به آن را به دست آورید؟
روش اول:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta U = nC_V \Delta T : \text{تغییر انرژی درونی در فرایند} \\ Q = nC_P \Delta T : \text{گرمای مبادله شده در فرایند هم فشار} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{\Delta U}{Q} = \frac{nC_V \Delta T}{nC_P \Delta T} = \frac{C_V}{C_P} \Rightarrow \frac{\Delta U}{Q} = \frac{21/2}{29/4} = 0.721$$

روش دوم: برای اکسیژن داریم:

$$C_V = 21/2 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}, C_P = 29/4 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}, M_{O_2} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, \Delta T = 125 - 25 = 100 \text{ K}, m = 12 \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{12}{32} = \frac{3}{8} \text{ mol} \rightarrow n = \frac{3}{8} \text{ mol} : O_2 \text{ گاز}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta U = nC_V \Delta T = \frac{3}{8} \times 21/2 \times 100 = \frac{6360}{8} \text{ J} \\ \Delta Q = nC_P \Delta T = \frac{3}{8} \times 29/4 \times 100 = \frac{8820}{8} \text{ J} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{\Delta U}{Q} = \frac{6360}{8820} = 0.721 \rightarrow \frac{\Delta U}{Q} = 0.721$$

۸- یک مکعب آلومینیومی توپُر به ضلع $20/0 \text{ cm}$ از $20/0^\circ \text{C}$ تا $150/0^\circ \text{C}$ در فشار متعارف جو ($1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) گرم می شود. کار انجام شده توسط مکعب و تغییر انرژی درونی آن را محاسبه کنید.

$$V_1 = 20 \times 20 \times 20 = 8000 \text{ cm}^3, \Delta T = 150 - 20 = 130 \text{ K}, P = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\alpha_{AL} = 23 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}, c_{AL} = 900 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}, \rho_{AL} = 2.7 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

ابتدا تغییر حجم جسم را از رابطه انبساط حجمی جامدها محاسبه می کنیم:

$$\Delta V = V_1(\alpha \Delta T) = 8000 \times 23 \times 10^{-6} \times 130 = 55/2 \text{ cm}^3 \rightarrow \Delta V = 55/2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

کار انجام شده در فرایند هم فشار برابر است با:

$$W = -P \Delta V = -1.01 \times 10^5 \times 55/2 \times 10^{-6} = -5/57 \text{ J} \rightarrow W = -5/57 \text{ J}$$

کار انجام شده توسط مکعب $\rightarrow W = -5/57 \text{ J}$ برای محاسبه تغییر انرژی درونی مکعب با استفاده از قانون اول ترمودینامیک ($\Delta U = Q + W$) به گرمای داده شده به

مکعب نیاز داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = mc_{Al} \Delta \theta = 21/6 \times 900 \times 100 = 194/4 \times 10^4 \text{ J} \rightarrow Q = 1/94 \times 10^6 \text{ J} \\ m = \rho V = 2.7 \times 10^3 \times 8000 \times 10^{-6} = 21/6 \text{ kg} \end{array} \right.$$

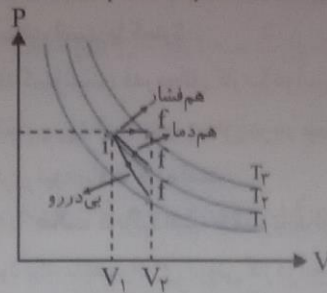
کار انجام شده توسط مکعب نسبت به گرمای داده شده به آن بسیار ناچیز است؛ بنابراین با صرف نظر کردن از کار انجام شده

توسط مکعب داریم:

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{W=0} \Delta U = Q = 1/94 \times 10^6 \text{ J}$$

نتیجه: در جامدها تقریباً همه گرمای داده شده به جسم صرف تغییر انرژی درونی آن می شود.

۹- مطابق شکل روبه‌رو، حجم گازی آرمانی طی سه فرایند هم‌فشار، هم‌دما و بی‌دررو از V_1 به حجم بزرگ‌تر V_2 می‌رسد.



الف) اندازه کار انجام شده توسط گاز را در این سه فرایند مقایسه کنید.

$$|W_{\text{هم‌فشار}}| > |W_{\text{هم‌دما}}| > |W_{\text{بی‌دررو}}|$$

با توجه به مساحت سطح زیر نمودار در سه فرایند داریم:

ب) دمای نهایی را در این فرایندها مقایسه کنید.

مطابق نمودار $T_3 > T_2 > T_1$ بنابراین:

پ) گرمای داده شده به گاز را در این فرایندها مقایسه کنید.

$$Q_{\text{بی‌دررو}} = 0$$

در فرایند هم‌دما داریم:

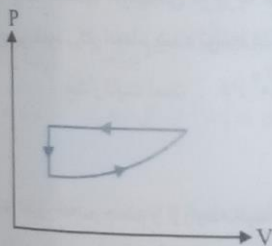
$$\Delta U = 0 \Rightarrow Q = -W \Rightarrow Q_{\text{هم‌دما}} > 0$$

$$Q_{\text{هم‌فشار}} = nC_p \Delta T = \frac{C_p}{R} nR \Delta T = \frac{C_p}{R} P \Delta V = \frac{C_p}{R} |W_{\text{هم‌فشار}}|$$

در فرایند هم‌فشار داریم:

$$Q_{\text{هم‌فشار}} = \frac{C_p}{R} |W_{\text{هم‌فشار}}| \left\{ \begin{array}{l} |W_{\text{هم‌فشار}}| > |W_{\text{هم‌دما}}| \\ \frac{C_p}{R} > 1 \end{array} \right. \Rightarrow Q_{\text{هم‌فشار}} > Q_{\text{هم‌دما}} > Q_{\text{بی‌دررو}} = 0$$

۱۰- برای چرخه گازی که نمودار $P-V$ ی آن در اینجا نشان داده شده است، ΔU گاز، W و Q مثبت است یا منفی، و یا برابر صفر است؟



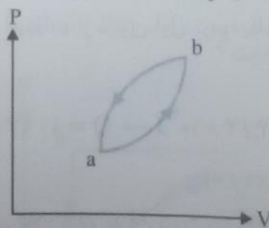
تغییر انرژی درونی در یک چرخه صفر است بنابراین: $\Delta U = 0$

چرخه پادساعتگرد است بنابراین کار انجام شده در چرخه مثبت است (W مثبت)

$$\Delta U = 0 \rightarrow Q + W = 0 \rightarrow Q = -W \xrightarrow{W \text{ مثبت}} Q < 0$$

۱۱- شکل روبه‌رو چرخه‌ای را نشان می‌دهد که یک گاز طی کرده است.

الف) تعیین کنید که گاز در این چرخه گرما گرفته یا از دست داده است؟

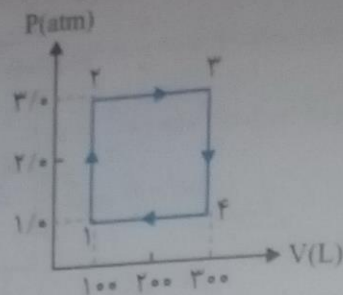


$$\text{گاز گرما گرفته است. } \rightarrow Q > 0 \rightarrow Q = -W \rightarrow W < 0 \rightarrow \text{چرخه ساعتگرد}$$

ب) اگر مقدار گرمای مبادله شده در این چرخه 400 J باشد، کار انجام شده روی گاز چقدر است؟

$$Q = 400 \text{ J} \text{ در چرخه, } Q = -W \rightarrow W = -Q = -400 \text{ J} \rightarrow W = -400 \text{ J}$$

یک گاز کامل دو اتمی چرخه نشان داده شده در شکل زیر را می بینید. دمای گاز در حالت (۱) برابر 200 K است. الف) دما در سه نقطه دیگر چقدر است؟



$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{\text{فرایند ۱ به ۲ هم حجم}} \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow \frac{1}{200} = \frac{3}{T_2} \rightarrow T_2 = 600\text{ K}$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \xrightarrow{\text{فرایند ۲ به ۳ هم فشار}} \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \rightarrow \frac{200}{600} = \frac{300}{T_3} \rightarrow T_3 = 1800\text{ K}$$

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_4 V_4}{T_4} \xrightarrow{\text{فرایند ۳ به ۴ هم حجم}} \frac{P_3}{T_3} = \frac{P_4}{T_4} \rightarrow \frac{3}{1800} = \frac{1}{T_4} \rightarrow T_4 = 600\text{ K}$$

ب) کار انجام شده در چرخه چقدر است؟

$$|W|_{\text{چرخه}} = S = (3-1) \times 10^5 \times (300-100) \times 10^{-3} = 2 \times 10^5 \times 200 \times 10^{-3} = 400 \times 10^2 \text{ J} = 4 \times 10^4 \text{ J}$$

$$\text{چرخه ساعتگرد} \rightarrow W = -4 \times 10^4 \text{ J}$$

پ) در چه فرایندهایی گاز گرما گرفته است؟

با توجه به رابطه های $Q_{\text{هم حجم}} = nC_V \Delta T$ و $Q_{\text{هم فشار}} = nC_P \Delta T$ در فرایندهای هم حجم و هم فشار گرمای مبادله شده با افزایش دما مثبت و با کاهش دما منفی است بنابراین:

گاز گرما گرفته است $\rightarrow Q > 0$ افزایش دما فرایند ۱ به ۲

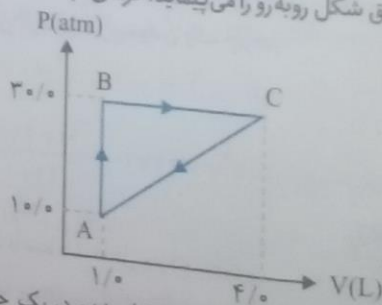
گاز گرما گرفته است $\rightarrow Q > 0$ افزایش دما فرایند ۲ به ۳

ن) در چه فرایندهای گاز گرما از دست داده است؟

گاز گرما از دست داده است $\rightarrow Q < 0$ کاهش دما فرایند ۳ به ۴

گاز گرما از دست داده است $\rightarrow Q < 0$ کاهش دما فرایند ۴ به ۱

۱۳- گاز داخل یک استوانه، چرخه ای مطابق شکل روبه رو را می بینید. گرمای مبادله شده در این چرخه چند ژول است؟



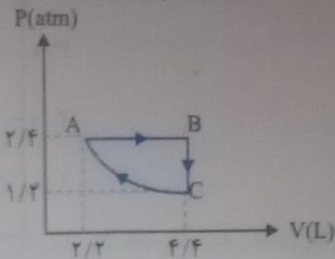
با توجه به اینکه در یک چرخه $Q = -W$ برای محاسبه گرمای مبادله شده در یک چرخه باید کار انجام شده در چرخه را محاسبه کنیم:

$$|W|_{\text{چرخه}} = S_{\text{مغز}} = \frac{(3.0-1.0) \times 10^5 \times (4-1) \times 10^{-3}}{2} = \frac{2.0 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-3}}{2} = 3000 \text{ J}$$

$$\text{چرخه ساعتگرد} \rightarrow W = -3000 \text{ J}$$

$$Q = -W = -(-3000) = +3000 \text{ J} \rightarrow Q = 3000 \text{ J}$$

۱۴- دستگاهی متشکل از 0.32 mol گاز کامل تک‌اتمی حجمی برابر $2/2 \text{ L}$ را در فشار $2/4 \text{ atm}$ اشغال کرده است. این دستگاه چرخه‌ای مطابق شکل را می‌پیماید که در آن فرایند CA فرایندی هم‌دما است. الف) دما در نقاط B و C و چقدر است؟



$$n = 0.32 \text{ mol}, R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$\text{در نقطه A: } P_A V_A = nRT_A \rightarrow T_A = \frac{P_A V_A}{nR} = \frac{2/4 \times 10^5 \times 2/2 \times 10^{-3}}{0.32 \times 8} = 206/25 \text{ K} \rightarrow T_A = 206/25 \text{ K}$$

$$\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_B V_B}{T_B} \xrightarrow{\text{فرایند A به B هم‌فشار}} \frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B} \rightarrow \frac{2/2}{206/25} = \frac{4/4}{T_B}$$

$$\rightarrow T_B = \frac{4/4 \times 206/25}{2/2} = 412/5 \text{ K} \rightarrow T_B = 412/5 \text{ K}$$

$$\frac{P_B V_B}{T_B} = \frac{P_C V_C}{T_C} \xrightarrow{\text{فرایند B به C هم‌حجم}} \frac{P_B}{T_B} = \frac{P_C}{T_C} \rightarrow \frac{2/4}{412/5} = \frac{1/2}{T_C}$$

$$\rightarrow T_C = \frac{412/5 \times 1/2}{2/4} = 206/25 \text{ K} \rightarrow T_C = 206/25 \text{ K}$$

ب) ΔU را برای هر یک از سه فرایند چرخه به دست آورید.

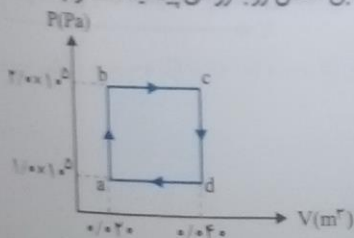
تغییر انرژی درونی در همه فرایندها از رابطه $\Delta U = nC_V \Delta T$ به دست می‌آید:

$$\Delta U_{AB} = nC_V(T_B - T_A) = 0.32 \times \frac{3}{2} \times 8 \times (412/5 - 206/25) = 792 \text{ J} \rightarrow \Delta U_{AB} = 792 \text{ J}$$

$$\Delta U_{BC} = nC_V(T_C - T_B) = 0.32 \times \frac{3}{2} \times 8 \times (206/25 - 412/5) = -792 \text{ J} \rightarrow \Delta U_{BC} = -792 \text{ J}$$

$$\Delta U_{CA} = 0 \rightarrow \text{فرایند CA هم‌دما است.}$$

۱۵- یک مول از یک گاز تک‌اتمی در یک ماشین گرمایی آرمانی، چرخه‌ای را مطابق شکل روبه‌رو می‌پیماید. 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:

$$W_{\text{چرخه}} = S = (2 - 1) \times 10^5 \times (0.4 - 0.2) = 20000 \text{ J} \rightarrow W = -20000 \text{ J}$$

$$Q_{abc} = Q_{ab} + Q_{bc}$$

ب) گرمای مبادله شده در فرایند abc.

$$\text{فرایند ab هم‌حجم است} \rightarrow Q_{ab} = \frac{3}{2} V \Delta P = \frac{3}{2} \times 0.2 \times (2 - 1) \times 10^5 = 30000 \text{ J} \rightarrow Q_{ab} = 30 \text{ kJ}$$

$$\text{فرایند bc هم‌فشار است} \rightarrow Q_{bc} = \frac{5}{2} P \Delta V = \frac{5}{2} \times 2 \times 10^5 \times (0.4 - 0.2) = 100000 \text{ J} \rightarrow Q_{bc} = 10 \text{ kJ}$$

$$\rightarrow Q_{abc} = 30 + 10 = 40 \text{ kJ} \rightarrow Q_{abc} = 40 \text{ kJ}$$

گرمای مبادله شده در فرایند cda،

$$Q_{cda} = Q_{cd} + Q_{da}$$

$$Q_{cd} = \frac{2}{3} \times V \Delta P = \frac{2}{3} \times 0.04 \times (1-2) \times 10^5 = -6000 \text{ J} \rightarrow Q_{cd} = -6 \text{ kJ}$$

فرایند cd هم حجم است.

$$Q_{da} = \frac{5}{2} P \Delta V = \frac{5}{2} \times 1 \times 10^5 \times (0.02 - 0.04) = -5000 \text{ J} \rightarrow Q_{da} = -5 \text{ kJ}$$

فرایند bc هم فشار است.

$$\rightarrow Q_{cda} = -6/0 - 5/0 = -11 \text{ kJ} \rightarrow Q_{cda} = -11 \text{ kJ}$$

تغییر انرژی درونی در فرایند abc

$$\Delta U_{abc} = \Delta U_{ab} + \Delta U_{bc} = (Q_{ab} + W_{ab}) + (Q_{bc} + W_{bc})$$

$$\rightarrow W_{ab} = 0$$

فرایند ab هم حجم است.

$$W_{bc} = -P \Delta V = -2 \times 10^5 \times (0.04 - 0.02) = -4000 \text{ J} \rightarrow W_{bc} = -4 \text{ kJ}$$

فرایند bc هم فشار است.

$$\Delta U_{abc} = (3/0 + 0) + (10 - 4/0) = 9/0 \text{ kJ} \rightarrow \Delta U_{abc} = 9/0 \text{ kJ}$$

۱۶- یک ماشین گرمایی آرمانی در هر چرخه ۱۰۰/۰ J گرما از منبع دما بالا می‌گیرد و ۶۰/۰ J گرما به منبع دما پایین می‌دهد. الف) بازده این ماشین چقدر است؟

$$Q_H = 100 \text{ J}, Q_L = -60 \text{ J}, t = 0.5 \text{ s}, \eta = ?, P = ?$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H} = 1 - \frac{60}{100} = 1 - 0.6 = 0.4 \rightarrow \eta = 40\%$$

ب) اگر هر چرخه ۰/۵۰ s طول بکشد، توان خروجی این ماشین چقدر است؟

$$|W| = Q_H - |Q_L| = 100 - 60 = 40 \text{ J}, P = \frac{|W|}{t} = \frac{40}{0.5} = 80 \text{ W} \rightarrow P = 80 \text{ W}$$

۱۷- بازده یک ماشین آرمانی ۲۵/۰ درصد است و در هر چرخه ۸/۲ × ۱۰^۳ J کار انجام می‌دهد. الف) Q_H و |Q_L| را در هر چرخه ماشین به دست آورید.

$$\eta = \frac{25}{100} = 0.25, |W| = 8.2 \times 10^3 \text{ J}, Q_H = ?, Q_L = ?$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow Q_H = \frac{|W|}{\eta} = \frac{8.2 \times 10^3}{0.25} = 32.8 \times 10^3 \text{ J} \rightarrow Q_H = 32.8 \times 10^3 \text{ J}$$

$$Q_H = |W| + |Q_L| \rightarrow |Q_L| = Q_H - |W| = 32.8 \times 10^3 - 8.2 \times 10^3 = 24.6 \times 10^3 \text{ J} \rightarrow |Q_L| = 24.6 \times 10^3 \text{ J}$$

ب) اگر با تنظیم موتور، بازده ماشین به ۳۰/۰ درصد افزایش یابد، Q_H و |Q_L| به ازای همان مقدار کار چقدر می‌شود؟

$$\eta = \frac{30}{100} = 0.3, |W| = 8.2 \times 10^3 \text{ J}, Q_H = ?, Q_L = ?$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow Q_H = \frac{|W|}{\eta} = \frac{8.2 \times 10^3}{0.3} = 27.3 \times 10^3 \text{ J} \rightarrow Q_H = 27.3 \times 10^3 \text{ J}$$

$$|Q_L| = Q_H - |W| = 27.3 \times 10^3 - 8.2 \times 10^3 = 19.1 \times 10^3 \text{ J} \rightarrow |Q_L| = 19.1 \times 10^3 \text{ J}$$

۱۸- یک ماشین بخار در هر دقیقه ۱/۵ × ۱۰^۵ MJ گرما از دیگ بخار دریافت می‌کند و ۹/۰ × ۱۰^۴ MJ گرما در جگالنده از دست می‌دهد. با فرض آرمانی بودن این ماشین الف) کار انجام شده توسط ماشین در هر دقیقه چند مگاژول است؟

$$Q_H = 1.5 \times 10^5 \text{ MJ}, |Q_L| = 9 \times 10^4 \text{ MJ} = 0.9 \times 10^5 \text{ MJ}, |W| = ?$$

$$|W| = Q_H - |Q_L| = 1.5 \times 10^5 - 0.9 \times 10^5 = 0.6 \times 10^5 \text{ MJ} \rightarrow |W| = 6 \times 10^4 \text{ MJ}$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{6 \times 10^4}{1.5 \times 10^5} = 0.4 = 40\% \rightarrow \eta = 40\%$$

ب) بازده این ماشین چقدر است؟

۱۹- یک ماشین گرمایی درون سوز در هر چرخه $8/00 \text{ kJ}$ گرما از سوزاندن سوخت دریافت می‌کند و $2/00 \text{ kJ}$ را تحویل می‌دهد. گرمای حاصل از سوخت $5/0 \times 10^4 \text{ J/g}$ است و ماشین در هر ثانیه $40/0$ چرخه را می‌پیماید. کمیت‌های زیر را حساب کنید.
الف) بازده ماشین.

هر ثانیه 40 چرخه. $5 \times 10^4 \text{ J/g}$ = گرمای سوختن. $|W| = 2 \text{ kJ} = 2 \times 10^3 \text{ J}$. $Q_H = 8 \text{ kJ} = 8 \times 10^3 \text{ J}$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{2 \times 10^3}{8 \times 10^3} = 0.25 \rightarrow \eta = 25\%$$

ب) با فرض آرمانی بودن ماشین، گرمای تلف شده در هر چرخه.

$$|Q_L| = Q_H - |W| = 8 \times 10^3 - 2 \times 10^3 = 6 \times 10^3 \text{ J} \rightarrow |Q_L| = 6 \times 10^3 \text{ J}$$

ب) سوخت مصرف شده در هر چرخه و
 $\frac{1}{x} = \frac{5 \times 10^4}{8 \times 10^3} \rightarrow x = \frac{8 \times 10^3}{5 \times 10^4} = 0.16 \text{ g} \rightarrow x = 0.16 \text{ g}$

ت) توان ماشین.

توان ماشین $|W| = 40 \times 2 \times 10^3 = 8 \times 10^4 \text{ J}$, $t = 1 \text{ s}$, $P = \frac{|W|}{t} \rightarrow P = \frac{8 \times 10^4}{1} = 8 \times 10^4 \text{ W}$

۲۰- مخترعی مدعی است ماشینی ساخته که بین نقطه‌های جوش (در فشار متعارف جو) و انجماد آب کار می‌کند و بازده آن $70/0$ درصد است. آیا ادعای این مخترع می‌تواند درست باشد؟ توضیح دهید.
 بازده کارنوی ماشین گرمایی که بین این دو دما کار می‌کند را بدست می‌آوریم:

$$T_H = 100 + 273 = 373 \text{ K}, T_L = 0 + 273 = 273 \text{ K}, \eta_{\text{کارنوی}} = ?$$

$$\eta_{\text{کارنوی}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{273}{373} = 1 - 0.732 = 0.268 \rightarrow \eta_{\text{کارنوی}} = 27\%$$

با توجه به اینکه حداکثر بازده ماشین گرمایی که بین این دماها کار می‌کند، 27 درصد است ادعای این مخترع نادرست است.

۲۱- می‌خواهیم بازده یک ماشین کارنو را افزایش دهیم. با مثالی عددی بررسی کنید آیا بهتر است که دمای منبع دما بالا را افزایش دهیم یا دمای منبع دما پایین را به همان مقدار کاهش دهیم؟

با فرض $T_H = 4 \text{ K}$ و $T_L = 2 \text{ K}$ بازده کارنو برابر است با:

اگر دمای منبع دما بالا را یک درجه افزایش دهیم داریم:

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- مخترعی ادعا می‌کند چهار ماشین ساخته است که هر یک بین منبع‌های با دمای 300 K و 400 K کار می‌کنند. داده‌های هر ماشین در هر چرخه عبارت‌اند از:

- ماشین A $W = -40 \text{ J}$, $Q_L = -1750 \text{ J}$, $Q_H = 2000 \text{ J}$
- ماشین B $W = -400 \text{ J}$, $Q_L = -2000 \text{ J}$, $Q_H = 500 \text{ J}$
- ماشین C $W = -400 \text{ J}$, $Q_L = -2000 \text{ J}$, $Q_H = 600 \text{ J}$
- ماشین D $W = -10 \text{ J}$, $Q_L = -90 \text{ J}$, $Q_H = 100 \text{ J}$

ما فرض آرمانی بودن این چهار ماشین:

الف) کدام یک از ماشین ها قانون اول ترمودینامیک را نقض می کنند؟

قانون اول ترمودینامیک همان قانون اول پایستگی انرژی است یعنی در هر ماشین گرمایی $Q_H = |Q_L| + |W|$ به این:

قانون اول نقض می شود $\rightarrow Q_H \neq |Q_L| + |W| \rightarrow$ ماشین A: $\begin{cases} |Q_L| + |W| = 1750 + 40 = 1790 \\ Q_H = 2000 \end{cases}$

قانون اول نقض می شود $\rightarrow Q_H \neq |Q_L| + |W| \rightarrow$ ماشین B: $\begin{cases} |Q_L| + |W| = 400 + 200 = 600 \\ Q_H = 500 \end{cases}$

قانون اول برقرار است $\rightarrow Q_H = |Q_L| + |W| \rightarrow$ ماشین C: $\begin{cases} |Q_L| + |W| = 400 + 200 = 600 \\ Q_H = 600 \end{cases}$

قانون اول برقرار است $\rightarrow Q_H = |Q_L| + |W| \rightarrow$ ماشین D: $\begin{cases} |Q_L| + |W| = 10 + 90 = 100 \\ Q_H = 100 \end{cases}$

ب) کدام یک از ماشین ها قابل ساخت هستند؟

حداکثر بازده یک ماشین گرمایی که بین دو منبع گرم و سرد با دمای 300K و 400K کار می کند برابر است با:

$$\eta_{\text{کارنو}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{400} = \frac{1}{4} = 0.25 \rightarrow \eta_{\text{کارنو}} = 0.25$$

بازده ماشین های C و D را محاسبه کرده و با بازده کارنو مقایسه می کنیم. ماشینی قابل ساخت است که در آن هم قضیه کارنو و هم قانون اول ترمودینامیک برقرار باشد:

قضیه کارنو برقرار نیست $\rightarrow \eta_C > \eta_{\text{کارنو}} \rightarrow \eta_C = 1 - \frac{|Q_L|}{|Q_H|} = 1 - \frac{200}{600} = 1 - 0.33 = 0.67$

قضیه کارنو برقرار است $\rightarrow \eta_D < \eta_{\text{کارنو}} \rightarrow \eta_D = 1 - \frac{|Q_L|}{|Q_H|} = 1 - \frac{90}{100} = 1 - 0.9 = 0.1$

۲۲- یک ماشین کارنو بین دماهای 280K و 360K کار می کند. این ماشین در هر چرخه 750J گرما از منبع دما بالا می گیرد.

الف) در هر چرخه $|W|$ چقدر است؟

$T_L = 280\text{K}$, $T_H = 360\text{K}$, $Q_H = 750\text{J}$, $|W| = ?$, $|Q_L| = ?$

$$\eta_{\text{کارنو}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{280}{360} = 1 - \frac{28}{36} = \frac{8}{36} = \frac{2}{9}$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow |W| = \eta Q_H = \frac{2}{9} \times 750 = \frac{500}{3} \rightarrow |W| = \frac{500}{3}\text{J}$$

ب) در هر چرخه چقدر گرما به منبع دما پایین داده می شود؟

$$|Q_L| = Q_H - |W| \rightarrow |Q_L| = 750 - \frac{500}{3} = \frac{1750}{3} \rightarrow |Q_L| = \frac{1750}{3}\text{J}$$

۲۴- قرار است نیم ساعت دیگر مهمانی برای شما برسد در حالی که هیچ یخی را برای نوشابه خود آماده نکرده اید. به سرعت $1/100\text{L}$ آب 10°C را در قالب های یخ می ریزید و در فریزر قرار می دهید. آیا در زمانی که مهمان می رسد، یخ خواهید داشت؟ ضریب عملکرد یخچال $4/0$ و توان آن 110W است. (فرض کنید همه توان الکتریکی یخچال صرف سرد کردن و یخ زدن آب می شود.)

$$V = 1\text{L} = 1 \times 10^{-3}\text{m}^3$$
 , $c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, $L_{\text{ف}} = 333 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$, $\rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
 $K = 4$, $P = 110\text{W}$, $t = ?$

با استفاده از رابطه $\rho = \frac{m}{V}$ جرم آب را محاسبه می‌کنیم:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 1000 \times 1 \times 10^{-3} = 1 \text{ kg} \rightarrow m = 1 \text{ kg}$$

مقدار گرمایی که ۱ kg آب ۱۰°C از دست می‌دهد تا به یخ ۰°C تبدیل شود به صورت زیر به دست می‌آید:

$$Q = mc_p \Delta\theta - mL_f = 1 \times 4200 \times (0 - 10) - (1 \times 333 / 7 \times 10^3)$$

$$= -42000 - 33327.00 = -75327.00 \text{ J} \rightarrow |Q_L| = 75327.00 \text{ J}$$

گرمایی که یخچال از آب برای یخ زدن می‌گیرد

کاری که یخچال برای یخ زدن آب انجام می‌دهد:

$$K = \frac{|Q_L|}{W} \rightarrow W = \frac{|Q_L|}{K} = \frac{75327.00}{4} = 18831.75 \text{ J} \rightarrow W = 18831.75 \text{ J}$$

زمانی که طول می‌کشد تا آب یخ بزند:

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow t = \frac{W}{P} = \frac{18831.75}{110} = 171.19 \text{ s} \rightarrow t = 2.85 \text{ min}$$

باتوجه به اینکه تقریباً ۱۴ دقیقه طول می‌کشد تا همه آب به یخ ۰°C تبدیل شود زمان کافی برای درست کردن یخ خواهیم داشت.

۲۵- یک کولر گازی در هر دقیقه ۹/۰۰ × ۱۰^۴ J گرما از اتاق می‌گیرد و در همان مدت ۱/۳ × ۱۰^۵ J گرما به فضای بیرون می‌دهد. با فرض آرمانی بودن کولر.

الف) توان مصرفی این کولر چند وات است؟

$$1 = 60 \text{ s}, |Q_L| = 9 \times 10^4 \text{ J}, Q_H = 13 \times 10^4 \text{ J}, P = ?, K = ?$$

برای به دست آوردن توان مصرفی کولر ابتدا باید کار انجام شده توسط کولر را محاسبه کرد:

$$\text{در یخچال‌ها: } |Q_H| = Q_L + W \rightarrow W = |Q_H| - Q_L = 13 \times 10^4 - 9 \times 10^4 = 4 \times 10^4 \text{ J} \rightarrow W = 4 \times 10^4 \text{ J}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{4 \times 10^4}{60} = \frac{2}{3} \times 10^4 \text{ W} \rightarrow P = \frac{2}{3} \times 10^4 \text{ W}$$

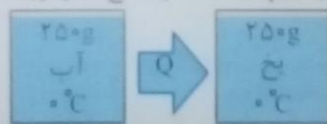
ب) ضریب عملکرد آن چقدر است؟

$$K = \frac{|Q_L|}{W} = \frac{9 \times 10^4}{4 \times 10^4} = 2.25 \rightarrow K = 2.25$$

۲۶- فرض کنید ۲۵۰ g آب صفر درجه سلسیوس در اختیار داریم. می‌خواهیم با قرار دادن این آب در یخچال، یخ تهیه کنیم.

یخچال در اتاقی قرار دارد که دمای آن ۲۲/۰°C است. دمای داخل یخچال در ۰/۵°C - ثابت نگه داشته شده است.

کمترین مقدار انرژی الکتریکی که باید به یخچال داده شود تا یخ صفر درجه سلسیوس تشکیل شود. چقدر است؟



$$m = 250 \text{ g} = 0.25 \text{ kg}, T_H = 22 + 273 = 295 \text{ K}, T_L = -0.5 + 273 = 272.5 \text{ K}, W = ?$$

$$L_f = \frac{333}{7} \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$Q_L = -mL_f = -0.25 \times 333 / 7 \times 10^3 = -11875 \text{ J} \rightarrow |Q_L| = 11875 \text{ J}$$

کمترین مقدار انرژی داده شده به یخچال زمانی است که یخچال بیشترین بازده را داشته باشد: $K_{\text{بر}} = K$

$$K_{\text{بر}} = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{272.5}{295 - 272.5} = 10 \rightarrow K_{\text{بر}} = K = 10$$

ضریب عملکرد یخچال:

$$K = \frac{|Q_L|}{W} \rightarrow W = \frac{|Q_L|}{K} = \frac{11875}{10} = 1187.5 \text{ J} \rightarrow W = 1187.5 \text{ J}$$

پایه دهم ریاضی (دوره دوم متوسطه)

کولر گازی

ارزشیابی مستمر

۱- درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید. (۱ نمره)

- الف) انرژی درونی یک گاز کامل فقط تابع دمای مطلق گاز است.
 ب) در فرایند هم فشار، کار و گرما بین دستگاه و محیط مبادله می‌شود.
 ج) تغییر انرژی درونی در تمام فرایندها از رابطه $\Delta U = nC_V \Delta T$ به دست می‌آید. درست یا نادرست.
 د) ماشین بخار، یک ماشین گرمایی درون سوز است.
 ه) جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب پر کنید.
 الف) چرخه آرمانی یک ماشین بنزینی را چرخه ... می‌گویند.
 ب) با انجام ... می‌توان گرما را از جسم سرد به جسم گرم منتقل کرد.
 ج) بیشترین ضریب عملکرد یخچال را ضریب عملکرد ... یخچال می‌گویند.
 د) اگر حجم دستگاه کاهش یابد علامت W ... است.

- درست نادرست
 درست نادرست
 درست نادرست
 درست نادرست

۲- از داخل پرانتز عبارت درست را انتخاب کنید. (۱)

الف) بازده ماشین کارنو به جنس ماده ای که چرخه را می‌پیماید بستگی (دارد - ندارد).
 ب) در فرایند (هم فشار - هم حجم) تغییر انرژی درونی دستگاه برابر با گرمای مبادله شده است.
 ج) در فرایند (هم دما - بی دررو)، گرمایی بین محیط و دستگاه مبادله نمی‌شود.
 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 100K و 500K کار می‌کند چقدر است؟
 ب) یخچالی با صرف انرژی 400J مقدار 1200J انرژی گرمایی را از داخل یخچال می‌گیرد. ضریب عملکرد این یخچال چقدر است؟

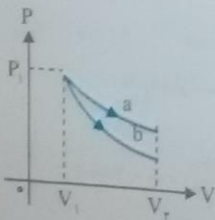
الف) ۲۰ درصد ب) ۴۰ درصد ج) ۶۰ درصد د) ۸۰ درصد

الف) ۱ ب) ۲ ج) ۳ د) ۴

۴- مفاهیم زیر را تعریف کنید. (۱)

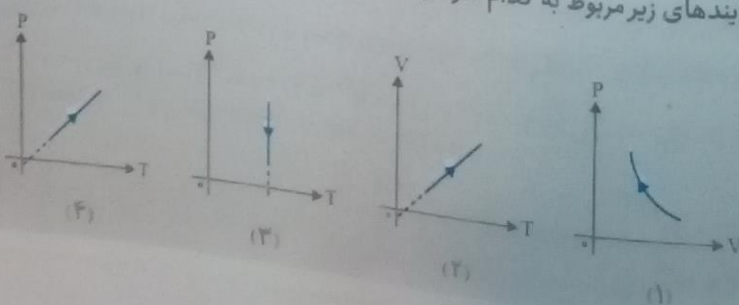
الف) قانون اول ترمودینامیک:
 ب) قانون دوم ترمودینامیک (به بیان ماشین گرمایی):

۵- شکل مقابل نمودارهای هم دما و بی درروی گاز کاملی را نشان می‌دهد: (۱)



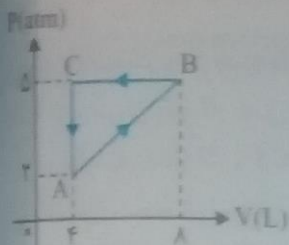
الف) کدام یک از فرایندهای a و b بی دررو است؟
 ب) تغییر انرژی کدام فرایند صفر است؟

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

۸-۵۰ مول گاز تک اتمی چرخه‌ای مطابق شکل زیر طی می‌کند. (۱/۷۵) (نهایی ریاضی - دی ۹۲)



الف) کار انجام شده در این چرخه چقدر است؟

ب) گاز در فرآیند BC چند ژول گرما یا محیط مبادله می‌کند؟

$$C_p = \frac{5}{2} R \quad R = 8 \frac{J}{mol \cdot K}$$

یک ماشین بخار آرماتی در هر دقیقه $3 \times 10^4 J$ گرما از دیگ بخار دریافت می‌کند و $1/8 \times 10^4 J$ گرما در سردکننده از دست می‌دهد. (۱/۲۵) (نهایی ریاضی - خرداد ۹۵)

الف) کار انجام شده توسط ماشین در هر دقیقه چند ژول است؟

ب) بازده این ماشین چقدر است؟

پاسخ ارزشیابی مستمر

۱ الف) درست (۰/۲۵)، ب) درست (۰/۲۵)، ج) درست (۰/۲۵)، د) نادرست (۰/۲۵) ۲ الف) اتو (۰/۲۵)، ب) کار (۰/۲۵)

ج) کارنو (۰/۲۵)، د) مثبت (۰/۲۵) ۳ الف) ندارد (۰/۲۵)، ب) هم حجم (۰/۲۵)، ج) بی‌دررو (۰/۲۵)، د) هم‌دما

۴ الف) گزینه (د) (۰/۵) (۰/۵) $\eta_{\text{کارنو}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{1}{5} = \frac{4}{5} = 0.8 \times 100 = 80\%$ (۰/۵) $T_L = 100 K, T_H = 500 K$

ب) گزینه (ج) (۰/۵) $W = 400 J, Q_L = 1200 J, K = \frac{Q_L}{W} = \frac{1200}{400} = 3 \rightarrow K = 3$

۵ الف) اگر در یک فرآیند ایستاوار، دستگاه گرمای Q را بگیرد و کار W روی دستگاه انجام شود (۰/۲۵)، تغییر انرژی درونی دستگاه برابر است با مجموع گرمای مبادله شده و کار انجام شده. $\Delta U = Q + W$ (۰/۲۵)

ب) ممکن نیست دستگاه طی چرخه‌ای همه گرمای جذب شده از منبع گرم را به کار تبدیل کند. (۰/۵)

۶ الف) شیب نمودار بی‌دررو بیشتر از هم‌دما است بنابراین فرآیند b، بی‌دررو است. (ب) تغییر انرژی درونی فرآیند هم‌دما صفر است از آنجا که فرآیند h، هم‌دماست بنابراین تغییر انرژی درونی فرآیند a صفر است. (۰/۵)

۷ الف) نمودار ۲، ب) نمودار ۴، ج) نمودار ۱، د) نمودار ۳ (هر مورد ۰/۲۵)

۸ الف) $|W| = S_{ABC} = \frac{1}{2} \times (8-4) \times (5-2) = 600 J \rightarrow |W| = 600 J$ (۰/۲۵)

ب) هم فشار است BC فرآیند $Q = nC_p \Delta T = n \times \frac{5}{2} R (T_C - T_B) = \frac{5}{2} (nRT_C - nRT_B)$ (۰/۲۵)

$Q = \frac{5}{2} (P_C V_C - P_B V_B) = \frac{5}{2} (5 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-2} - 5 \times 10^5 \times 8 \times 10^{-2}) = \frac{5}{2} (20000 - 40000) = -5000 J$ (۰/۲۵)

۹ الف) $Q_H = 3 \times 10^4 J, |Q_L| = 1/8 \times 10^4 J, |W| = ?$

$Q_H = |Q_L| + |W| \rightarrow |W| = Q_H - |Q_L| = 3 \times 10^4 - 1/8 \times 10^4 = 1/2 \times 10^4 J \rightarrow |W| = 1/2 \times 10^4 J$ (۰/۲۵)

ب) بازده $\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{1/2 \times 10^4}{3 \times 10^4} = 0.166 = 16.6\%$ (۰/۲۵)

یاد هم ریاضی (دوره دوم متوسطه)

توسعه

سوالات امتحانی

ساعت اول (نوبت اول)

وقت

نام

۱- درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید.

- الف) جرم جسم کمیتری برداری است. درست نادرست
- ب) اگر سرعت جسمی را نصف کنیم، انرژی جنبشی جسم ۲ برابر می‌شود. درست نادرست
- ج) با افزایش دما، نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌ها کاهش می‌یابد. درست نادرست
- د) ارتفاع جیوه در لوله مویین بالاتر از سطح جیوه در ظرف است. درست نادرست

۲- از داخل پرانتز عبارات درست را انتخاب کنید.

- الف) مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل یک جسم را انرژی (درونی-مکانیکی) جسم می‌گویند.
- ب) وقتی وزنه برداری وزنه‌ای را به آرامی پایین می‌آورد، کار ورزشکار روی وزنه (مثبت - منفی) است
- ج) اگر نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد (بیشتر-کمتر) باشد، مایع جامد را تر نمی‌کند.
- د) پدیده (کشش سطحی - پخش) ناشی از حرکت نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های مایع است.

۳- گزینه درست را مشخص کنید.

- الف) یک دماسنج دیجیتالی دمای جسمی را $23/5^{\circ}C$ نشان می‌دهد. خطای این وسیله چقدر است؟
- الف) $\pm 0/5^{\circ}C$ (ب) $\pm 1^{\circ}C$ (ج) $\pm 0/1^{\circ}C$ (د) $\pm 0/25^{\circ}C$
- ب) با خط‌کشی که بر حسب میلی‌متر درجه‌بندی شده است، طول جسمی $142/7mm$ اندازه‌گیری می‌شود. رقم غیر قطعی این اندازه‌گیری کدام است؟
- الف) ۱ (ب) ۴ (ج) ۲ (د) ۷

۴- مفاهیم زیر را تعریف کنید.

ب) کار و انرژی پتانسیل کشسانی

الف) کشش سطحی

۵- مرتبه بزرگی اعداد زیر را تخمین بزنید.

- الف) $0/0078 \times 10^9$ (ب) 2500×10^{-6}

۶- عدد زیر را با نمادگذاری علمی و بر حسب یکای خواسته شده بنویسید.

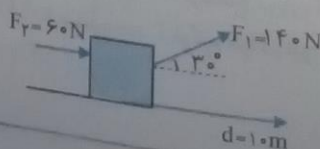
- الف) $175 \times 10^{-14} m =$ (ب) $0/095 \times 10^4 mg =$
- Tg pm

۷- دو ویژگی آب در لوله مویین را بنویسید.

۸- به چه جامداتی آمورف می‌گویند؟ مثالی بزنید.

۹- چگالی الکل در SI، $800 \frac{kg}{m^3}$ است. جرم $20 cm^3$ الکل چند گرم است؟

- ۱۰- مطابق شکل زیر بر جعبه‌ای دو نیروی $F_1 = 140 N$ و $F_2 = 60 N$ وارد می‌شود. اگر نیروی اصطکاکی جنبشی در حین حرکت $32 N$ باشد، کار کل انجام شده بر روی جسم را در جابه‌جایی 10 متر محاسبه کنید.
- ($\cos 30^{\circ} = 0/8, \cos 180^{\circ} = -1$)



۱۱- چتر بازی با جرم کل 70 kg از بالنی که در ارتفاع 80 m از سطح زمین است، با تندی $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ به بیرون

می‌پرد. اگر او با تندی $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ 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)

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

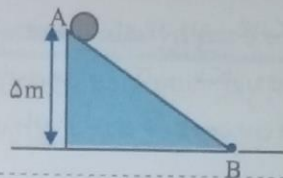
۱۲- جرم موتورسواری با موتورش 150 kg است. اگر این موتورسوار از تپه‌ای به ارتفاع 50 m به تپه‌ای پایین‌تر به ارتفاع

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

20 m پرشی انجام دهد. کار نیروی وزن موتورسوار در این جابه‌جایی چقدر است؟

۱۳- جسمی به جرم 2 kg مطابق شکل از ارتفاع 5 m روی سطح شیب‌دار از نقطه A رها می‌شود. اگر کار

نیروهای مقاوم در طول مسیر 20 J باشد، سرعت جسم در نقطه B چقدر است؟ $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$



۱۴- تلمبه‌ای با توان 2 kW در مدت 10 s مقدار 60 لیتر آب را از سطح زمین تا ارتفاع 15 m بالا می‌فرستد.

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

اگر چگالی آب $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ باشد، بازده این تلمبه چند درصد است؟

سؤال‌های ویژه دانش‌آموزان تجربی

۱۵- روشی پیشنهاد کنید که به کمک آن بتوان حجم یک جسم جامد با شکل نامنظم را بدست آورد.

۱۶- آیا انرژی جنبشی یک جسم می‌تواند منفی باشد؟ توضیح دهید.

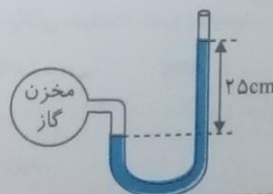
۱۷- چرا آب مایع مناسبی برای خاموش کردن بنزین شعله‌ور نیست؟

۱۸- مرتبه بزرگی تعداد ضربان قلب یک انسان در طول عمرش را تخمین بزنید. میانگین طول عمر انسان را 75

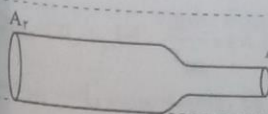
سال، تعداد ضربان قلب در هر ثانیه را 0.8 و هر سال را 3×10^7 در نظر بگیرید.

سؤال‌های ویژه دانش‌آموزان ریاضی و فیزیک

۱۵- در شکل زیر فشار جو 10^5 Pa است. فشار گاز درون مخزن چقدر است؟ $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \rho_{\text{مایع}} = 8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3})$



۱۶- در شکل مقابل $A_1 = 2 \text{ mm}^2$ و $A_2 = 8 \text{ mm}^2$ است. اگر تندی A_1 برابر 6 m/s باشد، تندی حرکت آب در A_2 چقدر است؟



۱۷- اصل ارشمیدس را توضیح دهید.

ب) چرا وقتی کامیون در حرکت است، بوشش برزنتی آن پف می‌کند؟

۱۸- یک ستون فرضی به سطح مقطع 2 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 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) بیشتر (۰/۵) د) پخش (۰/۵) ۳ الف) گزینه ج (۰/۵)، خطای وسیله‌های رقمی، مثبت منفی یک واحد از آخرین رقمی است که می‌خوانند. ب) گزینه د (۰/۵) آخرین رقم سمت راست عدد اندازه‌گیری شده، رقم غیر قطعی است. ۴ الف) به ذرات نیروهای جاذبه‌ای که مولکول‌های سطح مایع به یکدیگر وارد می‌کنند سطح مایع شبیه یک پوسته تحت کشش رفتار می‌کند و کشش سطحی روی می‌دهد. ب) کار نیروی فنر در یک جابه‌جایی برابر است با منفی تغییر انرژی پتانسیل کشسانی سامانه جسم - فنر در آن جابه‌جایی. (کشسانی $W_{\text{فنر}} = -\Delta U$) (۰/۵)

الف) $(۰/۵) \quad 10^7 - 10^3 \times 10^9 - 10^1 \times 10^{-3} \times 10^9 = 7/8 \times 10^{-3} \times 10^9 = 7/8 \times 10^6$

ب) $(۰/۵) \quad 10^{-3} - 10^0 \times 10^3 \times 10^{-6} - 10^0 \times 10^3 \times 10^{-6} = 2/5 \times 10^3 \times 10^{-6} = 2/5 \times 10^{-3}$

الف) $(۰/۲۵) \quad (175 \times 10^{-13} \text{ m})(1) = (175 \times 10^{-13} \text{ m}) \left(\frac{1 \text{ pm}}{10^{-12} \text{ m}} \right) = 175 \times 10^{-13} \times 10^{12} \text{ pm}$

$= 1/75 \times 10^2 \times 10^{-13} \times 10^{12} \text{ pm} = 1/75 \times 10^0 \text{ pm} = 1/75 \text{ pm} \quad (۰/۲۵)$

ب) $(۰/۲۵) \quad (0.095 \times 10^3 \text{ mg})(1)(1) = (0.095 \times 10^3 \text{ mg}) \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ Tg}}{10^{12} \text{ kg}}$

$= 0.095 \times 10^3 \times 10^{-3} \times 10^{-12} \text{ Tg} = 9/5 \times 10^{-2} \times 10^{-11} \text{ Tg} = 9/5 \times 10^{-13} \text{ Tg} \quad (۰/۲۵)$

۷- ارتفاع آب در لوله مویین بالاتر از ارتفاع آب در ظرف است. (۰/۲۵) -۲- سطح آب در لوله مویین فرورفته است. (۰/۲۵)
۸- به جامدهایی که در آنها مولکول‌ها به صورت نامنظم در کنار هم قرار داشته و معمولاً از سرد کردن سریع مایع مذاب پدید می‌آیند، آمورف می‌گویند؛ مثل شیشه. (۰/۵)

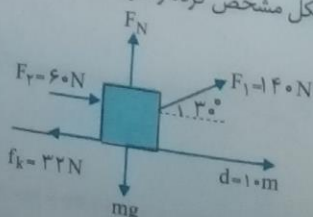
۹- ابتدا باید چگالی الکل را بر حسب $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ محاسبه کنیم:

$\rho_{\text{الکل}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = (800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})(1)(1) = (800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) \left(\frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} \right)$

$= 8 \times 10^2 \times 10^3 \times 10^{-6} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \rightarrow \rho_{\text{الکل}} = 0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad (۰/۲۵), \quad V = 20 \text{ cm}^3$

$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 0.8 \times 20 = 16 \text{ g} \rightarrow m = 16 \text{ g} \quad (۰/۲۵)$

۱۰- همه نیروهای وارد بر جسم را بر روی شکل مشخص کرده و کارتک‌تک نیروها را محاسبه می‌کنیم:



$W_{F_1} = F_1 d \cos 30^\circ = 140 \times 10 \times 0.8 = 1120 \text{ J} \quad (۰/۲۵)$

$W_{F_2} = F_2 d = 60 \times 10 = 600 \text{ J} \quad (۰/۲۵)$

$$W_{f_k} = f_k d \cos 180^\circ = 32 \times 10 \times (-1) = -320 \text{ J (0/25)}$$

$$W_{F_N} = W_{mg} = 0 \text{ (0/25)}$$

چون نیروهای F_N و mg عمود بر جابه‌جایی هستند، کار این نیروها صفر است:

$$W_t = W_{F_N} + W_{mg} + W_{F_1} + W_{F_2} + W_{f_k} = 1120 + 600 - 320 = 1400 \text{ J} \rightarrow W_t = 1400 \text{ J (0/25)}$$

$$m = 70 \text{ kg}, d = 80 \text{ m}, v_1 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}, v_2 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, W_f = ?$$

۱۱

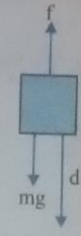
$$W_t = \Delta K \rightarrow W_f + W_{mg} = K_2 - K_1 \text{ (0/25)}$$

$$W_{mg} = mgd = 70 \times 10 \times 80 = 56000 \text{ J (0/25)}$$

$$K_1 = \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} \times 70 \times 2^2 = 140 \text{ J (0/25)}$$

$$K_2 = \frac{1}{2} m v_2^2 = \frac{1}{2} \times 70 \times 4^2 = 560 \text{ J (0/25)}$$

نیروهای مقاومت هوا و وزن به این جسم وارد می‌شود بنابراین:



$$\rightarrow W_f + 56000 = 560 - 140 \rightarrow W_f = 420 - 56000 = -55580 \text{ J}$$

$$\rightarrow W_f = -55580 \text{ J (0/5)}$$

$$m = 150 \text{ kg}, h_1 = 50 \text{ m}, h_2 = 20 \text{ m}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, W_{mg} = ?$$

۱۲

$$W_{mg} = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = -(mgh_2 - mgh_1) = -mg(h_2 - h_1) = -150 \times 10 \times (20 - 50)$$

$$\rightarrow W_{mg} = 45000 \text{ J (0/25)}$$

$$m = 2 \text{ kg}, h_A = 5 \text{ m}, v_A = 0, W_{f_{\text{مقاوم}}} = -20 \text{ J}, h_B = 0, v_B = ?$$

۱۳

$$W_f = E_B - E_A \rightarrow W_f = (K_B - U_B) - (K_A + U_A) \rightarrow W_f = K_B - U_A$$

$$W_f = \frac{1}{2} m v_B^2 - mgh_A \rightarrow -20 = \frac{1}{2} \times 2 \times v_B^2 - 2 \times 10 \times 5 \rightarrow -20 = v_B^2 - 100$$

$$\rightarrow v_B^2 = 80 \rightarrow v_B = \sqrt{80} \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ (0/25)}$$

$$P = 2 \text{ kW} = 2000 \text{ W}, \Delta t = 10 \text{ s}, V = 60 \text{ L} = 60 \times 10^{-3} \text{ m}^3, h = 15 \text{ m}, \rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

۱۴

$$R_a = ?$$

$$P_{\text{ورودی}} = \frac{E_{\text{ورودی}}}{\Delta t} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = P_{\text{ورودی}} \Delta t = 2000 \times 10 = 20000 \text{ J} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = 20000 \text{ J (0/25)}$$

$$E_{\text{خروجی}} = \Delta U = mgh \xrightarrow{m=\rho V} E_{\text{خروجی}} = \rho Vgh = 1000 \times 60 \times 10^{-3} \times 10 \times 15 = 9000 \text{ J}$$

$$\rightarrow E_{\text{خروجی}} = 9000 \text{ J (0/25)}$$

$$R_a = \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} = \frac{9000}{20000} = 0.45 \text{ (0/25)} \rightarrow \text{درصد بازده} = 0.45 \times 100 = 45\% \text{ (0/25)}$$

پاسخ نامه سؤال های ویژه دانش آموزان تجربی

جسم را داخل ظرف مدرج حاوی آب قرار می دهیم، اختلاف حجم آب، بعد و قبل از ورود جسم برابر است با حجم این جسم. (۰/۵)

۱۶ خیر با توجه به رابطه انرژی جنبشی $K = \frac{1}{2}mv^2$ ، چون هر دو کمیت m و v^2 مثبت هستند، حاصل ضرب آنها نیز کمیتی مثبت است؛ بنابراین انرژی جنبشی کمیتی مثبت خواهد بود. (۰/۵)

۱۷ چون چگالی بنزین کمتر از آب است بنزین بر روی سطح آب قرار گرفته و همچنان شعله ور باقی می ماند. (۰/۵)

۱۸ مرتبه تعداد ضربان قلب در هر ثانیه برابر است با: $0.18 = 18 \times 10^{-1} - 10^1 \times 10^{-1} - 10^0 \text{ beat}$ (۰/۲۵)

مرتبه بزرگی طول عمر میانگین انسان برابر است با: $75 \text{ year} = 7/5 \times 10^1 - 10^1 \times 10^0 - 10^2 \text{ year}$ (۰/۲۵)

مرتبه بزرگی هر سال بر حسب ثانیه برابر است با: $3 \times 10^7 \text{ s} - 10^8 \times 10^0 - 10^9 \text{ s}$ (۰/۲۵)

با توجه به اطلاعات بدست آمده تعداد ضربان قلب انسان در طول عمرش را می توان به صورت زیر تخمین زد:

$$N \sim (10^2 \text{ year}) \left(\frac{10^7 \text{ beat}}{1 \text{ year}} \right) \left(\frac{10^0 \text{ year}}{10^8 \text{ beat}} \right) \sim 10^2 \times 10^7 \text{ beat} - 10^9 \text{ beat} \quad (۰/۲۵)$$

(۰/۵)

پاسخ نامه سؤال های ویژه دانش آموزان ریاضی و فیزیک

$P_0 = 10^5 \text{ Pa}$, $h = 25 \text{ cm} = 0.25 \text{ m}$, $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

$$P_{\text{مغ}} = \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right) (1)(1) = \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right) \left(\frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} \right) = \frac{10^6 \text{ kg}}{10^6 \text{ m}^3} = 10^0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_{\text{مخزن}} = P_0 + \rho gh = 10^5 + 10^0 \times 10 \times 0.25 = 100000 + 25000 = 125000 \text{ Pa}$$

$$\rightarrow P_{\text{مخزن}} = 1.25 \times 10^5 \text{ Pa} \quad (۰/۲۵)$$

$A_1 = 2 \text{ mm}^2$, $A_2 = 8 \text{ mm}^2$, $v_1 = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $v_2 = ?$

معادله پیوستگی: $A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow 2 \times 6 = 8 \times v_2 \rightarrow v_2 = \frac{12}{8} = 1.5 \text{ m/s} \rightarrow v_2 = 1.5 \text{ m/s}$ (۰/۲۵)

۱۷ الف) وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره ای فرو رود، شاره نیرویی بالاسو بر آن وارد می کند که با وزن شاره جابه جا شده توسط جسم برابر است. (۰/۵)

ب) با حرکت کامیون تندی جریان هوا در بالای پوشش برزنتی افزایش یافته و طبق اصل برنولی فشار هوا در آن قسمت کاهش می یابد. در نتیجه اختلاف فشار هوای داخل و بیرون پوشش برزنتی باعث پف کردن آن می شود (۰/۵)

$A = 2 \text{ m}^2$, $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$, $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$, $m = ?$

$$P_0 = \frac{F}{A} \rightarrow F = P_0 A \xrightarrow{F=mg} mg = P_0 A \rightarrow m = \frac{P_0 A}{g} = \frac{10^5 \times 2}{10} = 2 \times 10^4 \text{ kg}$$

$$\rightarrow m = 2 \times 10^4 \text{ kg} \quad (۰/۲۵)$$

سوالات امتحانی

آزمون نوبت دوم

۱- درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید.

الف) به رقم‌هایی که بعد از اندازه‌گیری یک کمیت فیزیکی ثبت می‌کنیم، رقم‌های با معنا می‌گویند.

درست نادرست

ب) کار نیروی وزن جسم همواره منفی است.

درست نادرست

ج) ویژگی‌های فیزیکی همه مواد در مقیاس نانو تغییر می‌کند.

درست نادرست

د) انبساط حجمی جامدات از مایعات بسیار کمتر است.

درست نادرست

۲- از داخل پرانتز عبارت درست را انتخاب کنید.

الف) دما و مقدار ماده کمیت‌های (اصلی - فرعی) هستند.

ب) انرژی جنبشی جسم به جهت حرکت آن بستگی (دارد - ندارد).

ج) وقتی مایعی به سرعت سرد می‌شود، معمولاً جامد (پلورین - بی‌شکل) به وجود می‌آید.

د) در رساناهای فلزی سهم (مولکول‌ها - الکترون‌های آزاد) در رسانش گرما بیشتر از آنها است.

۳- گزینه درست را مشخص کنید.

الف) خطای اندازه‌گیری خط کشی که نا میلی متر مدرج شده کدام گزینه است؟

الف) $\pm 1 \text{ mm}$ ب) $\pm 0.5 \text{ mm}$ ج) $\pm 0.1 \text{ mm}$ د) $\pm 0.5 \text{ cm}$

ب) جرم یک قطعه فلزی 10 g و چگالی آن $10^4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ است. حجم این قطعه چند سانتی‌متر مکعب است؟

الف) 1 cm^3 ب) 0.1 cm^3 ج) 10 cm^3 د) 0.01 cm^3

ج) اگر حجم جسم بیشتر از حجم شاره جابه‌جا شده باشد:

الف) جسم در مایع غوطه‌ور است.

ب) جسم بر روی مایع شناور است.

ج) نیروی شناوری بزرگ‌تر از نیروی وزن است.

د) نیروی شناوری کوچک‌تر از نیروی وزن است.

د) دمای سردترین نقطه در قطب جنوب 85°C - است. این دما بر حسب فارنهایت برابر است با:

الف) 121°F - ب) 77°F ج) 188°F د) 185°F -

۴- مفاهیم زیر را تعریف کنید.

الف) اصل برنولی

ب) گرمای نهان ویژه ذوب

۵- عبارت‌های مناسب را به یکدیگر وصل کنید.

الف) مرتبه بزرگی عدد 5800×10^{-4}

ب) مجموع انرژی‌های ذرات تشکیل دهنده جسم

ج) دلیل خمیدگی در نوار دو فلزه

د) نوع فرایند میعان

انرژی درونی

10^1

گرماگیر

تعادل گرمایی

انرژی جنبشی

10^0

انبساط و انقباض

گرما ده

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

۷- چرا ارتفاع حیوه در لوله موئین پایین‌تر از سطح حیوه در ظرف است؟

۸- دو عامل مؤثر در تابش گرمایی از یک جسم را نام ببرید.

۰/۵

۹- آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوانید فشار هوا را در محل زندگی خود اندازه گیری کنید.

۰/۲۵

۱۰- مطابق شکل زیر گلوله‌ای به جرم 500g از نقطه A با تندی اولیه 4 m/s رو به پایین حرکت می‌کند. اگر تندی گلوله در نقطه B برابر 6 m/s باشد، کار نیروهای مقاوم در طول مسیر چقدر است؟

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



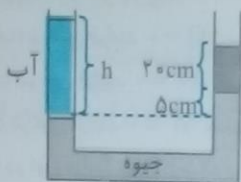
۱۱- پالابری با توان 1 kw و بازده 80% درصد باری به جرم 250kg را در مدت 10 s چند متر بالا می‌برد؟

۱/۵

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

۱۲- در یک لوله U شکل آب، جیوه و الکل به صورت زیر به حالت تعادل قرار دارند اگر ارتفاع الکل 20 cm و اختلاف ارتفاع جیوه در دو شاخه 5 cm باشد، ارتفاع آب چقدر است؟

۱/۵



$$P_{\text{الکل}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad P_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_{\text{جیوه}} = 13000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

۱۳- چند گرم یخ 10°C را با 200g آب 50°C مخلوط کنیم تا پس از تعادل گرمایی دمای تعادل 20°C شود؟

۲/۲۵

$$c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}, \quad L_f = 330000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}, \quad c_{\text{یخ}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

۱۴- یک ورقه مسی به ابعاد 2 و 5 متر بر اثر تغییر دمای 50K به اندازه 18 cm^2 افزایش سطح پیدا می‌کند. ضریب انبساط طولی مس را پیدا کنید.

۰/۷۵

سؤال‌های ویژه دانش‌آموزان تجربی

۱۵- گازی در دمای 20°C دارای حجم 100 cm^3 است. این گاز را باید تا چه دمایی گرم کنیم تا در فشار ثابت حجم آن 200 cm^3 شود؟

۰/۷۵

۱۶- در محفظه‌ای 64g اکسیژن با فشار 2 atm و دمای 27°C وجود دارد. حجم این محفظه چند لیتر است؟

۱

$$M_{\text{O}_2} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, \quad R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$$

۱۷- گلوله‌ای به جرم 500g با تندی 4 m/s به سمت فئری پرتاب شده و فنر را فشرده کرده و برای لحظه‌ای متوقف می‌شود. اگر انرژی پتانسیل کشسانی فنر در لحظه‌ی توقف 3 J باشد کار نیروی اصطکاک در طول مسیر چقدر است؟ (۱/۵)

۱/۵

۱۸- طبق اصل برنولی توضیح دهید چرا باریکه آب با نزدیک تر شدن به سطح زمین باریک‌تر می‌شود؟

۰/۵

۱۹- اگر سطح مقطع یک لوله را 4 برابر کنیم، تندی جریان آب در لوله با فرض اینکه آب همه لوله را فرا گیرد، چند برابر می‌شود؟

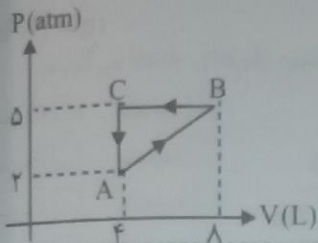
۰/۵

۲۰- فشار وارد شده از سوی 40 cm جیوه معادل فشار چه ارتفاعی روشن است؟

$$P_{\text{جیوه}} = 13000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad P_{\text{روغن}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

سؤال‌های ویژه دانش‌آموزان ریاضی و فیزیک

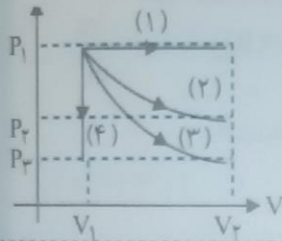
- ۱۵- ۵/۵ مول گاز تک اتمی چرخه‌ای مطابق شکل را طی می‌کند. (نهایی ریاضی - دی ۹۲)
 الف) کار انجام شده در کل چرخه چقدر است؟
 ب) گرمای مبادله شده گاز با محیط در فرایند BC چقدر است؟



$$(R = 8 \frac{J}{\text{mol} \cdot K}, C_P = \frac{5}{2} R)$$

- ۱۶- ضریب عملکرد یک کولر گازی ۳ است. اگر در هر دقیقه 9×10^4 گرما از درون اتاق گرفته شود، توان مصرفی کولر چند وات است؟

- ۱۷- گاز کاملی چهار فرایند هم‌حجم، هم‌فشار، هم‌دما و بی‌دررو را مطابق شکل طی می‌کند. در هر بخش شماره فرایند مربوط 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. ()

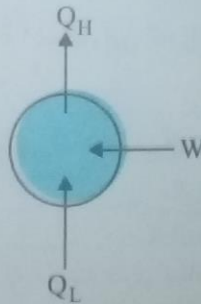
- ۱۸- از داخل پرانتز عبارت مناسب را انتخاب کنید.

- الف) براساس قانون (اول - دوم) ترمودینامیک گرما به خودی خود از جسم سرد به جسم گرم منتقل نمی‌شود.
 ب) در تراکم بی‌دررو گاز کامل، دمای گاز (افزایش - کاهش) می‌یابد.

- ۱۹- در شکل مقابل یک دستگاه ترمودینامیکی 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؟



پایخ سوالات امتحانی

الف) درست (۰/۲۵) ب) نادرست (۰/۲۵) ج) درست (۰/۲۵) د) درست (۰/۲۵) ۲ الف) اصلی (۰/۲۵) ب) ندارد (۰/۲۵)
 الف) شکل (۰/۲۵) د) الکترون های آزاد (۰/۲۵) ۳ الف) گزینه (ب) خطای اندازه گیری وسیله های درجه بندی شده،
 کمترین تقسیم بندی مقیاس آنهاست. (۰/۵) $1 \text{ mm} + 2 = 0.5 \text{ mm}$ ب) گزینه (الف) ابتدا چگالی جسم را بر
 حسب g/cm^3 محاسبه می کنیم:

$$m = 10 \text{ g}, \rho = 10^4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = (10^4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})(1)(1) = (10^4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) (\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}) (\frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3}) =$$

$$\frac{10^4 \times 10^3}{10^6} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 10 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{10}{10} = 1 \text{ cm}^3 \rightarrow V = 1 \text{ cm}^3$$

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 = \frac{9}{5} \times (-85) + 32 = -121^\circ \text{F} \rightarrow F = -121^\circ \text{F} \quad (0/5) \text{ الف) گزینه (د) (0/5) ب) گزینه (الف) (0/5)}$$

الف) در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می یابد. (۰/۵) ب) مقدار گرمایی است که به یک
 کیلوگرم از جسم جامد در نقطه ذوب داده می شود تا به مایع تبدیل شود. (۰/۵)

الف) 10° (۰/۲۵) ب) انرژی درونی (۰/۲۵) ج) انبساط و انقباض (۰/۲۵) د) گرماده (۰/۲۵)

ب) اگر در جابه جایی یک جسم نیروی های مقاوم بیشتر از نیروی محرک باشند، جسم پس از طی مسافتی متوقف و کار
 کل انجام شده بر روی جسم منفی می شود؛ به بیان دیگر طبق تغییر کار و انرژی، جنبشی اگر سرعت جسم کاهش یابد، انرژی
 جنبشی آن نیز کاهش یافته و مطابق رابطه $W_f = K_f - K_i$ ، کار کل نیروهای وارد بر جسم منفی می شود. (۰/۵)

۷ چون نیروی هم چسبی بین مولکول های جیوه بیشتر از نیروی دگر چسبی بین مولکول های جیوه و مولکول های شیشه
 است، بنابراین جیوه سطح شیشه را تر نمی کند و سطح جیوه در لوله موئین پایین تر از سطح جیوه درون ظرف است. (۰/۵)

۸ دما، مسافت، میزان صیقلی بودن و رنگ سطح جسم (۲ مورد کافی است) (۰/۵)

۹ آزمایش توریچلی؛ یک لوله شیشه ای بلند (به طول تقریبی 80 cm) با یک سر بسته را از جیوه پر کرده و درون ظرف
 محتوی جیوه به طور وارونه قرار می دهیم. فشار هوا در محل برابر است با فشار ارتفاع ستون جیوه در لوله. بنابراین با

اندازه گیری ارتفاع جیوه درون لوله و دانستن چگالی جیوه ($\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) می توان فشار هوا را در محل با استفاده از
 رابطه $P_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{جیوه}} gh_{\text{جیوه}}$ محاسبه کرد. (۰/۷۵)

$$m = 500 \text{ g} = 0.5 \text{ kg}, v_A = 3 \text{ m/s}, h_A = 3 \text{ m}, v_B = 6 \text{ m/s}$$

$$h_B = 2 \text{ m}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, W_f = ?$$

$$E_A = K_A + U_A = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 3^2 + 0.5 \times 10 \times 3 = 3 + 15 = 18 \text{ J}$$

$$\rightarrow E_A = 18 \text{ J} \quad (0/5)$$

$$E_B = K_B + U_B = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 6^2 + 0.5 \times 10 \times 2 = 9 + 10 = 19 \text{ J}$$

$$\rightarrow E_B = 19 \text{ J} \quad (0/5)$$

$$W_f = E_B - E_A = 19 - 18 = 1 \text{ J} \rightarrow W_f = 1 \text{ J} \quad (0/5)$$

$$P = 1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}, R_a = \frac{1}{100} = 0.01, m = 25 \text{ kg}, \Delta t = 10 \text{ s}, h = ?, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$P = \frac{E_{\text{ورودی}}}{\Delta t} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = P \Delta t = 1000 \times 10 = 10000 \text{ J} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = 10000 \text{ J (0/5)}$$

$$R_a = \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} \rightarrow E_{\text{خروجی}} = R_a \cdot E_{\text{ورودی}} = 0.01 \times 10000 = 100 \text{ J} \rightarrow E_{\text{خروجی}} = 100 \text{ J (0/5)}$$

$$E_{\text{خروجی}} = \Delta U \rightarrow E_{\text{خروجی}} = mgh \rightarrow h = \frac{E_{\text{خروجی}}}{mg} = \frac{100}{25 \times 10} = 0.4 \text{ m} \rightarrow h = 0.4 \text{ m (0/5)}$$

$$\text{الکل: } \rho = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, h = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}$$

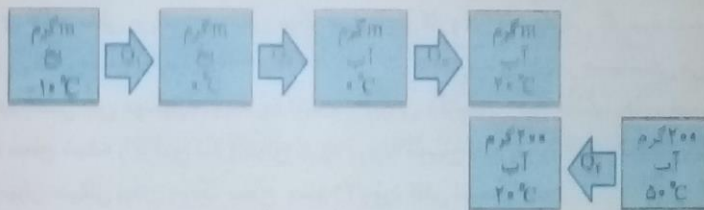
$$\text{چوب: } \rho = 1300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, h = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$$

$$\text{آب: } \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, h = ?$$

$$\rightarrow P_{\text{آب}} = P_{\text{چوب}} + P_{\text{الکل}} \rightarrow \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{چوب}} h_{\text{چوب}} + \rho_{\text{الکل}} h_{\text{الکل}} \quad (0/5)$$

$$\rightarrow 1000 \times h = 1300 \times 0.05 + 800 \times 0.02 \rightarrow 1000 h = 650 + 160 \quad (0/5)$$

$$\rightarrow h = \frac{810}{1000} = 0.81 \text{ m} \rightarrow h = 81 \text{ cm (0/5)}$$



$$C_{\text{آب}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}, L_{\text{ذوب}} = 330000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}, C_{\text{یخ}} = 2200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$\text{در تعادل گرمایی: } Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0 \quad (0/25)$$

$$Q_1 = mc_{\text{آب}} \Delta\theta = m \times 2100 \times (0 - (-10)) = 21000 m \quad (0/25)$$

$$Q_2 = mL_{\text{ذوب}} = m \times 330000 = 330000 m \quad (0/25)$$

$$Q_3 = mc_{\text{آب}} \Delta\theta = m \times 2100 \times (20 - 0) = 42000 m \quad (0/25)$$

$$Q_4 = mc_{\text{یخ}} \Delta\theta = 0.2 \times 2200 \times (20 - 50) = -25200 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$\rightarrow 21000 m + 330000 m + 42000 m - 25200 = 0 \rightarrow 435000 m = 25200 \rightarrow m = \frac{25200}{435000} \quad (0/5)$$

$$\rightarrow m = 0.058 \text{ kg} \rightarrow m = 58 \text{ g (0/5)}$$

$$A_1 = 2 \times 5 = 10 \text{ m}^2, \Delta T = 50 \text{ K}, \Delta A = 18 \text{ cm}^2, \alpha = ?$$

$$\Delta A = A_1 (\alpha \Delta T) \rightarrow \alpha = \frac{\Delta A}{A_1 \Delta T} = \frac{18 \times 10^{-4}}{10 \times 50} = \frac{18 \times 10^{-4}}{500} = 18 \times 10^{-4} \times 10^{-2} = 18 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \quad (0/25)$$

$$\rightarrow \alpha = 1.8 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1} \quad (0/25)$$

باسخ نامه سوال های تجربی

$$T_1 = 20 + 273 = 293 \text{ K} , V_1 = 100 \text{ cm}^3 , V_2 = 200 \text{ cm}^3 , T_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{\text{فشار ثابت}} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{100}{293} = \frac{200}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{200 \times 293}{100} = 586 \text{ K} \rightarrow T_2 = 586 \text{ K} \quad (0/25)$$

$$586 \text{ K} \rightarrow T_2 = 586 \text{ K} \quad (0/25)$$

$$m = 64 \text{ g} , P = 2 \text{ atm} = 2 \times 10^5 \text{ Pa} , T = 27 + 273 = 300 \text{ K} \quad (0/25)$$

$$V = ? , M_{O_2} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} , R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

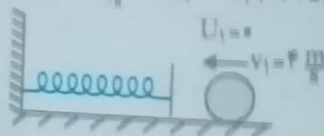
$$n = \frac{m}{M} = \frac{64}{32} = 2 \text{ mol} \quad \text{مقدار مول ماده} \quad (0/25)$$

$$PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P} = \frac{2 \times 8 \times 300}{2 \times 10^5} = 2400 \times 10^{-5} = 24 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

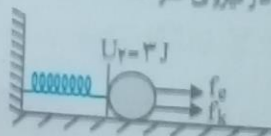
$$V = 24 \text{ L} \quad (0/25)$$

$$m = 500 \text{ g} = 0.5 \text{ kg} , v_1 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} , v_2 = 0 , U_2 = 3 \text{ J} , U_1 = 0 , W_f = ?$$

$$\text{قضیه کار و انرژی جنبشی} : W_f = \Delta K \rightarrow W_{f_e} + W_{f_k} = K_2 - K_1 \quad (0/25)$$



$$W_{f_e} = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = -(3 - 0) = -3 \text{ J} \quad \text{کار نیروی فنر} \quad (0/25)$$



$$K_1 = \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 4^2 = 4 \text{ J} \quad \text{انرژی جنبشی اولیه گلوله} \quad (0/25)$$

$$K_2 = 0 \quad \text{انرژی جنبشی نهایی گلوله} \quad (0/25)$$

$$\rightarrow -3 + W_{f_k} = 0 - 4 \rightarrow W_{f_k} = -4 + 3 = -1 \text{ J} \rightarrow W_{f_k} = -1 \text{ J} \quad (0/25)$$

با توجه به اینکه نیروهای عمودی سطح و وزن جسم عمود بر جابه جایی هستند کار این نیروها صفر است که از نوشتن آنها صرف نظر شده است. (0/25)

$$\left(\frac{A_1}{A_2} = \frac{v_2}{v_1} \right)$$

الف) طبق معادله پیوستگی سطح مقطع و تندی شاره نسبت عکس دارند. پس طبق معادله پیوستگی سطح مقطع آن کاهش خواهد یافت. (0/5)

فیزیک ۱

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{2} \quad (0/25)$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2} \quad (0/25)$$

$$P_{\text{موج}} = P_{\text{موج}} \rightarrow P_{\text{موج}} h_{\text{موج}} = P_{\text{موج}} h_{\text{موج}} \rightarrow 13000 \times 40 = 8000 \times h_{\text{موج}} \quad (0/25)$$

$$\rightarrow h_{\text{موج}} = \frac{13000 \times 40}{8000} = 65 \text{ cm} \quad (0/25)$$

پاسخ نامه سوال های ریاضی و فیزیک

(الف) ۱۵

$$W = S_{ABC} = \frac{(\frac{1}{2} \times 10^{-2}) \times (\frac{1}{2} \times 10^{-2})}{2} = 6 \times 10^{-7} \text{ J} \rightarrow |W| = 600 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$\rightarrow W = +600 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$Q_{\text{مفتر}} = \frac{\delta}{\gamma} P \Delta V = \frac{\delta}{\gamma} \times 5 \times 10^5 \times (3 - 8) \times 10^{-2} = -5000 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$\rightarrow Q_{\text{مفتر}} = -5000 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$K = 3, t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}, Q_L = 9 \times 10^7 \text{ J}, P = ?$$

$$K = \frac{Q_L}{W} \rightarrow W = \frac{Q_L}{K} = \frac{9 \times 10^7}{3} = 3 \times 10^7 \text{ J} \rightarrow W = 3 \times 10^7 \text{ J} \quad (0/25)$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{3 \times 10^7}{60} = 500 \text{ W} \rightarrow P = 500 \text{ W} \quad (0/25)$$

۱۷ الف) فرایند ۳ - گرمای مبادله شده در فرایند بی دررو صفر است. از میان نمودارهای ۲ و ۳ چون شیب نمودار (۳) بیشتر است. پس این نمودار بی دررو است. (۰/۲۵)

ب) فرایند ۲ - در فرایند همدا $\Delta T = 0$ است. از بین نمودارهای ۲ و ۳ چون شیب نمودار ۲ کمتر است. این نمودار مربوط به فرایند همدا است. (۰/۲۵)

ج) فرایند ۲ - در فرایند هم حجم $W = 0$ است. (۰/۲۵)

د) فرایند ۱ - سطح زیر نمودار در این فرایند از سایر فرایندها بیشتر است. (۰/۲۵)

۱۸ الف) دوم (۰/۲۵)، ب) افزایش (۰/۲۵)

۱۹ الف) یخچال (۰/۲۵)، ب) $|Q_H| = Q_L + W$ (۰/۲۵)