



یکشنبه
۱۴۰۳/۱۲/۲۶

دفترچه پاسخ

کار، انرژی و توان
دما و گرما - ترمودینامیک
(فصل ۳، ۴ و ۵ دهم)

دویسینگ ماز

گروه آزمایشی علوم ریاضی و فنی
فیزیک

ویراستاران	طراحان	مسئول درس	درس
محمدجواد سورچی پویا هدایتی	سعید احمدی - محمد باغبان امیررضا خوینی‌ها - مجید رجبی وندچالی سارا قانع	سجاد صادقی‌زاده سعید احمدی	فیزیک

۵ و ۶ دوازدهم	۳ و ۴ دوازدهم	۲ دوازدهم	۱ دوازدهم	۳ و ۴ یازدهم	۲ یازدهم	۱ یازدهم	۳، ۴ و ۵ دهم	۱ و ۲ دهم
هفته ششم	هفته پنجم	هفته چهارم			هفته سوم		هفته دوم	هفته اول

۵۵ روز جمع‌بندی تا کنکور اردیبهشت

حق چاپ و تکثیر سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز «گروه ماز» مجاز می‌باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.
به دلیل رضایت تیم ماز، هر گونه استفاده غیرقانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.



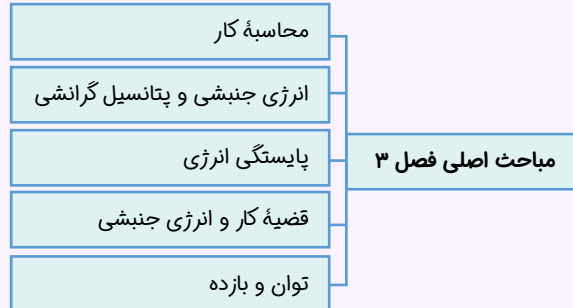
اهمیت مباحث این آزمون در کنکور...

خب رسیدیم به فصل ۳، ۴ و ۵ فیزیک دهم. بدون مقدمه بریم این فصل‌ها رو به بررسی سریع کنیم و بعدش تست‌ها رو حل کنیم.

فصل ۳ فیزیک دهم

۱- مباحث اصلی این فصل چیا هستن؟

می‌تونیم مباحث اصلی این فصل رو به ۵ دسته تقسیم کنیم:



۲- چرا این فصل مهمه؟

بچه‌ها، سوالاتی این فصل معمولاً ساده هستن و اگه یکم کار کنین به راحتی حلشون کنید. طبق تجربه سه سال اخیر معمولاً دو تا سؤال هم توی کنکور ارزش میاد، چی از این بهتر!

۳- توی کنکورهای اخیر چند سؤال از این فصل اومده؟

توی جدول زیر، تعداد سؤالاتی که از این فصل توی کنکور اومده رو براتون آوردیم.

سال	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲ (نوبت اول)	۱۴۰۲ (نوبت دوم)	۱۴۰۳ (نوبت اول)	۱۴۰۳ (نوبت دوم)
تجربی	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۱
ریاضی	۲	۱	۲	۲	۲	۲	۲

فصل ۴ فیزیک دهم

۱- مباحث اصلی این فصل چیا هستن؟

بدون معطلی به نمودار زیر نگاه کنین!



۲- چرا این فصل مهمه؟

از این فصل، توی کنکور دو تا تست مطرح و این باعث اهمیت زیاد این فصل می‌شه!

۳- توی کنکورهای اخیر، چند سؤال از این فصل اومده؟

جدول زیر رو نگاه کنین!

سال	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲ (نوبت اول)	۱۴۰۲ (نوبت دوم)	۱۴۰۳ (نوبت اول)	۱۴۰۳ (نوبت دوم)
تجربی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
ریاضی	۳	۲	۲	۱	۳	۲	۱





فصل ۵ فیزیک دهم

بچه‌ها فصل ترمودینامیک از اون فصلایی هست که معمولاً دانش‌آموزا کم‌تر بهش توجه می‌کنن و چون فقط مخصوص رشته ریاضی هست، کتاب‌های تست هم در مورد این فصل کم‌کاری می‌کنن؛ اما تجربه کنکورهای چند سال گذشته نشون داده که معمولاً ۲ سؤال از این فصل توی کنکور بچه‌های ریاضی مطرح می‌شه که نشون‌دهنده اهمیت این فصله! توی جدول زیر تعداد سؤالایی که از این فصل توی کنکورهای اخیر اومده رو براتون آوردیم.

سال	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲ (نوبت اول)	۱۴۰۲ (نوبت دوم)	۱۴۰۳ (نوبت اول)	۱۴۰۳ (نوبت دوم)
ریاضی	۲	۴	۲	۲	۱	۱	۲

مباحث مهم فصل ترمودینامیک رو هم توی نمودار زیر براتون آوردیم:





- ۱- بالونی به جرم ۸۰۰ کیلوگرم در یک ارتفاع مشخص از سطح زمین در حال حرکت است. اگر شش وزنه ۲۰ کیلوگرمی از بالون بیرون بیندازیم، تندی بالون ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. انرژی جنبشی بالون چگونه تغییر کرده است؟
- (۱) تقریباً ۴۱ درصد افزایش یافته است. (۲) تغییر نکرده است. (۳) ۲۲/۴ درصد افزایش یافته است. (۴) ۲ درصد افزایش یافته است.

(آسان - محاسباتی - ۱۰۰۳)

پاسخ: گزینه ۳

طبق رابطه $K = \frac{1}{2}mv^2$ می‌توانیم بنویسیم:

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{K_2}{K_1} = \left(\frac{680}{800}\right) \times \left(\frac{1/27}{v}\right)^2 = 1/224$$

بنابراین انرژی جنبشی ۲۲/۴ درصد افزایش یافته است.

انرژی جنبشی

انرژی وابسته به حرکت یک جسم را انرژی حرکتی یا انرژی جنبشی می‌نامیم. برای جسمی به جرم m که با تندی v حرکت می‌کند، انرژی جنبشی از رابطه زیر به دست می‌آید:



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

K : انرژی جنبشی جسم بر حسب ژول (J) m : جرم جسم بر حسب کیلوگرم (kg)

v : تندی جسم بر حسب متر بر ثانیه $\left(\frac{m}{s}\right)$ $J \equiv kg \frac{m^2}{s^2} \equiv N \cdot m$: یکای انرژی

✓ انرژی جنبشی یک کمیت نرده‌ای و نامنفی است که فاقد جهت است (انرژی جنبشی به جهت حرکت و یا جهت سرعت بستگی ندارد).

عوامل مؤثر بر انرژی جنبشی

✓ انرژی جنبشی با جرم جسم و مجذور تندی جسم، رابطه مستقیم دارد.

۱- هرچه جرم جسم بیشتر باشد، انرژی جنبشی بیشتر دارد.

۲- هرچه جسمی تندتر حرکت کند، انرژی جنبشی بیشتر دارد.

مقایسه انرژی جنبشی دو متحرک:

$$K \propto m$$

$$K \propto v^2$$

$$\frac{K_2}{K_1} = \left(\frac{m_2}{m_1}\right) \times \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$$

✓ هنگامی که جسم، ساکن باشد، انرژی جنبشی آن صفر است.

محاسبه تغییر انرژی جنبشی جسمی که جرم آن ثابت است به شکل زیر است:

$$\Delta K = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

گروه آموزشی ماز

- ۲- هواپیمایی به جرم ۸ تن در مدت زمان ۵۰ ثانیه از سطح زمین به ارتفاع ۴۰۰ متری از سطح زمین می‌رسد. کار نیروی وزن هواپیما در این مدت چند مگاژول است؟ $\left(g = 10 \frac{N}{kg}\right)$

(۴) ۰/۶۴

(۳) ۳۲

(۲) ۰/۶۴

(۱) ۳۲

(آسان - محاسباتی - ۱۰۰۳)

پاسخ: گزینه ۳ آزمون وی ای پی

جسم به سمت بالا حرکت می‌کند؛ بنابراین کار نیروی وزن منفی است. برای محاسبه کار نیروی وزن، می‌توان نوشت:

$$W = -mg\Delta h = -8 \times 10^3 \times 10 \times 400 = -32 \times 10^6 \text{ J} = -32 \text{ MJ}$$

جمع‌بندی محاسبه کار نیروهای خاص

۱- کار نیروی اصطکاک و مقاومت هوا به مسافت طی‌شده (کل مسیر حرکت) بستگی دارد، پس هرچه مسافت طی‌شده بیشتر باشد قدر مطلق کار این نیروها هم بیشتر است.

کار نیروی مقاومت هوا: $W_{\text{air}} = -f_{\text{air}}L$

کار نیروی اصطکاک: $W_{f_k} = -f_k L$

L : مسافت طی‌شده

f_{air} : نیروی مقاومت هوا

f_k : نیروی اصطکاک جنبشی

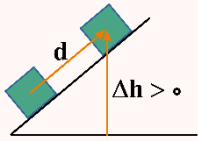




۲- کار نیروی وزن به تغییر ارتفاع جسم بستگی دارد پس هرچه تغییر ارتفاع بیشتر باشد قدر مطلق کار نیروی وزن بیشتر است.

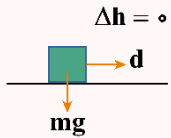
کار نیروی وزن: $W_{mg} = -mg\Delta h$

Δh : تغییر ارتفاع جسم



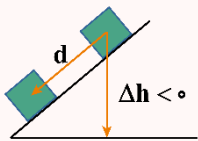
اگر جسم بالا برود:

$\Delta h > 0 \rightarrow W_{mg} < 0$



اگر جسم روی سطح افقی جابه‌جا شود:

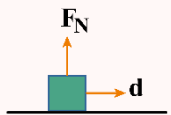
$\Delta h = 0 \rightarrow W_{mg} = 0$



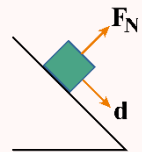
اگر جسم رو به پایین حرکت کند:

$\Delta h < 0 \rightarrow W_{mg} > 0$

۳- کار نیروی عمودی سطح (\vec{F}_N):



اگر جسم روی سطح افقی حرکت کند: $W_{F_N} = 0$



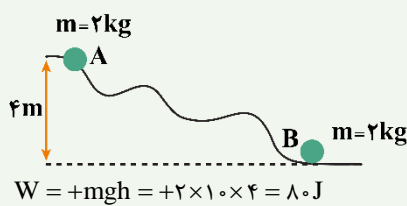
اگر جسم روی سطح شیب‌دار حرکت کند: $W_{F_N} = 0$

حرکت آسانسور: $\begin{cases} W_{F_N} = F_N d & \text{حرکت رو به بالا} \\ W_{F_N} = -F_N d & \text{حرکت رو به پایین} \end{cases}$

۴- کار بقیه نیروها به جابه‌جایی بستگی دارد پس هرچه جابه‌جایی بیشتر باشد، قدر مطلق کار این نیروها بیشتر است.

کار نیروی F: $W_F = Fd \cos \theta$

مثال

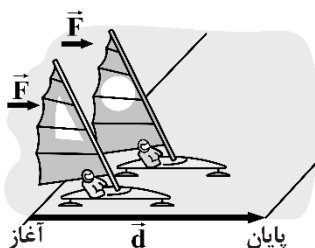


کار نیروی وزن در جابه‌جایی جسم از A تا B چند ژول است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

جسم به اندازه ۴ متر پایین آمده است، بنابراین داریم:

گروه آموزشی ماز

۳- دو قایق مخصوص با جرم‌های متفاوت، روی سطح افقی یخ‌زده و بدون اصطکاک دریاچه‌ای مطابق شکل زیر، قرار دارند. قایق‌ها تحت اثر نیروهای مساوی باد، شروع به حرکت می‌کنند و از خط پایان به فاصله d می‌گذرند. چند مورد از موارد زیر درست است؟



الف: انرژی جنبشی قایق سبک‌تر در خط پایان، بیشتر است.

ب: تندی هر دو قایق در خط پایان یکسان است.

پ: کل کار انجام‌شده روی قایق سنگین‌تر، بیشتر است.

- (۱) صفر
(۲) ۱
(۳) ۲
(۴) ۳



(متوسط - مفهومی/محاسباتی - ۱۰۰۳)

پاسخ: گزینه ۱

طبق قضیه کار - انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = \Delta K \Rightarrow \cancel{W_{وزن}} + \cancel{W_{نیروی شناوری}} + W_F = K_2 - K_1$$

قایق‌ها در ابتدا ساکن هستند؛ بنابراین $K_1 = 0$ است. نیروی وزن و نیروی شناوری بر جابه‌جایی عمود هستند بنابراین کار آن‌ها صفر است؛ بنابراین:

$$Fd \cos 90^\circ = K_2 \Rightarrow K_2 = F.d$$

طبق رابطه فوق، انرژی جنبشی قایق‌ها به جرم آن‌ها بستگی ندارد. («الف» *)

از طرفی، طبق رابطه $K = \frac{1}{2}mv^2$ و یکسان بودن انرژی جنبشی، قایقی که سبک‌تر است، تندی بیشتری دارد. («ب» *)

کل کار انجام‌شده بر روی هر دو قایق یکسان است؛ زیرا: طبق رابطه زیر، F و d برای هر دو قایق یکسان است. («پ» *)

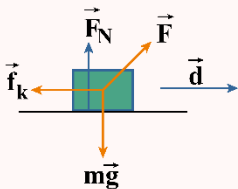
$$W_t = \cancel{W_{mg}} + \cancel{W_{نیروی شناوری}} + W_F = F.d$$

روش‌های محاسبه کار کل

۱- قضیه کار - انرژی جنبشی: اگر در سؤال، تندی یا انرژی جنبشی را بدهند، برای محاسبه کار کل بهتر است از قضیه کار - انرژی جنبشی استفاده کنیم:

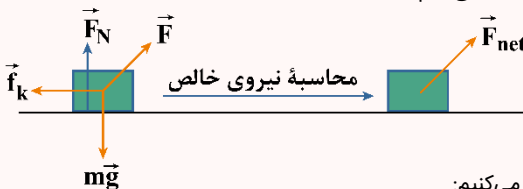
$$W_t = K_2 - K_1 \xrightarrow{K = \frac{1}{2}mv^2} W_t = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

۲- کار تک‌تک نیروها را جداگانه به دست می‌آوریم و در نهایت همه آن‌ها را جمع جبری می‌کنیم:



$$W_t = W_{mg} + W_{fk} + W_{FN} + W_F + \dots$$

۳- ابتدا برآیند نیروهای وارد بر جسم را به دست آورده و در نهایت کار نیروی برآیند (نیروی خالص) را محاسبه می‌کنیم:



$$W_t = W_{F_{net}} \Rightarrow W_t = F_{net}d \cos \theta$$

✓ اگر شتاب حرکت جسم را داشته باشیم برای محاسبه کار انجام‌شده بر روی جسم از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$W_t = F_{net}d \cos \theta \xrightarrow{F_{net}=ma} W_t = mad \cos \theta$$

فقط در حرکت تندشونده روی خط راست که شتاب، هم‌جهت جابه‌جایی است ($\theta = 0^\circ$)، نیازی به محاسبه $\cos \theta$ نیست زیرا:

$$W_t = mad \cos \theta \xrightarrow{\substack{\theta=0^\circ \\ \cos \theta=1}} W_t = mad$$

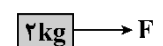
نکته

در اکثر سؤالات نیاز است تا کار کل را از دو روش بالا به دست آورده و مساوی هم قرار دهیم تا مجهول مسئله محاسبه شود.

گروه آموزشی ماز

۴- در شکل زیر، نیروی افقی و ثابت F ، جسم را روی سطح افقی دارای اصطکاکی از حال سکون به حرکت درمی‌آورد و بعد از طی مسافت ۱۰ متر، تندی

جسم را به $\frac{5}{8} \frac{m}{s}$ می‌رساند. اندازه نیروی F را چند نیوتون کاهش دهیم تا جسم با تندی ثابت به حرکت خود ادامه دهد؟



۵ (۲)

۲/۵ (۱)

۲۰ (۴)

۱۰ (۳)

(سخت - محاسباتی - ۱۰۰۳)

پاسخ: گزینه ۱

طبق قضیه کار - انرژی جنبشی داریم: (f_k ، نیروی اصطکاک جنبشی و F_N نیروی عمودی سطح است.)

$$W_t = \Delta K \Rightarrow \cancel{W_{mg}} + \cancel{W_{F_N}} + W_F + W_{f_k} = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$





$$\Rightarrow Fd \cos 0^\circ + f_k d \cos 180^\circ = \frac{1}{2} \times 2 \times (\Delta^2 - 0^2)$$

$$\Rightarrow F \times 10 \times 1 + f_k \times 10 \times (-1) = 25 \times \frac{1}{2} \Rightarrow F - f_k = 2.5 \Rightarrow F = f_k + 2.5 \quad (1)$$

حال فرض می‌کنیم اندازه نیروی F کاهش یابد و به F' برسد و جسم با تندی ثابت حرکت کند؛ بنابراین، طبق قانون اول نیوتون، نیروهای وارد بر جسم باید متوازن باشند و نیروی خالص وارد بر جسم باید صفر باشد؛ بنابراین:

$$F' = f_k \xrightarrow{(1)} F - F' = (f_k + 2.5) - f_k = 2.5 \text{ N}$$

بنابراین، نیروی F باید 2.5 N کاهش یابد.

گروه آموزشی ماز

۵- کودکی، سنگی را از بالای یک ساختمان پرتاب می‌کند. در کدام گزینه، کار نیروی وزن سنگ و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی آن الزاماً قرینه یکدیگرند؟

(۱) فقط در پرتاب در راستای قائم رو به بالا

(۲) فقط در پرتاب در راستای قائم رو به پایین

(۳) فقط در پرتاب در راستای قائم

(۴) در هر حالتی قرینه یکدیگرند.

(آسان - مفهومی - ۱۰۰۳)

پاسخ: گزینه ۴

طبق درس‌نامه زیر، گزینه (۴) صحیح است.



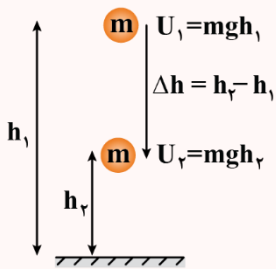
کار نیروی وزن، مستقل از مسیر حرکت است و فقط به جابه‌جایی قائم جسم بستگی دارد.



کار نیروی وزن و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم، همواره قرینه یکدیگرند و این رابطه برای هر مسیر دلخواهی برقرار است.

تغییر انرژی پتانسیل گرانشی

با تغییر ارتفاع، انرژی پتانسیل گرانشی جسم تغییر می‌کند:



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

کار نیروی وزن و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی:

کار نیروی وزن برابر با منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است.

$$\left. \begin{array}{l} \Delta U_g = mg\Delta h \\ \text{کار نیروی وزن: } W_{mg} = -mg\Delta h \end{array} \right\} \Rightarrow W_{mg} = -\Delta U_g$$



۱- هنگامی که جسمی رو به پایین حرکت می‌کند h کاهش می‌یابد (Δh منفی)، نیروی وزن جسم کار مثبت انجام می‌دهد و انرژی پتانسیل گرانشی کاهش می‌یابد.

۲- هنگامی که جسمی رو به بالا حرکت می‌کند h افزایش می‌یابد (Δh مثبت)، نیروی وزن جسم کار منفی انجام می‌دهد و انرژی پتانسیل گرانشی افزایش می‌یابد.

۳- اگر ارتفاع جسم تغییر نکند، کار نیروی وزن صفر می‌شود و انرژی پتانسیل گرانشی ثابت می‌ماند.

حالت (۱)	حالت (۲)	حالت (۳)	حالت (۳)
$W_{mg} > 0$ $\Delta U < 0$	$W_{mg} < 0$ $\Delta U > 0$	$W_{mg} = 0$ $\Delta U = 0$	$W_{mg} = 0$ $\Delta U = 0$



نکته ۲

اگر مبدأ پتانسیل را تغییر دهیم انرژی پتانسیل تغییر می‌کند ولی کار نیروی وزن و تغییر انرژی پتانسیل ثابت می‌ماند. پس انرژی پتانسیل به مبدأ بستگی دارد ولی کار نیروی وزن و تغییر انرژی پتانسیل به مبدأ وابسته نیست.

نکته ۳

در تست‌ها اگر مبدأ پتانسیل را مشخص کردند همان نقطه را مبدأ گرفته و سؤال را حل کنید؛ ولی اگر مبدأ پتانسیل مشخص نشد هر نقطه‌ای را که تمایل داشتید مبدأ بگیرید ولی ترجیحاً بهتر است پایین‌ترین نقطه‌ای که جسم در آن قرار می‌گیرد را مبدأ پتانسیل بگیرید.

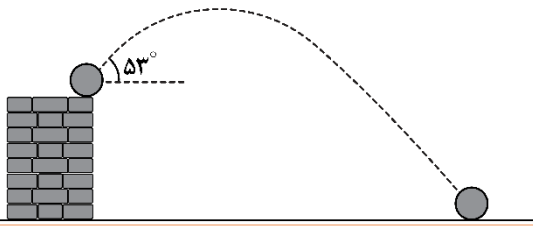
نکته ۴

در محاسبه انرژی پتانسیل گرانشی، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی و کار نیروی وزن ارتفاع قائم مهم است یعنی مسافت طی شده و مسیر حرکت اهمیتی ندارد.

گروه آموزشی ماز

۶- مطابق شکل گلوله‌ای به جرم $1/2 \text{ kg}$ با تندی اولیه $15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ از بالای ساختمانی به ارتفاع 12.5 m ، با زاویه 53° نسبت به افق پرتاب می‌شود. در چندمتری

از سطح زمین، تندی گلوله ۳ برابر تندی لحظه پرتاب می‌شود؟ ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ ، $\cos 37^\circ = 0.8$ و از مقاومت هوا صرف نظر کنید).



- ۳۳/۷۵ (۱)
- ۳۵ (۲)
- ۹۰ (۳)
- ۹۱/۲۵ (۴)

(متوسط - محاسباتی - ۱۰۰۳)

پاسخ: گزینه ۲ آزمون وی ای پی

طبق اصل پایستگی انرژی مکانیکی می‌توانیم بنویسیم:

$$U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \quad \frac{v_2 = 3v_1}{K_2 = 9K_1} \rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + 9K_1$$

$$\Rightarrow mgh_1 = mgh_2 + 8K_1 \Rightarrow mgh_1 = mgh_2 + 8\left(\frac{1}{2}mv_1^2\right)$$

$$\Rightarrow gh_1 = gh_2 + 4v_1^2 \Rightarrow 10(12.5) = 10h_2 + 4(15)^2$$

$$1250 - 900 = 10h_2 \Rightarrow h_2 = 35 \text{ m}$$

انرژی مکانیکی

مجموع انرژی‌های پتانسیل و جنبشی هر جسم را انرژی مکانیکی آن می‌نامیم.

$$E = U + K$$

E: انرژی مکانیکی U: انرژی پتانسیل K: انرژی جنبشی

اصل پایستگی انرژی مکانیکی

در مواردی که هنگام حرکت جسم فقط نیروی وزن کار انجام می‌دهد، انرژی مکانیکی جسم در نقاط مختلف مسیر یکسان است:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \Rightarrow U_1 - U_2 = K_2 - K_1 \Rightarrow \Delta U = -\Delta K$$

هرچقدر انرژی پتانسیل جسم کاهش یابد به همان میزان انرژی جنبشی جسم افزایش می‌یابد طوری که در نهایت مجموع آن‌ها یعنی انرژی مکانیکی ثابت بماند.

$$E_1 = E_2 \quad \text{و} \quad \Delta U = -\Delta K$$

نکته

اصل پایستگی انرژی مکانیکی فقط و فقط برای شرایطی کاربرد دارد که بتوان اثر ناشی از نیروهای اتلافی مانند اصطکاک و مقاومت هوا را نادیده گرفت. مثلاً وقتی یک جسم فقط تحت تأثیر نیروی وزن حرکت می‌کند، می‌توانیم با کمک اصل پایستگی انرژی، سؤال را حل کنیم.

گروه آموزشی ماز

۷- گلوله‌ای را از سطح زمین و در راستای قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم. اگر پس از طی مسافت 144 m ، برای دومین بار انرژی جنبشی گلوله ۴۰ درصد کم‌تر

از انرژی جنبشی گلوله در لحظه پرتاب باشد، گلوله حداکثر تا ارتفاع چند متر از سطح زمین بالا رفته است؟ ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ ، از مقاومت هوا صرف نظر کنید).

۱۰۸ (۴)

۹۰ (۳)

۸۱ (۲)

۷۲ (۱)



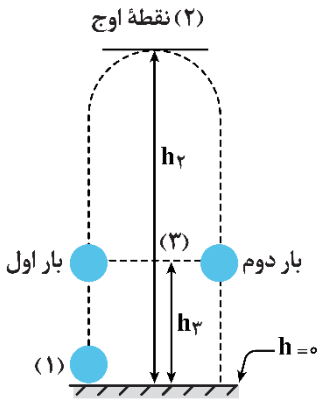


(سخت - محاسباتی - ۱۰۰۳)

پاسخ: گزینه ۳

گام اول:

انرژی مکانیکی در نقاط (۱) و (۳) برابر است؛ بنابراین داریم:



$$U_1 + K_1 = U_3 + K_3$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_3 + 0 + \frac{1}{2}mv_3^2$$

$$0 + 5v_1^2 = 10 \cdot h_3 + 0 + 3v_3^2 \Rightarrow 0 + 2v_1^2 = 10 \cdot h_3 \Rightarrow v_1^2 = 5 \cdot h_3$$

گام آخر:

انرژی مکانیکی در نقاط (۱) و (۲) نیز برابر است و می‌توان نوشت:

$$U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \Rightarrow K_1 = U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}v_1^2 = 10 \times h_2 \Rightarrow \frac{1}{2} \times (5 \cdot h_3) = 10 \cdot h_2 \Rightarrow h_2 = 2/5 h_3$$

$$\text{مسافت طی شده} = h_2 + (h_2 - h_3) = 2h_2 - h_3 = 2h_2 - \left(\frac{h_2}{2/5}\right)$$

$$\text{مسافت طی شده} = \frac{4h_2}{2/5} = 144 \Rightarrow h_2 = 9.0 \text{ m}$$

گروه آموزشی ماز

۸- توپ فوتبالی به جرم ۴۵۰g از نقطه پناستی با تندی $18 \frac{m}{s}$ به طرف دروازه شوت می‌شود و با تندی $12 \frac{m}{s}$ به تیرک افقی که ارتفاع آن ۲/۴۴m است، برخورد می‌کند. اندازه کار نیروی مقاومت هوا در این مسیر چند ژول بوده است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

برخورد می‌کند. اندازه کار نیروی مقاومت هوا در این مسیر چند ژول بوده است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

۲/۸۸ (۴)

۱۹/۰۸ (۳)

۲۹/۵۲ (۲)

۵۱/۴۸ (۱)

(متوسط - محاسباتی - ۱۰۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

روش اول:

با استفاده از قضیه کار - انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$W_t = \Delta K$$

$$W_{mg} + W_{fD} = \Delta K \Rightarrow -mg\Delta h + W_{fD} = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$\Rightarrow -0.45 \times 10 \times 2/44 + W_{fD} = \frac{1}{2}(0.45)(12^2 - 18^2)$$

$$\Rightarrow -10/98 + W_{fD} = -40/5 \Rightarrow W_{fD} = -29/52 \text{ J}$$

روش دوم:

کار نیروی اتلافی برابر تغییرات انرژی مکانیکی است؛ بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

۱) لحظه شوت زدن توپ

۲) لحظه برخورد توپ به تیرک

$$E_2 - E_1 = W_f \Rightarrow \frac{E_1 = K_1 + U_1}{E_2 = K_2 + U_2} \Rightarrow K_2 + U_2 - K_1 = W_f$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh - \frac{1}{2}mv_1^2 = W_f \xrightarrow[m = 450 \text{ g} = 0.45 \text{ kg}, v_1 = 18 \frac{m}{s}]{v_2 = 12 \frac{m}{s}, h = 2/44 \text{ m}}$$

$$W_f = \left(\frac{1}{2} \times 0.45 \times 144\right) + \left(0.45 \times 10 \times 2/44\right) - \left(\frac{1}{2} \times 0.45 \times 324\right) = -29/52 \text{ J}$$



انرژی درونی

«انرژی درونی یک جسم، مجموع انرژی ذره‌های تشکیل‌دهنده آن است.»

عوامل مؤثر بر انرژی درونی یک جسم:

- ۱- تعداد ذرات جسم: هرچه تعداد ذرات یک جسم بیشتر باشد، انرژی درونی جسم بیشتر است.
- ۲- انرژی هر ذره: هرچه ذرات جسم انرژی بیشتری داشته باشند، انرژی درونی جسم بیشتر است.

قضیه کار و انرژی درونی

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

کاهش انرژی مکانیکی به صورت افزایش انرژی درونی جسم و محیط اطراف آن (سطح مسیر و هوا) درمی‌آید.

تغییر انرژی مکانیکی جسم = کار انجام شده توسط نیروهای اتلافی

$$W_f = E_f - E_i$$

W_f : تلفات انرژی (تغییر انرژی درونی سامانه) می‌باشد که در تست‌ها با حالت‌های زیر مواجه خواهید شد:

۱- اگر در سؤال، بحث نیروی اصطکاک و مقاومت هوا شد، به جای تلفات انرژی باید کار نیروی اصطکاک و مقاومت هوا را قرار دهید.

$$W_{f_k} = -f_k \times L, \quad W_{f_{air}} = -f_{air} \times L$$

۲- علامت تلفات انرژی باید حتماً منفی باشد. مثلاً اگر در سؤال گفته شد تلفات انرژی γ ژول است باید در رابطه $- \gamma J$ را قرار دهید.

۳- ممکن است تلفات انرژی را برحسب درصد بدهند. مثلاً اگر گفته شود تلفات انرژی ۳۰ درصد انرژی جنبشی اولیه است، شما در رابطه به جای تلفات $K_1 \times \frac{30}{100}$ را قرار دهید.

نکته

۱- کار نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا منفی است. این کار باعث کاهش یافتن انرژی مکانیکی جسم می‌شود؛ به عبارت دیگر:

$$E_f - E_i = W_f$$

با توجه به این که علامت کار منفی است، E_f کوچک‌تر از E_i می‌باشد.

۲- انرژی مکانیکی که جسم از دست می‌دهد، صرف افزایش انرژی درونی محیط و جسم می‌شود؛ به عبارت دیگر تغییرات انرژی درونی محیط و جسم برابر $E_i - E_f$ خواهد بود.

مثال ۱



در شکل مقابل، توپ در حال حرکتی که انرژی جنبشی دارد را با دست متوقف می‌کنیم. انرژی جنبشی توپ در اثر برخورد با مولکول‌های هوا و دست باعث گرم شدن مولکول‌های هوا و دست می‌شود. در واقع گفته می‌شود انرژی درونی مولکول‌های هوا و دست افزایش می‌یابد، پس انرژی جنبشی توپ از بین رفته و تبدیل به انرژی درونی شده است.

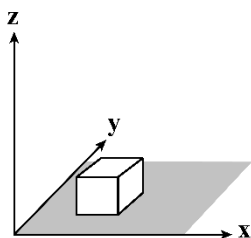
گروه آموزشی ماز

۹- مطابق شکل، جسمی به جرم 1 kg بر روی سطح افقی در حال حرکت است. زمانی که تندی جسم $1/2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است، نیروی $\vec{F} = (2\text{N})\vec{i} + (1\text{N})\vec{j}$ موازی با

سطح افقی به آن وارد شده و پس از جابه‌جایی $\vec{d} = (6\text{m})\vec{i} + (3\text{m})\vec{j}$ ، تندی آن به $3/8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ می‌رسد. کار نیروی اصطکاک وارد بر جسم در این

جابه‌جایی چند ژول است؟

- ۱) $1/5$
- ۲) $-1/5$
- ۳) $2/6$
- ۴) $-2/6$





(سخت - محاسباتی - ۱۰۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

طبق قضیه کار - انرژی جنبشی می‌توانیم بنویسیم:

$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_F + W_{f_k} = \Delta K$$

$$(F_x d_x + F_y d_y) + W_{f_k} = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2)$$

$$\Rightarrow (2 \times 6 + 1 \times 2) + W_{f_k} = \frac{1}{2} (1) (3/8^2 - 1/2^2)$$

$$15 + W_{f_k} = 0.5(3/8 + 1/2)(3/8 - 1/2)$$

$$15 + W_{f_k} = 0.5(5)(2/6) \Rightarrow W_{f_k} = -8/5 J$$

نکته

کار نیروی \vec{F} در جابه‌جایی $\vec{d} = d_x \vec{i} + d_y \vec{j}$ برابر است با:

$$W = F_x d_x + F_y d_y$$

گروه آموزشی ماز

۱۰- پمپ آبی در مدت ۲ ساعت، ۱۲۶ تن آب را از سطح زمین تا ارتفاع ۱۲ متر بالا می‌برد. اگر بازده این پمپ ۶۰ درصد باشد، توان این پمپ چند کیلووات

است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

۱۴ (۴)

۷ (۳)

۳/۵ (۲)

۱/۷۵ (۱)

(آسان - محاسباتی - ۱۰۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

ابتدا توان مفید پمپ را به دست می‌آوریم:

$$P_{\text{مفید}} = \frac{W_{\text{مفید}}}{\Delta t} = \frac{mg\Delta h}{\Delta t} = \frac{126 \times 10^3 \times 10 \times 12}{2 \times 60 \times 60} = 2100 W$$

حال برای محاسبه توان ورودی پمپ می‌توان نوشت:

$$Ra = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{ورودی}}} \times 100 \Rightarrow \frac{60}{100} = \frac{2100}{P_{\text{ورودی}}} \Rightarrow P_{\text{ورودی}} = 3500 W = 3.5 kW$$

توان (P)

توان (P): آهنگ انجام کار را توان می‌گویند که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P_{av} = \frac{W}{\Delta t}$$

توان، یک کمیت نرده‌ای است که یکای آن در SI، وات (W) است که معادل با ژول بر ثانیه ($\frac{J}{s}$) می‌باشد.

توان موتور وسایل نقلیه را برحسب اسب بخار (hp) بیان می‌کنند.

$$1 hp \approx 746 W$$

نکته ۱

۱- توان در واقع بیانگر آهنگ انجام کار است؛ بنابراین هرچه توان، بیشتر باشد، یعنی مقدار کار معینی در مدت‌زمان کم‌تری صورت می‌گیرد یا در مدت‌زمان معین، کار بیش‌تری انجام می‌شود.

۲- توان مصرفی یک وسیله برابر آهنگ مصرف انرژی توسط آن وسیله است و داریم:

$$P_{\text{مصرفی}} = \frac{E_{\text{مصرفی}}}{\Delta t}$$

مثال

شخصی به جرم ۷۲kg در مدت‌زمان ۹۰s از تعداد ۵۰ پله با تندی ثابت بالا می‌رود. توان متوسط مفید او چند وات است؟

(ارتفاع هر پله را ۳۰cm فرض کنید و $g = 10 \frac{N}{kg}$.)



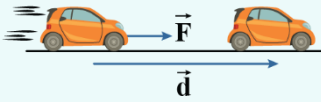
پاسخ تشریحی:

$$P_{av} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{mgh}{\Delta t} \Rightarrow P_{av} = \frac{72 \times 10 \times (50 \times 0 / 3)}{90}$$

$$\Rightarrow P_{av} = 8 \times 15 \Rightarrow P_{av} = 120 \text{ W}$$

نکته ۲

اگر بر جسمی نیروی ثابت \vec{F} وارد شود و جسم با سرعت ثابت حرکت کند، برای محاسبه توان نیروی \vec{F} می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

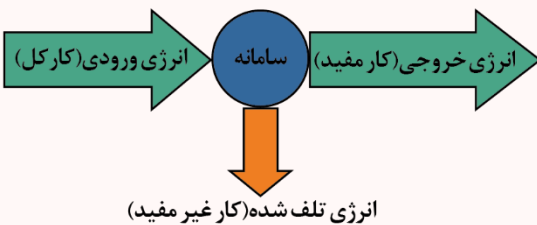


$$P_{av} = Fv \cos \theta$$

برای محاسبه توان نیروی خودرویی که با تندی ثابت در حال حرکت است، می‌توان از این رابطه استفاده کرد.

راندمان (بازده)

$$Ra = \frac{\text{توان مفید (خروجی)}}{\text{توان کل (ورودی)}} \times 100 = \frac{\text{انرژی مفید (خروجی)}}{\text{انرژی کل (ورودی)}} \times 100$$



بازده، یکا ندارد و درصد آن همواره کوچک‌تر مساوی ۱۰۰ است.

$$\text{ماشین آرمانی: } Ra = 100\%$$

$$P_{\text{کل}} = P_{\text{مفید}} + P_{\text{غیرمفید}}$$

انواع توان

۱- توان کل (توان ورودی): توانی که به دستگاه می‌دهیم تا برای ما کار انجام دهد.

وقتی گفته می‌شود توان دستگاه مثلاً ۲۰۰ وات است، منظور توان کل دستگاه است.

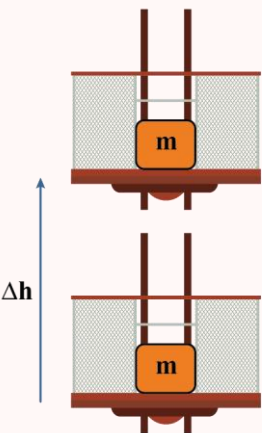
توان کل اصولاً روی دستگاه نوشته می‌شود.

۲- توان غیرمفید (توان تلف‌شده در داخل دستگاه): این توان داخل دستگاه به صورت گرما و ... تلف می‌شود و صرف هدف اصلی دستگاه نمی‌شود.

۳- توان مفید (خروجی): این توان از دستگاه خارج شده و صرف هدف اصلی دستگاه می‌شود.

این توان را در عمل و به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$P_{\text{مفید}} = \frac{W_{\text{مفید}}}{\Delta t}$$



نحوه محاسبه توان مفید بالابر و پمپ:

کار مفیدی که بالابر و پمپ بر روی جسم انجام می‌دهند، صرف افزایش انرژی مکانیکی جسم می‌شود، بنابراین:

$$P_{\text{مفید}} = \frac{W_{\text{مفید}}}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad \text{و} \quad \Delta E = mg\Delta h + \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

در اکثر سؤالات، تندی جسم تغییر نمی‌کند (مثلاً جسم در ابتدا و انتها ساکن است)، در این حالت تغییر انرژی جنبشی جسم،

صفر است و کار مفید برابر تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم است:

$$P_{\text{مفید}} = \frac{mg\Delta h}{\Delta t} \quad \text{توان مفید پمپ (بالابر)}$$

گروه آموزشی ماز

۱۱- اگر مقدار عددی دمای جسمی بر حسب سلسیوس ۵ برابر مقدار عددی آن بر حسب درجه فارنهایت باشد، دمای جسم چند کلوین است؟

۲۳۳ (۴)

۳۱۲ (۳)

۲۵۳ (۲)

۲۹۳ (۱)

(آسان - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

دمای جسم بر حسب سلسیوس ۵ برابر دمای آن بر حسب فارنهایت است؛ بنابراین دمای جسم بر حسب سلسیوس برابر است با:

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 \xrightarrow{\theta = \Delta F \Rightarrow F = -\theta} \frac{1}{5}\theta = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow \frac{1}{5}\theta + 32 = 0 \Rightarrow \theta = -20^\circ\text{C}$$



آزمون وی آی پی

اولین بخش آزمون ها در تلگرام

آرشیو آزمون های سال گذشته 🤯

جهت دانلود آزمون ها در کانال ما با آیدی
زیر در تلگرام عضو باشید:

@AzmonVip
t.me/AzmonVip

دانلود



فرهنگی
آموزش



www.SanjeCloud.ir
T.me/SanjeClouds



حال دمای محاسبه شده برحسب درجه سلسیوس را به کلوین تبدیل می کنیم:

$$T = \theta + 273 \Rightarrow T = -20 + 273 = 253K$$

دما

- ۱- دمای هر جسم متناسب با متوسط انرژی جنبشی ذرات آن است؛ بنابراین هرچه دمای جسم بالاتر باشد (جسم داغ تر باشد)، متوسط انرژی جنبشی ذرات آن هم بیش تر است و هرچه دمای جسم پایین تر باشد (جسم سردتر باشد)، متوسط انرژی جنبشی ذرات آن هم کم تر است.
- ۲- یکاهای رایج برای بیان دما، درجه سلسیوس، کلوین و درجه فارنهایت هستند. در جدول زیر اطلاعات مورد نیاز برای تبدیل این یکاها به هم آورده شده است.

تبدیل	یکا	نماد	دما
	°C	θ	دما برحسب درجه سلسیوس
$T = \theta + 273$	K	T	دما برحسب کلوین
$F = \frac{9}{5}\theta + 32$	°F	F	دما برحسب درجه فارنهایت

۳- گاهی به جای خود دما، می خواهیم تغییرات دما ($\Delta\theta$) را برحسب یکاهای مختلف به هم تبدیل کنیم. برای این کار از روابط زیر استفاده می کنیم:

$$\Delta\theta = \Delta T \quad \text{و} \quad \Delta F = \frac{9}{5} \Delta\theta$$

گروه آموزشی ماز

۱۲- چه تعداد از موارد زیر صحیح است؟

الف: کمیت دماسنجی ترموکوپل، اختلاف پتانسیل الکتریکی است.

ب: پیرومتر جزو دماسنج های معیار محسوب می شود.

پ: ترموکوپل به دلیل داشتن جرم کم و به تعادل گرمایی رسیدن سریع با دستگاه اندازه گیری دما، در مدارهای الکترونیکی استفاده نمی شود.

ت: از دماسنج بیشینه و کمینه در مرکزهای پرورش گل و گیاه و باغداری استفاده می شود.

۱ (۴)

۲ (۳)

۳ (۲)

۴ (۱)

آسان - خطبه خط کتاب درسی - ۱۰۰۴

پاسخ: گزینه ۲ آزمون وی ای پی

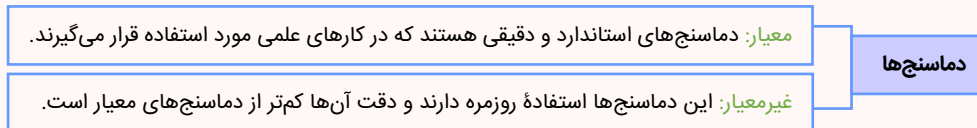
موارد «الف»، «ب» و «ت» درست هستند.

بررسی سایر موارد:

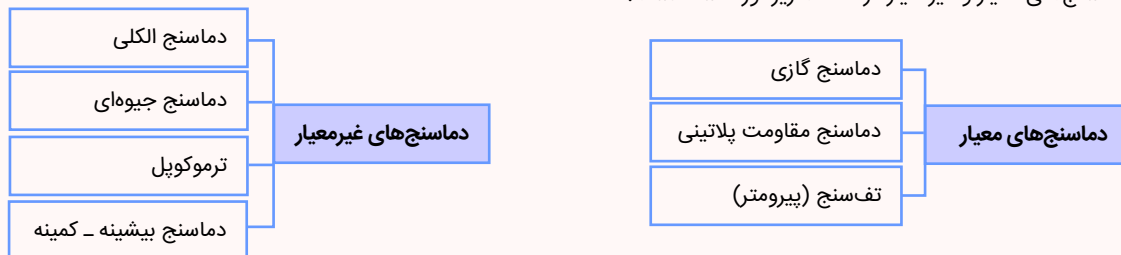
پ ترموکوپل به دلیل جرم کم محل اتصال، خیلی سریع با دستگاهی که دمای آن اندازه گیری می شود به حالت تعادل گرمایی می رسد. این ویژگی از مزیت های آن به شمار می رود و در مدارهای الکترونیکی کاربرد دارد.

دما و دماسنجی

در این قسمت، انواع دماسنج ها را با هم مرور می کنیم:



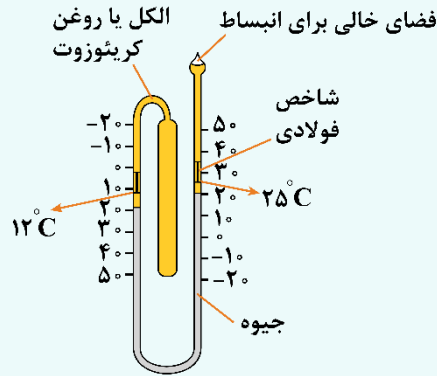
چند نمونه از دماسنج های معیار و غیرمعیار در قسمت زیر آورده شده است:





نکته ۱

دماسنج «بیشینه - کمینه» دماسنجی است که در یک مدت معین (مثلاً یک شبانه روز)، کمینه و بیشینه دما را ثبت می‌کند و به همین دلیل در جاهایی مثل گلخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.



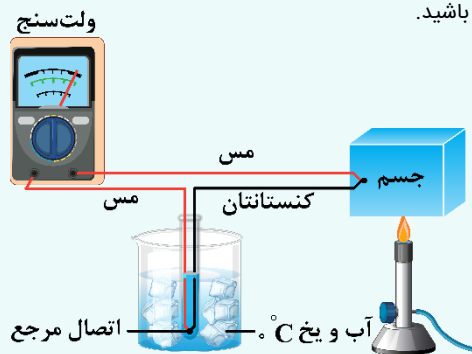
نکته ۲

دماسنج‌ها به طور مستقیم دما را اندازه نمی‌گیرند، بلکه کمیت دیگری را که به دما وابسته است اندازه می‌گیرند تا با کمک آن، دما مشخص شود. به این کمیت، کمیت دماسنجی می‌گویند. در جدول زیر، چند نمونه از کمیت‌های دماسنجی برای دماسنج‌های مختلف آورده شده است:

نوع دماسنج	الکلی و جیوه‌ای	ترموکوپل	دماسنج گازی	مقاومت پلاتینی
کمیت دماسنجی	طول ستون مایع	ولتاژ الکتریکی	فشار گاز	مقاومت الکتریکی

نکته ۳

در مورد ترموکوپل، بد نیست نکات زیر را به‌خاطر داشته باشید.



- ۱- کمیت دماسنجی آن ولتاژ الکتریکی است.
- ۲- سرعت اندازه‌گیری دما در آن بالا است، زیرا محل اتصال به دلیل جرم کم خیلی سریع با جسمی که دمای آن اندازه‌گیری می‌شود به تعادل می‌رسد.
- ۳- هرچه اختلاف دما بیشتر باشد، ولتاژ اندازه‌گیری شده هم بیشتر خواهد بود.
- ۴- بسته به جنس فلزهای آن، می‌تواند از 270°C تا 1372°C را اندازه بگیرد.
- ۵- حتماً از دو فلز مختلف ساخته می‌شود. به‌عنوان نمونه می‌توان از مس و کنستانتان در ساختن آن استفاده کرد.
- ۶- در گذشته به‌عنوان دماسنج معیار در نظر گرفته می‌شد ولی امروزه آن را از فهرست دماسنج‌های معیار کنار گذاشته‌اند.

گروه آموزشی ماز

۱۳- به جسمی به جرم ۲۰۰ گرم، ۴ کیلوژول گرما می‌دهیم و در این عمل، دمای آن به اندازه ۵۰ کلوین افزایش می‌یابد. ظرفیت گرمایی این جسم چند ژول بر درجه سلسیوس است؟

۸۰۰ (۴)

۴۰۰ (۳)

۸۰ (۲)

۴۰ (۱)

(آسان - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

با توجه به رابطه زیر، ظرفیت گرمایی جسم را به‌دست می‌آوریم:

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow{\text{ظرفیت گرمایی } C=mc} Q = C\Delta\theta$$

$$\Rightarrow 4 \times 10^3 = C \times 50 \Rightarrow \text{ظرفیت گرمایی } C = 80 \frac{\text{J}}{^{\circ}\text{C}}$$





گرما

هنگامی که به یک جسم، گرما می‌دهیم، دو حالت می‌تواند رخ دهد.

۱- می‌تواند باعث تغییر دمای یک جسم شود. مثلاً وقتی به آب درون کتری گرما می‌دهیم، داغ می‌شود و دمای آن بالا می‌رود.

۲- می‌تواند باعث تغییر حالت (فاز) جسم شود. مثلاً وقتی به یک قطعه یخ صفر درجه سلسیوس گرما می‌دهیم، ذوب خواهد شد.

گرما

در این قسمت به بررسی بالا رفتن دمای جسم بر اثر گرما می‌پردازیم.

گرمای لازم برای تغییر دما

این گرما با جرم جسم و تغییر دمای آن متناسب است و طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q = mc\Delta\theta \quad \text{یا} \quad Q = C\Delta\theta$$

در این روابط، c گرمای ویژه جسم و C ، ظرفیت گرمایی آن است.

گرمای ویژه: مقدار گرمایی است که یک کیلوگرم از ماده می‌گیرد تا دمای آن یک درجه سلسیوس بالا برود. گرمای ویژه وابسته به جنس ماده است و یکای استاندارد آن

$$\frac{J}{kg \cdot K} \text{ است.}$$

ظرفیت گرمایی

مقدار گرمایی که جسم می‌گیرد تا دمای آن $1^\circ C$ (یا $1 K$) افزایش یابد، ظرفیت گرمایی گویند و یکای SI آن $\frac{J}{K}$ است.



$Q > 0$ نشان‌دهنده گرما گرفتن و $Q < 0$ نشان‌دهنده گرما از دست دادن است.

گروه آموزشی ماز

۱۴- درون یک ظرف مسی به جرم $800g$ ، $4kg$ مایعی با گرمای ویژه $\frac{1}{6} \frac{kJ}{kg \cdot K}$ و نقطه جوش $80^\circ C$ قرار دارد و دمای مجموعه $40^\circ C$ است. اگر این مجموعه از یک گرمکن با توان ورودی $4kW$ و بازده 50% گرما دریافت کند، پس از چند دقیقه $2/4kg$ از مایع تبخیر می‌شود؟ (گرمای ویژه مس $400 \frac{J}{kg \cdot C}$ ، گرمای نهان تبخیر مایع در نقطه جوش $80 \frac{J}{g}$ و تبخیر سطحی مایع ناچیز است.)

۱ (۴) ۲ (۳) ۲ (۲) ۳ (۱)

(سخت - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

توان گرمکن $4kW$ و بازده آن 50% است. پس توان مفید آن برابر $2kW$ است. از طرفی گرمای لازم برای این‌که درنهایت $2/4kg$ از مایع تبخیر شود، به صورت زیر است:

$$Q_t = Q_{\text{ظرف}} + Q_{\text{مایع}} + Q_{\text{تبخیر مایع}} = mc\Delta\theta_{\text{ظرف}} + mc\Delta\theta_{\text{مایع}} + mL_v$$

$$\Rightarrow Q_t = 0/800 \times 400 \times (80 - 40) + 4 \times 1600 \times (80 - 40) + 2/4 \times 800 \times 10^3$$

$$Q_t = 128000 + 256000 + 192000 \Rightarrow Q_t = 460800 J$$

در نتیجه داریم:

$$P_{\text{مفید}} = \frac{Q_{\text{کل}}}{t} \Rightarrow t = \frac{Q_{\text{کل}}}{P_{\text{مفید}}} = \frac{460800}{2000} = 230/4 s = 3/84 \text{ min}$$

ذوب و انجماد

در فرایند ذوب، جسم جامد گرما می‌گیرد تا در دمای ثابت، حالت آن از جامد به مایع تغییر کند. گرما در این حالت برابر است با:

$$Q_F = +mL_F \quad L_F \text{ یکای } \frac{J}{kg}$$

در رابطه بالا، L_F گرمای نهان ویژه ذوب و انجماد است که وابسته به جنس ماده است.

گرمای نهان ویژه ذوب: مقدار گرمایی است که یک کیلوگرم از جسم جامد می‌گیرد تا بدون تغییر دما در نقطه ذوب به مایع تبدیل شود.

در فرایند انجماد، مایع گرما از دست می‌دهد تا در دمای ثابت، حالت آن از مایع به جامد تبدیل شود. گرمای مبادله شده در این حالت، قرینه گرمای لازم برای ذوب است.

$$Q_{\text{انجماد}} = -mL_F \quad Q_{\text{انجماد}} < 0$$





تبخیر و میعان

در فرایند تبخیر، مایع گرما می‌گیرد تا در دمای ثابت، حالت آن از مایع به بخار (گاز) تغییر کند. دقت کنید که تبخیر در هر دمایی می‌تواند رخ دهد. برای محاسبه گرمای تبخیر داریم:

$$Q_V = mL_V \quad L_V \text{ یکای: } \frac{J}{kg}$$

در رابطه بالا، L_V گرمای نهان ویژه تبخیر و میعان است که وابسته به جنس ماده و دمای آن است.

گرمای نهان ویژه تبخیر: مقدار گرمایی است که یک کیلوگرم از مایع می‌گیرد تا بدون تغییر دما به بخار تبدیل شود.

در فرایند میعان که برعکس تبخیر است، گاز، گرما از دست می‌دهد تا در دمای ثابت به مایع تبدیل شود. گرمای مبادله شده در این حالت، قرینه گرمای لازم برای تبخیر است و به صورت زیر به دست می‌آید:

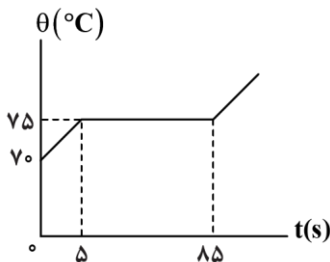
$$Q_{\text{میعان}} = -mL_V \quad Q_{\text{میعان}} < 0$$

گروه آموزشی ماز

۱۵- توسط گرمکنی با توان ۲۱۰ وات به جسم جامدی به جرم ۲۰۰ گرم می‌دهیم. اگر نمودار تغییرات دمای این جسم برحسب زمان مطابق شکل باشد،

گرمای نهان ذوب این جسم چند واحد SI است؟

- (۱) ۲۱۰۰۰
- (۲) ۴۲۰۰۰
- (۳) ۸۴۰۰۰
- (۴) ۱۶۸۰۰۰



(متوسط - نموداری - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

از لحظه $t = 5s$ تا $t = 85s$ ، یعنی به مدت زمان $85 - 5 = 80s$ با توان ۲۱۰ وات گرما داده‌ایم تا جسم از حالت جامد به مایع تبدیل شده است؛ بنابراین برای محاسبه گرمای نهان ذوب جسم می‌توان نوشت:

$$Q = mL_F \xrightarrow{Q=P\Delta t} P\Delta t = mL_F \Rightarrow 210 \times 80 = 0 / 2L_F \Rightarrow L_F = 84000 \frac{J}{kg}$$

مراحل گرما گرفتن یک جسم جامد

فرض کنید یک جسم جامد داریم که به آرامی به آن گرما می‌دهیم. این جسم مراحل زیر را طی می‌کند:

۱- در ابتدا با گرفتن گرما، دمای جسم جامد بالا می‌رود تا به دمای ذوب برسد. در این مرحله، گرمای گرفته شده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q = mc_{\text{جامد}} \Delta\theta$$

۲- پس از رسیدن به دمای ذوب، جسم جامد با گرفتن گرما به تدریج ذوب می‌شود و دمای آن ثابت می‌ماند. فرایند ذوب شدن می‌تواند آن قدر ادامه پیدا کند تا کل جسم جامد ذوب شود. گرمای گرفته شده در این مرحله برابر است با:

$$Q = mL_F$$

۳- پس از آن که جسم جامد به طور کامل ذوب شد، مایع به دست آمده گرما می‌گیرد و دمای آن به تدریج بالا می‌رود. گرمای گرفته شده در این مرحله برابر است با:

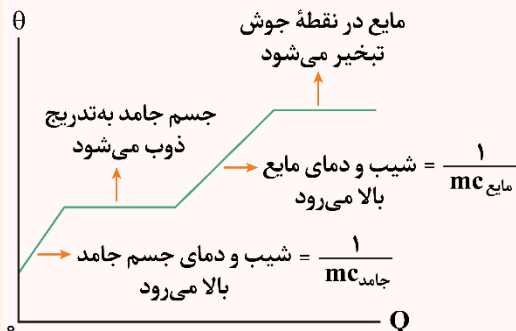
$$Q = mc_{\text{مایع}} \Delta\theta$$

در این مرحله از تبخیر سطحی مایع صرف نظر کرده‌ایم.

۴- پس از آن که دمای مایع تا دمای جوش بالا رفت، مایع با گرفتن گرمای بیشتر شروع به تبخیر شدن می‌کند. گرمای گرفته شده در این مرحله برابر است با:

$$Q = mL_V$$

مراحل فوق را می‌توان در نمودار زیر به طور خلاصه بیان کرد:



گروه آموزشی ماز





۱۶- درون گرماسنجی با ظرفیت گرمایی $\frac{J}{K}$ ۲۱۰۰، آب با دمای $8^{\circ}C$ در حال تعادل است. گلوله فلزی به جرم $1/1 kg$ با دمای $50^{\circ}C$ را درون آب می‌اندازیم و پس از رسیدن به تعادل گرمایی، دمای مجموعه $10^{\circ}C$ می‌شود. در این مدت چند کیلوژول گرما تلف شده است؟

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg^{\circ}C}, c_{\text{فلز}} = 500 \frac{J}{kg^{\circ}C})$$

۱ (۴)

۰/۷۵ (۳)

۰/۵ (۲)

۰/۲۵ (۱)

(متوسط - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

گرمایی که آب و گرماسنج می‌گیرند تا به دمای $10^{\circ}C$ برسند برابر است با:

$$Q_1 = mc\Delta\theta_{\text{آب}} + C\Delta\theta_{\text{گرماسنج}} = 2 \times 4200 \times 2 + 2100 \times 2$$

$$Q_1 = 21000 J = 21 kJ$$

گرمایی که فلز از دست می‌دهد تا به دمای $10^{\circ}C$ برسد:

$$|Q_2| = mc|\Delta\theta| = 1/1 \times 500 \times 40 = 22000 J = 22 kJ$$

بنابراین در این مدت $22 - 21 = 1 kJ$ گرما تلف شده است.

تعادل با اتلاف

اگر در مدت‌زمانی که دو یا چند جسم به تعادل گرمایی می‌رسند، بخشی از گرما تلف شود، طبق قانون پایستگی انرژی می‌توانیم بگوییم مجموع مقادیر گرمای داده شده در فرایندهای گرماده، برابر است با مجموع گرمای گرفته شده در فرایندهای گرماگیر با مقدار گرمای تلف شده و داریم:

$$|Q_{\text{داده شده}}| = Q_{\text{گرفته شده}} + |Q_{\text{اتلاfi}}|$$

مثال

گرما $28 kJ$ به $5 kg$ آب $50^{\circ}C$ می‌دهد و دمای آن را به $60^{\circ}C$ می‌رساند. چند درصد از گرما تلف شده است؟ ($c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg^{\circ}C}$)

پاسخ تشریحی:

$$|Q_{\text{داده شده}}| = mc\Delta\theta + Q_{\text{اتلاfi}} \Rightarrow 28000 = (5/1 \times 4200 \times 10) + Q_{\text{اتلاfi}}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{اتلاfi}} = 7000 J$$

$$\Rightarrow \frac{Q_{\text{اتلاfi}}}{|Q_{\text{داده شده}}|} \times 100 = \frac{7000}{28000} \times 100 = 25 \text{ درصد}$$

گروه آموزشی ماز

۱۷- مقداری یخ با دمای $-10^{\circ}C$ را درون $250 g$ آب $25^{\circ}C$ می‌ریزیم. اگر تا رسیدن به تعادل گرمایی آب $21 kJ$ گرما از دست بدهد، جرم یخ اولیه تقریباً چند گرم بوده است؟ ($L_F = 336 \frac{kJ}{kg}$ ، $c_{\text{یخ}} = 2 \frac{J}{g^{\circ}C}$ ، $c_{\text{آب}} = 4/2$ و از اتلاف گرما صرف نظر شود.)

۵۶ (۴)

۴۲ (۳)

۳۵ (۲)

۲۸ (۱)

(سخت - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

گام اول:

$250 g$ آب $15^{\circ}C$ با از دست دادن $21 kJ$ گرما به تعادل می‌رسد. دمای تعادل (θ_e) را به دست می‌آوریم:

$$Q_{\text{آب}} = mc\Delta\theta \Rightarrow -21000 = 5/1 \times 4200 \times \Delta\theta$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = -20 \Rightarrow \theta_e - 25 = -20 \Rightarrow \theta_e = 5^{\circ}C$$

گام آخر:

مقدار گرمایی که آب از دست می‌دهد با مقدار گرمایی که m گرم یخ $-10^{\circ}C$ دریافت می‌کند تا به تعادل گرمایی برسد، برابر است؛ بنابراین داریم:

$$-10^{\circ}C \xrightarrow{Q_1} \text{یخ صفر} \xrightarrow{Q_2} \text{آب صفر} \xrightarrow{Q_3} 5^{\circ}C \text{ آب}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = +21 kJ \Rightarrow mc\Delta\theta_{\text{یخ}} + mL_F + mc\Delta\theta_{\text{آب}} = 21000$$

$$\Rightarrow m \times 2100 \times 10 + m \times 336000 + m \times 4200 \times 5 = 21000$$

$$\Rightarrow 378000 m = 21000 \Rightarrow m \approx 0/056 kg = 56 g$$





تبادل با تغییر فاز

در این بخش به بررسی سؤالات تعادل گرمایی در حالتی می‌پردازیم که تغییر فاز وجود دارد و دما و حالت نهایی را می‌دانیم. در این حالت چون دمای نهایی را می‌دانیم، از ابتدا می‌دانیم که چه موادی تغییر حالت می‌دهند و چه موادی تغییر حالت نمی‌دهند؛ بنابراین می‌توانیم بازهم مثل قسمت قبل، از پایستگی انرژی استفاده کنیم. فقط باید دقت کنیم که گرما علاوه بر فرم $Q = mc\Delta\theta$ ، به فرم $Q = mL_F$ و $Q = mL_V$ هم می‌تواند وجود داشته باشد.

تذکر

استفاده از رابطه $\theta_e = \frac{m_1c_1\theta_1 + m_2c_2\theta_2}{m_1c_1 + m_2c_2}$ فقط مربوط به وقتی است که تغییر حالت نداریم. در این بخش از این رابطه استفاده نکنید! با حل یک مثال، شیوه حل سؤالات این بخش را یاد می‌گیریم.

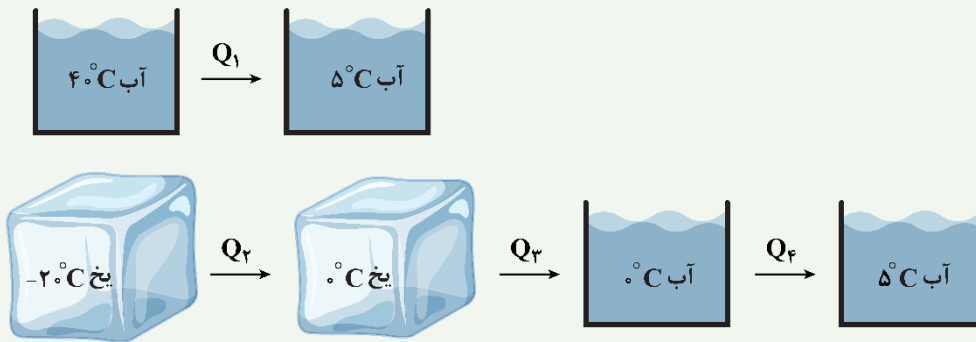
مثال

درون ۴ kg آب 40°C ، چند کیلوگرم یخ با دمای 20°C - بیندازیم تا دمای نهایی برابر 5°C شود؟

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}, c_{\text{یخ}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}, L_F = 336000 \frac{\text{J}}{\text{kg}})$$

پاسخ تشریحی:

ابتدا دقت کنید که چون دمای نهایی 5°C است، حتماً تمام یخ ذوب شده است؛ بنابراین تغییر حالت را می‌دانیم. به شکل زیر توجه کنید:



پایستگی انرژی: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0$

$\rightarrow m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}(5 - 40) + m_{\text{یخ}}c_{\text{یخ}}(0 - (-20)) + m_{\text{یخ}}L_F + m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}(5 - 0) = 0$

$\frac{L_F = 80 \cdot c_{\text{آب}}}{c_{\text{یخ}} = \frac{c_{\text{آب}}}{2}} \rightarrow -35m_{\text{آب}}c_{\text{آب}} + m_{\text{یخ}}\frac{c_{\text{آب}}}{2} \times 20 + m_{\text{یخ}} \times 80 \cdot c_{\text{آب}} + m_{\text{آب}}c_{\text{آب}} \times 5 = 0$

آزمون وی ای پی

$\frac{\text{ساده کردن به } c_{\text{آب}}}{m_{\text{آب}} = 4 \text{ kg}} \rightarrow -35 \times 4 + m_{\text{یخ}} \times 10 + m_{\text{یخ}} \times 80 + m_{\text{یخ}} \times 5 = 0$

$\rightarrow -140 + 95m_{\text{یخ}} = 0 \rightarrow m_{\text{یخ}} = \frac{140}{95} = \frac{28}{19} \text{ kg}$

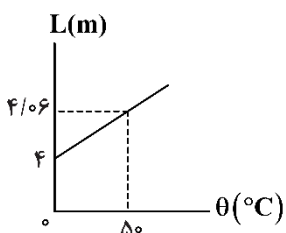
نتیجه: معمولاً در سؤالات تعادل آب و یخ می‌توانیم از روابط زیر استفاده کنیم.

$c_{\text{یخ}} = \frac{1}{2}c_{\text{آب}}, L_F = 80 \cdot c_{\text{آب}}$

به عبارتی می‌توان در محاسبات از $c_{\text{آب}} = 4200$ فاکتور گرفت و در نهایت آن را ساده کرد.

گروه آموزشی ماز

۱۸- نمودار طول یک میله بر حسب دماهای مختلف آن مطابق شکل می‌باشد. ضریب انبساط حجمی آن در SI کدام است؟



- (۱) 9×10^{-4}
- (۲) 6×10^{-4}
- (۳) 2×10^{-4}
- (۴) 3×10^{-4}





(متوسط - نموداری - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

گام اول:

ابتدا تغییر طول میله را در دمای 0°C تا 50°C محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta L = 4/0.6 - 4 = 0/0.6\text{m}$$

گام دوم:

با استفاده از رابطه انبساط طولی، ضریب انبساط طولی (α) را می‌یابیم:

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta$$

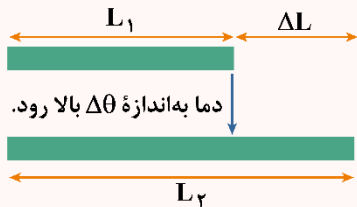
$$0/0.6 = 4 \times \alpha \times 50 \Rightarrow \alpha = \frac{0/0.6}{200} = 3 \times 10^{-4} \frac{1}{\text{K}}$$

گام آخر:

ضریب انبساط حجمی میله برابر است با:

$$\beta = 3\alpha = 3 \times 3 \times 10^{-4} = 9 \times 10^{-4} \frac{1}{\text{K}}$$

انبساط طولی



۱- هنگامی که به یک جسم گرما می‌دهیم تا دمای آن به اندازه $\Delta\theta$ بالا برود، طول آن مطابق رابطه زیر تغییر می‌کند:

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta$$

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

α : ضریب انبساط طولی با یکای $\frac{1}{\text{K}}$ یا $\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$

۲- در سؤالات مربوط به انبساط طولی، سه چیز ممکن است پرسیده شود:

(الف) طول جسم چند برابر شده است؟

$$L_2 = L_1 (1 + \alpha \Delta \theta) \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = 1 + \alpha \Delta \theta$$

(ب) طول جسم چقدر تغییر کرده است؟

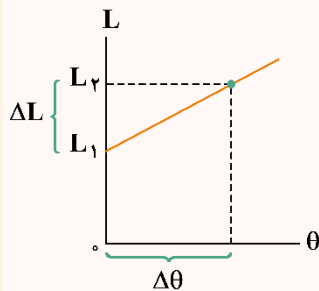
$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta$$

(پ) طول جسم چند درصد تغییر کرده است؟

$$\text{درصد تغییر طول} = \frac{\Delta L}{L_1} \times (100) = \frac{L_1 \alpha \Delta \theta}{L_1} \times (100) \Rightarrow \text{درصد تغییر طول} = \alpha \Delta \theta \times (100)$$

تبدیل به درصد

۳- نمودار تغییرات طول جسم برحسب دما مطابق شکل زیر است:



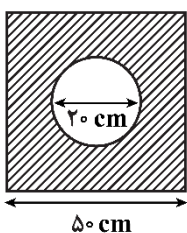
$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta \rightarrow \frac{\Delta L}{\Delta \theta} = L_1 \alpha$$

بنابراین شیب نمودار طول برحسب دما برابر $L_1 \alpha$ است و هم به جنس جسم و هم به طول اولیه آن وابسته است.

گروه آموزشی ماز

۱۹- مطابق شکل زیر، یک ورق آلومینیومی مربعی به ضلع 50cm دارای یک حفره به قطر 20cm در مقطع خود می‌باشد. اگر دمای ورق را 500°C افزایش

دهیم، آن گاه مساحت قسمت فلزی ورقه چند سانتی‌متر مربع تغییر می‌کند؟ ($\pi = 3$, $\alpha_{\text{Al}} = 2 \times 10^{-5}$)



۲۲ (۱)

۰/۲۲ (۲)

۴۴ (۳)

۰/۴۴ (۴)





(متوسط - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

گام اول:

مساحت قسمت فلزی ورقه را می‌یابیم:

$$A_1 = a^2 - \pi r^2 = (50)^2 - 3\left(\frac{r}{2}\right)^2 = 2500 - 300 = 2200 \text{ cm}^2$$

گام آخر:

تغییر مساحت قسمت فلزی را می‌یابیم:

$$\Delta A = A_1(\alpha) \Delta T = 2200 \times (2 \times 2 \times 10^{-5}) \times 500 = 44 \text{ cm}^2$$

انبساط سطحی جسم جامد

هنگامی که یک ورقه فلزی را گرم می‌کنیم، حجم آن افزایش می‌یابد. ضخامت و مساحت سطح ورقه، هر دو افزایش می‌یابند. چنانچه ضخامت ورقه در مقایسه با سطح آن ناچیز باشد، انبساط سطح آن بیش‌تر مشاهده می‌شود. در این صورت انبساط را، انبساط سطحی می‌نامیم.

ضریب انبساط سطحی جسم جامد

افزایش مساحت یکای سطح یک جسم جامد به‌زای یک کلوین (یک سلسیوس) افزایش دما را ضریب انبساط سطحی جسم جامد می‌نامند و تقریباً دو برابر ضریب انبساط خطی آن جسم بوده و یکای آن یا $\frac{1}{K}$ یا $\frac{1}{^\circ C}$ می‌باشد.

$$\rightarrow \alpha = \frac{\Delta A}{A_1 \Delta \theta}$$

$$\Delta \theta = \theta_2 - \theta_1 \quad A_1: \text{مساحت در دمای } \theta_1 \quad A_2: \text{مساحت در دمای } \theta_2 \quad \Delta A = A_2 - A_1: \text{تغییر مساحت}$$

تذکره

با استفاده از تعریف ضریب انبساط سطحی می‌توان روابط زیر را نیز به‌دست آورد.

$$\Delta A = \alpha A_1 \Delta \theta$$

$$\Delta \theta = \frac{\Delta A}{\alpha A_1}$$

$$A_2 = A_1(1 + \alpha \Delta \theta)$$

$$\frac{\Delta A}{A_1} = \alpha \Delta \theta \Rightarrow \text{درصد تغییر سطح} = \alpha \Delta \theta \times 100\%$$

نکته

هرگاه در میان یک ورقه فلزی یک سوراخ وجود داشته باشد، با گرم نمودن این قطعه، مساحت ورقه و سوراخ هر دو افزایش می‌یابند و رابطه تغییر مساحت سوراخ مشابه رابطه تغییر مساحت ورقه می‌باشد. رابطه تغییر شعاع (یا قطر) سوراخ، مانند تغییر طول یک میله است.

$$\Delta R = R \alpha \Delta \theta$$

مثال

طول و عرض یک ورقه فلزی در دمای $23^\circ C$ به‌ترتیب 40 cm و 25 cm است. در چه دمایی مساحت این ورقه $1003/75 \text{ cm}^2$ می‌شود؟ (ضریب انبساط طولی این فلز را برابر $\frac{1}{5} \times 10^{-5} / K$ در نظر بگیرید.)

پاسخ تشریحی:

مساحت اولیه ورقه برابر است با:

$$A_1 = 40 \times 25 = 1000 \text{ cm}^2$$

تغییر مساحت ورقه در اثر تغییر دما برابر است با:

$$\Delta A = A_1(\alpha) \Delta \theta$$

$$\Rightarrow 1003/75 - 1000 = 2 \times 1/5 \times 10^{-5} \times 1000 \times (\theta_2 - 23)$$

$$\Rightarrow \theta_2 = 148^\circ C$$

گروه آموزشی ماز

۲۰- در یک روز تابستانی، یک تانکر حمل سوخت مقدار 15000 لیتر سوخت بارگیری کرده است. اگر تانکر در مقصد، 14700 لیتر سوخت تحویل دهد، آن‌گاه اختلاف دمای محل بارگیری و تحویل سوخت چند درجه فارنهایت است؟ $(\beta = 10^{-3} / K = \text{سوخت}$ و حجم مخزن تانکر ثابت فرض شود).

۲۶ (۴)

۲۰ (۱)

۲۶ (۲)

۳۰ (۱)





(آسان - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

با استفاده از رابطه انبساط حجمی و تبدیل درجه سلسیوس به فارنهایت داریم:

$$V_T = V_1(1 + \beta \Delta T)$$

$$F = 1/18\theta + 32 \Rightarrow \Delta F = \frac{9}{5}\Delta\theta \quad \text{و} \quad \Delta T = \Delta\theta$$

$$\Rightarrow V_T = V_1(1 + \beta(\frac{5}{9}\Delta F))$$

$$\Rightarrow 14700 = 15000(1 + 10^{-3}(\frac{5}{9}\Delta F))$$

$$\Rightarrow \Delta F = -36^\circ F$$

انبساط مایع

چون مایع‌ها شکل معینی ندارند، انبساط آن‌ها را فقط به صورت حجمی بررسی می‌کنیم.

درصد تغییرات حجم مایع	تغییر حجم مایع	حجم ثانویه مایع
$\frac{\Delta V}{V_1} \times 100 = \beta \Delta T \times 100$	$\Delta V = V_1 \beta \Delta T$	$V_T = V_1(1 + \beta \Delta T)$

روابط انبساط مایع‌ها:

مقایسه ضریب انبساط حجمی جامدها با ضریب انبساط حجمی مایعات نشان می‌دهد که عموماً ضریب انبساط حجمی جامدها بسیار کمتر از ضریب انبساط حجمی مایعات است.

هرگاه یک ظرف محتوی مایع را گرم کنیم، با افزایش دما ظرف و مایع هر دو منبسط می‌شوند اما انبساط مایع همواره از انبساط ظرف بیشتر است. این امر سبب می‌گردد که در بررسی انبساط مایع معمولاً انبساط ظرف در نظر گرفته نشود.

گروه آموزشی ماز

۲۱- اگر چگالی فلزی در دمای $25^\circ C$ برابر $20 \frac{g}{cm^3}$ باشد، در دمای چند درجه سلسیوس چگالی فلز $19/7 \frac{g}{cm^3}$ است؟ (ضریب انبساط طولی فلز

$$\frac{1}{K} = 2 \times 10^{-5} \text{ است.})$$

۲۲۵ (۴)

۲۷۵ (۳)

۲۷۵ (۲)

۲۲۵ (۱)

(آسان - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

گام اول:

به کمک رابطه تقریبی $\Delta \rho = -\rho_1 \alpha \Delta \theta$ تغییرات دما را به دست می‌آوریم:

$$\Delta \rho = \rho_2 - \rho_1 = 19/7 - 20 = -0/3 \frac{g}{cm^3}$$

$$\Delta \rho = -\rho_1 \alpha \Delta \theta \xrightarrow{\alpha = 2 \times 10^{-5}} -0/3 = -20 \times 2 \times 10^{-5} \times \Delta \theta$$

$$\Rightarrow \Delta \theta = \frac{-0/3}{20 \times 2 \times 10^{-5}} = \frac{10^4}{40} = 250^\circ C$$

گام آخر:

دمای جسم را در حالتی که چگالی آن به $19/7 \frac{g}{cm^3}$ رسیده است، محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta \theta = \theta_T - \theta_1 \Rightarrow 250 = \theta_T - 25 \Rightarrow \theta_T = 275^\circ C$$

نکته ۱

چگالی یک جسم جامد نیز با تغییر دما، تغییر می‌کند. می‌توان با استفاده از فرمول تغییر حجم، فرمول چگالی را بر حسب تغییر دما به دست آورد.

$$\begin{cases} \rho_2 = \frac{m}{V_2} \rightarrow V_2 = \frac{m}{\rho_2} \\ \rho_1 = \frac{m}{V_1} \rightarrow V_1 = \frac{m}{\rho_1} \end{cases} \rightarrow V_2 = V_1(1 + \beta \Delta \theta) \rightarrow \frac{m}{\rho_2} = \frac{m}{\rho_1}(1 + \beta \Delta \theta) \rightarrow \rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + \beta \Delta \theta}$$





اگر صورت و مخرج را در مزدوج ضرب کنیم خواهیم داشت:

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + \beta\Delta\theta} \times \frac{1 - \beta\Delta\theta}{1 - \beta\Delta\theta} = \rho_1 \times \frac{1 - \beta\Delta\theta}{1 - (\beta\Delta\theta)^2}$$

نکته ۲

با توجه به این که ضریب انبساط حجمی یک جسم عدد بسیار کوچکی است وقتی به توان ۲ برسد بسیار کوچکتر می شود و همچنین $(\beta\Delta\theta)^2$ در مقایسه با عددهایی که با آن جمع و تفریق می شوند بسیار ناچیز بوده و می توان از آن صرف نظر کرد.

$$\rho_2 = \rho_1 \times \frac{1 - \beta\Delta\theta}{1 - \underbrace{(\beta\Delta\theta)^2}_{\approx 0}} \approx \rho_1(1 - \beta\Delta\theta) \quad \text{یا} \quad \rho_2 \approx \rho_1(1 - \beta\Delta\theta)$$

گروه آموزشی ماز

۲۲- کدام یک از عبارات های زیر در مورد روش های انتقال گرما به روش رسانش و همرفت نادرست است؟

- ۱) ارتعاش اتمها و الکترون های آزاد در ناحیه گرم و انتقال بخشی از انرژی آن ها به ناحیه مجاورشان از دلایل انتقال گرما در روش رسانش است.
- ۲) به دلیل سرعت بیشتر الکترون های آزاد در هنگام رسانش گرما در فلزها، سهم آن ها در مقایسه با اتمها در انتقال گرما بیش تر است.
- ۳) کاهش چگالی در اثر افزایش دما، علت اصلی ایجاد جریان های همرفتی است.
- ۴) گرم شدن آب درون قابلمه در اثر حرارت، نمونه ای از جریان همرفتی واداشته است.

(آسان - خطبه خط کتاب درسی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

گرم شدن آب درون قابلمه در اثر حرارت، نمونه ای از جریان همرفت طبیعی است، نه واداشته؛ بنابراین گزینه (۴) نادرست است. عبارات های مطرح شده در گزینه های (۱)، (۲) و (۳) صحیح هستند.

روش های انتقال گرما

- ۱- **رسانش گرمایی:** رسانش گرمایی در غیرفلزات به دلیل ارتعاش اتمها و گسترش این ارتعاشها در طول آن ها است. در فلزات علاوه بر ارتعاش های اتمی، الکترون های آزاد نیز در انتقال گرما نقش دارند. چون الکترون ها بسیار کوچک بوده و با سرعت حرکت می کنند با برخورد با سایر الکترون ها و اتمها سبب رسانش گرمایی می شوند. در رساناهای فلزی سهم الکترون های آزاد در رسانش گرما بیش تر از اتمها است.
- ۲- **همرفت:** انتقال گرما در مایعات و گازها که معمولاً رساناهای گرمای خوبی نیستند عمدتاً به روش همرفت انجام می گیرد. این پدیده بر اثر کاهش چگالی شاره با افزایش دما صورت می گیرد. برخلاف رسانش، در همرفت انتقال گرما با انتقال بخش هایی از خود ماده صورت می گیرد. همرفت طبیعی و همرفت واداشته دو حالت انتقال گرما به روش همرفت هستند.
- ۳- **تابش:** تابش امواج الکترومغناطیسی از هر جسم در هر دمایی رخ می دهد که به آن تابش گرمایی می گویند. در دماهای زیر 50°C ، عمده تابش گرمایی به صورت تابش فروسرخ است. سطوح صاف و درخشان با رنگ های روشن تابش کمتر و سطوح تیره و ناصاف و مات تابش بیش تر دارند. روش های اندازه گیری دما مبتنی بر تابش گرمایی را تفسنجی می گوئیم.

گروه آموزشی ماز

۲۳- اگر دمای مقداری گاز کامل را در فشار ثابت از 27°C به 127°C برسانیم، چگالی این گاز چند درجه و چگونه تغییر می کند؟

- ۱) ۲۵ درصد کاهش می یابد. ۲) ۲۵ درصد افزایش می یابد. ۳) ۷۵ درصد کاهش می یابد. ۴) ۷۵ درصد افزایش می یابد.

(آسان - محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

گام اول:

به کمک قانون گازهای کامل، نسبت حجم گاز را در دو حالت محاسبه می کنیم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{P_1=P_2} \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{273+127}{273+27} = \frac{400}{300} = \frac{4}{3}$$

گام دوم:

حال نسبت چگالی گاز را در دو حالت می یابیم:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{\frac{m}{V_2}}{\frac{m}{V_1}} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4}$$





گام آخر:

درصد تغییرات چگالی برابر است با:

$$\frac{\Delta \rho}{\rho_1} \times 100 = \frac{\frac{3}{4} \rho_1 - \rho_1}{\rho_1} \times 100 = -25\%$$

روش دوم:

با توجه به ثابت بودن فشار، طبق درس نامه داریم:

$$\rho_1 T_1 = \rho_2 T_2 \Rightarrow \rho_1 \times (27 + 273) = \rho_2 \times (127 + 273) \Rightarrow \rho_2 = \frac{3}{4} \rho_1$$

بنابراین چگالی گاز، ۲۵ درصد کاهش می یابد.

قانون گازهای آرمانی (کامل)

معادله حالت بین کمیت های گاز کامل به صورت زیر است:

$$PV = nRT$$

n: تعداد مول های گاز

P: فشار مطلق گاز (Pa) V: حجم گاز (m³)

T: دمای مطلق گاز (K)

R: ثابت جهانی گازها $R = 8.314 \frac{J}{mol.K}$

به طور کلی اگر یک گاز آرمانی از حالت (۱) (n_۱, P_۱, V_۱, T_۱) به حالت (۲) (n_۲, P_۲, V_۲, T_۲) برود، داریم:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

اگر در تغییر حالت از (۱) به (۲) کمیتی تغییر نکند، در رابطه نمی آید. برای مثال اگر تعداد مول های گاز ثابت باشد، می توان رابطه را به این صورت نوشت:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

معادله حالت برحسب چگالی

اگر بخواهیم معادله حالت را برحسب چگالی گاز (ρ) بنویسیم، داریم:

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

V: حجم گاز

m: جرم گاز

ρ: چگالی گاز

$$PV = nRT \xrightarrow{V = \frac{m}{\rho}} \frac{Pm}{\rho} = nRT \xrightarrow{m = nM} \frac{PnM}{\rho} = nRT$$

$$\Rightarrow \frac{PM}{\rho T} = R \Rightarrow \frac{P_1}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2}{\rho_2 T_2}$$

مثال

اگر در دمای ثابت، فشار مقدار معینی گاز کامل ۲۰ درصد افزایش یابد، چگالی آن چند درصد و چگونه تغییر می کند؟

پاسخ تشریحی:

با توجه به ثابت بودن دما، داریم:

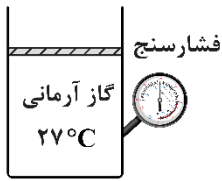
$$\frac{P_1}{\rho_1} = \frac{P_2}{\rho_2} \Rightarrow \frac{P_1}{\rho_1} = \frac{1/2 P_1}{\rho_2} \Rightarrow \rho_2 = 1/2 \rho_1$$

بنابراین چگالی گاز نیز، ۲۰ درصد افزایش می یابد.

گروه آموزشی ماز



۲۴- مطابق شکل زیر، مقداری گاز آرمانی در دمای 27°C زیر یک پیستون بدون اصطکاک قرار دارد و فشارسنج، عدد 3atm را نشان می‌دهد. در مرحله اول، وزنه‌ای بر روی پیستون قرار می‌دهیم و پیستون 10cm پایین می‌آید و به تعادل می‌رسد. دمای گاز در این مرحله ثابت می‌ماند و فشارسنج، عدد 3atm را نشان می‌دهد. در مرحله دوم، به گاز حرارت می‌دهیم تا دمای آن به 87°C برسد. جابه‌جایی پیستون در مرحله دوم سانتی‌متر است و جرم وزنه جرم پیستون است. (فشار هوای محیط برابر 1atm است.)

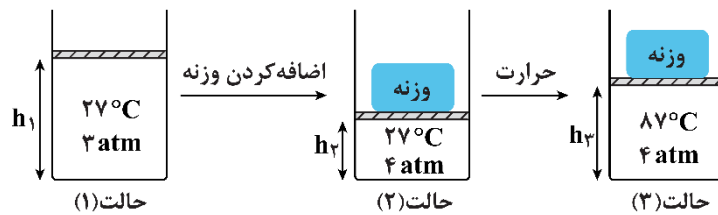


- (۱) ۴، برابر با
- (۲) ۶، نصف
- (۳) ۶، برابر با
- (۴) ۴، نصف

(سخت - مفهومی/محاسباتی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۲ آزمون وی ای پی

فشارسنج، فشار پیمانه‌ای را نشان می‌دهد؛ بنابراین، فشار مطلق گاز، ابتدا 3atm است و با اضافه کردن وزنه به 4atm می‌رسد. حالت‌های ترمودینامیکی گاز، مطابق شکل زیر است:



حالت اول:

دما و تعداد مول ثابت است.

$$PV = \text{ثابت} \Rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow 3 \times A h_1 = 4 \times A h_2 \Rightarrow h_1 = \frac{4}{3} h_2$$

$$h_1 - h_2 = 10\text{cm} \Rightarrow \frac{4}{3} h_2 - h_2 = 10 \Rightarrow h_2 = 30\text{cm}$$

حالت دوم:

فشار و تعداد مول ثابت است.

$$\frac{V}{T} = \text{ثابت} \Rightarrow \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow \frac{A h_2}{27 + 273} = \frac{A h_3}{87 + 273} \Rightarrow \frac{30}{300} = \frac{h_3}{360}$$

$$\Rightarrow h_3 = 36\text{cm} \Rightarrow \text{پیستون در مرحله دوم } 6\text{cm} \text{ بالا می‌رود.}$$

مقایسه جرم وزنه و پیستون:

با قرار گرفتن پیستون بر روی گاز، فشار گاز از 1atm به 3atm رسیده است؛ بنابراین، جرم پیستون، فشاری معادل 2atm بر روی گاز وارد می‌کند. از طرفی، با اضافه کردن وزنه، فشار گاز از 3atm به 4atm رسیده است؛ بنابراین، جرم وزنه، فشاری معادل 1atm بر روی گاز وارد می‌کند. در نتیجه، جرم وزنه، نصف جرم پیستون است.

گروه آموزشی ماز

۲۵- حجم حباب‌های هوا در رسیدن از ته یک دریاچه تا سطح آب ۴ برابر می‌شود. اگر دمای آب ثابت فرض شود، عمق آب تقریباً چند متر است؟ (فشار هوا

$$1.0^5 \text{ Pa}, \text{ چگالی آب } 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ و } g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \text{ فرض شود.}$$

۳ (۴)

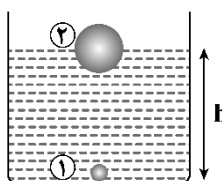
۴ (۳)

۳۰ (۲)

۴۰ (۱)

(متوسط - محاسباتی/ترکیبی - ۱۰۰۴)

پاسخ: گزینه ۲



$$P_1 = P_0 + \rho g h \Rightarrow P_1 = P_0 + 1000 \times 10 \times h \quad (*) \text{ رابطه}$$

فشار مایعات با عمق از رابطه زیر به دست می‌آید:

گام اول:

گام آخر:

در دمای ثابت داریم:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_1 \times V_1 = P_0 (4V_1) \Rightarrow P_1 = 4P_0$$



با جایگذاری در رابطه (*) داریم:

$$2P_0 = P_0 + 10^4 h \Rightarrow 2P_0 = 10^4 h$$

$$\Rightarrow 3 \times 10^5 = 10^4 h \Rightarrow h = 30 \text{ m}$$

گروه آموزشی ماز

۲۶- کدام گزینه الزاماً درست است؟

- (۱) وقتی تغییر انرژی درونی یک دستگاه ترمودینامیکی صفر باشد، دستگاه یک چرخه را طی کرده است.
- (۲) در فرایندهای فشار ثابت (چه تراکمی و چه انبساطی) برای یک گاز آرمانی، همواره اندازه گرمای مبادله شده بیش تر از اندازه کار انجام شده است.
- (۳) در فرایندهای تراکم هم‌دما برای یک گاز آرمانی، درصد کاهش حجم برابر با درصد افزایش فشار است.
- (۴) وقتی به یک گاز آرمانی گرما بدهیم، دمای آن افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۲

(متوسط - مفهومی - ۱۰۰۵)

۱ (*)

اگر دستگاه یک چرخه را طی کند، $\Delta U = 0$ است، اما اگر $\Delta U = 0$ باشد، نمی‌توان الزاماً گفت دستگاه یک چرخه را طی کرده است. به عنوان مثال، ممکن است دستگاه فقط یک فرایند دماثابت را طی کرده باشد.

۲ (✓)

$$\text{فشار ثابت تراکمی: } \begin{cases} PV = nRT \xrightarrow[\text{کاهش } V]{\text{ثابت } P} \text{ کاهش } T \Rightarrow \text{کاهش } U \Rightarrow \Delta U < 0 \\ \text{فرایند تراکمی} \Rightarrow W > 0 \Rightarrow \Delta U = \underbrace{W}_{+} + Q \Rightarrow Q < 0, |Q| > |W| \end{cases}$$

$$\text{فشار ثابت انبساطی: } \begin{cases} PV = nRT \xrightarrow[\text{افزایش } V]{\text{ثابت } P} \text{ افزایش } T \Rightarrow \text{افزایش } U \Rightarrow \Delta U > 0 \\ \text{فرایند انبساطی} \Rightarrow W < 0 \Rightarrow \Delta U = \underbrace{W}_{-} + Q \Rightarrow Q > 0, |Q| > |W| \end{cases}$$

۳ (*)

به عنوان مثال، فرض کنید در یک فرایند هم‌دمای تراکمی، حجم دستگاه ۲۰ درصد کاهش یابد. در این صورت:

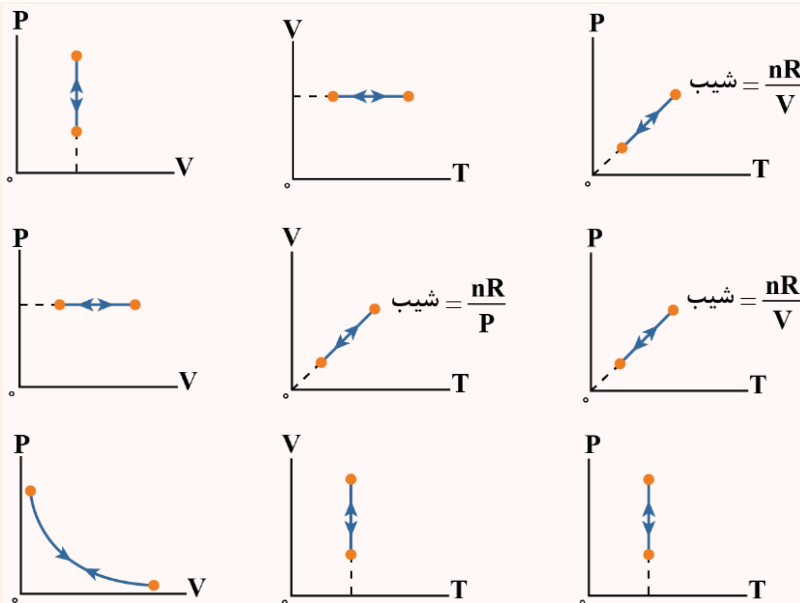
$$PV = nRT \xrightarrow{\text{ثابت } T} P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow P_1 V_1 = P_2 \times 0.8 V_1 \Rightarrow P_2 = 1/25 P_1$$

بنابراین، فشار ۲۵ درصد افزایش می‌یابد.

۴ (*)

دمای گاز آرمانی بستگی به علامت ΔU دارد. اگر $\Delta U > 0$ باشد دما افزایش و اگر $\Delta U < 0$ باشد، دما کاهش می‌یابد. در واقع، طبق قانون اول ترمودینامیک، جمع جبری W و Q تعیین می‌کند که انرژی درونی و در نتیجه، دمای گاز افزایش می‌یابد یا کاهش.

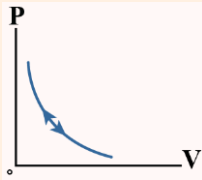
فرایندهای ترمودینامیکی



(۱) حجم گاز ثابت است.
 در فرایند هم‌حجم: $W = 0$ (۲)
 $\Delta U = Q$ (۳)

(۱) فشار گاز ثابت است.
 در فرایند هم‌فشار: $\Delta U = Q + W$ (۲)
 $W = -P\Delta V$ (۳)

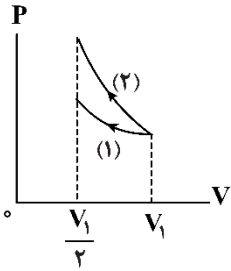
(۱) دمای گاز ثابت است.
 در فرایند هم‌دما: $\Delta U = 0$ (۲)
 $Q = -W$ (۳)



$$\left. \begin{aligned} Q &= 0 \quad (1) \\ \Delta U &= W \quad (2) \end{aligned} \right\} \text{در فرایند بی‌دررو:}$$

گروه آموزشی ماز

۲۷- در شکل زیر، حجم مقدار معینی گاز آرمانی در دو فرایند ایستاوار نصف شده است. فرایند (۱) هم‌دما و فرایند (۲) بی‌دررو است. اگر گرمای داده‌شده به گاز در فرایند (۱) برابر Q_1 و کار انجام‌شده روی گاز در فرایند (۲) برابر W_2 باشد، کدام رابطه درست است؟



- (۱) $W_2 > 0, Q_1 > 0$
- (۲) $W_2 < 0, Q_1 > 0$
- (۳) $W_2 > 0, Q_1 < 0$
- (۴) $W_2 < 0, Q_1 < 0$

(آسان - نموداری - ۱۰۰۵)

پاسخ: گزینه ۳

در فرایند هم‌دما، تغییر انرژی درونی صفر است، پس:

$$\Delta U_1 = 0 \Rightarrow Q_1 = -W_1$$

و چون حجم کاهش یافته است داریم:

$$W_1 > 0, Q_1 < 0$$

می‌دانیم کار انجام‌شده در فرایندی که حجم کاهش یافته مثبت است؛ پس $W_2 > 0$



نکته

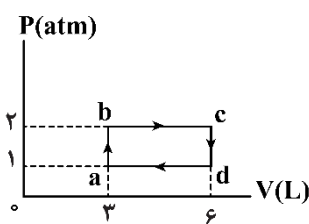
طبق قانون اول ترمودینامیک، تغییر انرژی درونی گاز در یک فرایند با مجموع کار و گرمای مبادله‌شده بین گاز و محیط در آن فرایند برابر است:

$$\Delta U = Q + W$$

در رابطه قانون اول ترمودینامیک، گرمای Q می‌تواند مثبت (دستگاه گرما بگیرد) یا منفی (دستگاه گرما از دست بدهد) باشد. W نیز می‌تواند مثبت (محیط روی دستگاه کار انجام دهد) یا منفی (دستگاه روی محیط کار انجام دهد) باشد.

گروه آموزشی ماز

۲۸- در شکل زیر، چرخه گاز کاملی نشان داده شده است. گرمایی که گاز در فرایند bcd مبادله می‌کند، چند برابر گرمای مبادله‌شده در کل چرخه است؟



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

(سخت - نموداری - ۱۰۰۵)

پاسخ: گزینه ۴

گام اول:

نقاط b و d هم‌دما هستند؛ زیرا حاصل ضرب $P.V$ در این نقاط یکسان است:

$$P_b V_b = 2 \times 3 = 6$$

$$P_d V_d = 1 \times 6 = 6$$

پس تغییر انرژی درونی از b تا d صفر است:

$$\Delta U_{bcd} = 0 \Rightarrow Q_{bcd} = -W_{bcd}$$

گام دوم:

کار انجام‌شده در فرایند هم‌حجم cd صفر است؛ پس:

$$W_{bcd} = W_{bc} = -(3 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^5) = -600 \text{ J} \Rightarrow Q_{bcd} = +600 \text{ J}$$





گام آخر:

می‌دانیم ΔU در چرخه صفر است؛ پس:

$$Q_{\text{چرخه}} = -W_{\text{چرخه}} = -(-10^5 \times 3 \times 10^{-3}) = 300 \text{ J}$$

$$\frac{Q_{\text{bcd}}}{Q_{\text{چرخه}}} = \frac{600}{300} = 2$$

چرخه ترمودینامیکی

یک چرخه ترمودینامیکی مجموعه‌ای از فرایندها است که طی آن گاز در نهایت به حالت اولیه خود می‌رسد. چرخه ترمودینامیکی دارای ویژگی‌های زیر است:

۱- تغییر انرژی درونی گاز در کل چرخه صفر است.

۲- $\Delta U = 0 \rightarrow Q_{\text{چرخه}} = -W_{\text{چرخه}}$

۳- مساحت محصور درون چرخه برابر با قدر مطلق کار انجام شده روی گاز در طی چرخه است و برای تعیین علامت کار، به این شکل عمل می‌کنیم:

چرخه پادساعتگرد $\rightarrow W > 0$

چرخه ساعتگرد $\rightarrow W < 0$

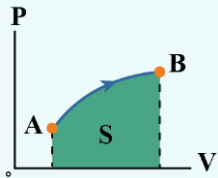
۴- در یک چرخه می‌توان نوشت:

$$W_{\text{چرخه}} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots$$

$$Q_{\text{چرخه}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$

نکته

در هر فرایند دلخواه، سطح زیر نمودار $P-V$ در آن فرایند برابر با قدر مطلق کار انجام شده روی گاز در آن فرایند است.



$$|W_{AB}| = S$$

اگر فرایند، تراکم باشد $W_{AB} > 0$ و اگر فرایند، انبساط باشد $W_{AB} < 0$ است.

نکته

در نمودار $P-V$ مربوط به یک گاز کامل اگر در دو نقطه متمایز a و b از نمودار، $P_a V_a = P_b V_b$ باشد، آن‌گاه آن دو نقطه هم‌دما بوده و انرژی درونی آن دو نقطه نیز یکسان شده و بالطبع $\Delta U_{ab} = 0$ می‌شود (دقت کنید که لزوماً فرایند ab هم‌دما نیست ولی دمای گاز در نقاط a و b برابر است).

گروه آموزشی ماز

۲۹- چند مورد از موارد زیر نادرست است؟

الف: چرخه آرمانی ماشین بخار، چرخه رانکین است.

ب: انرژی درونی مقدار معینی از یک گاز آرمانی فقط تابع دمای مطلق آن است.

پ: در موتور بنزینی در مرحله آتش گرفتن، حجم دستگاه ثابت است.

(۴) سه

(۳) دو

(۲) یک

(۱) صفر

(آسان - خطبه خط کتاب درسی - ۱۰۰۵)

پاسخ: گزینه ۱

طبق متن کتاب درسی، همه عبارت‌ها درست هستند.

ماشین گرمایی چیست؟

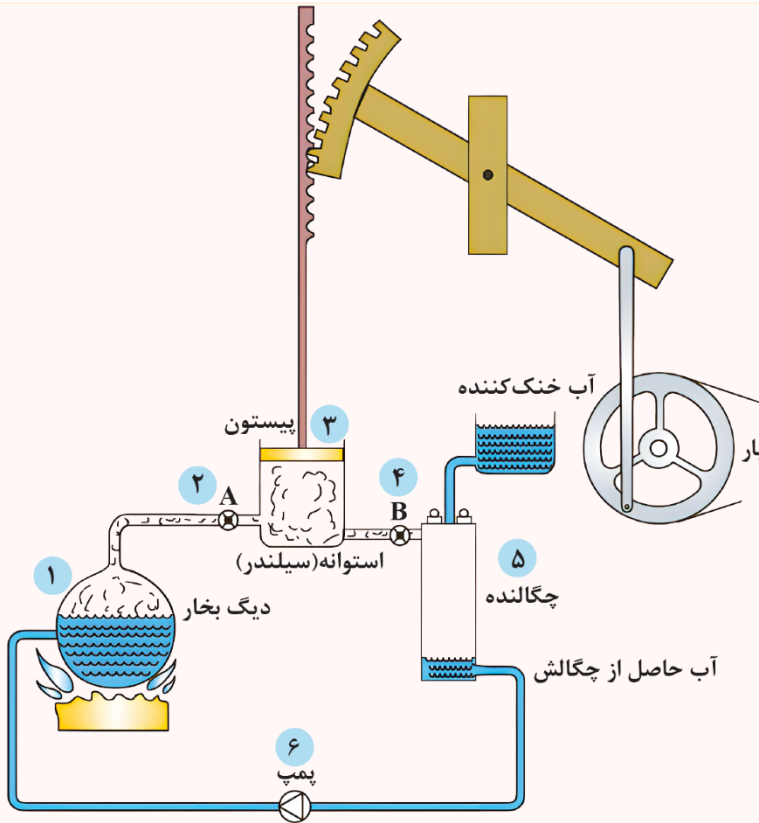
ماشین‌هایی که یک چرخه ترمودینامیکی معین را دائماً تکرار می‌کنند و در هر چرخه مقداری گرما دریافت کرده و بخشی از آن را به کار تبدیل می‌کنند.

برون‌سوز: گرما از بیرون دستگاه تأمین می‌شود. مثل ماشین نیوکامن، ماشین استرلینگ و ماشین بخار وات.

درون‌سوز: گرما از درون دستگاه تأمین می‌شود. مثل ماشین بنزینی و ماشین دیزلی.

انواع ماشین‌های گرمایی

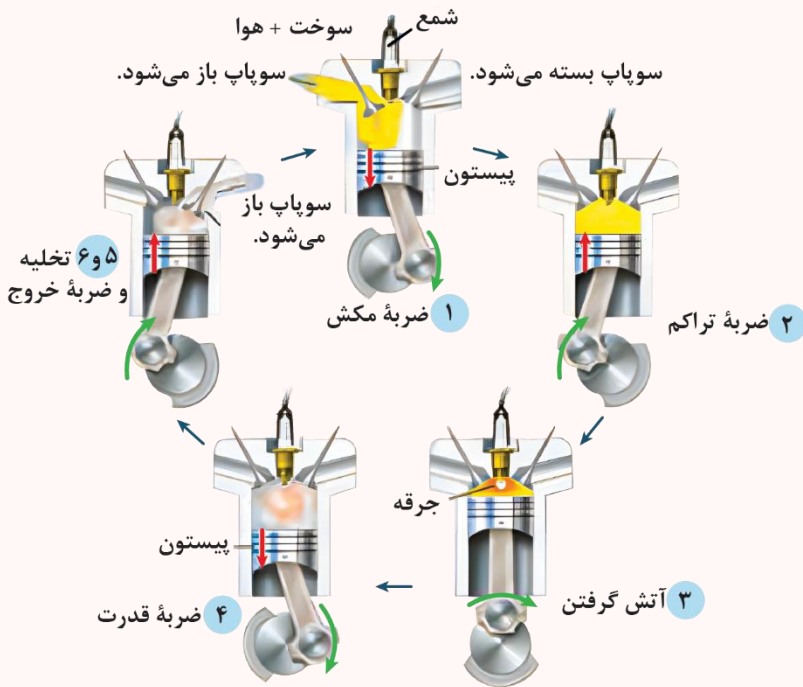




- مطابق شکل مقابل، یک ماشین برون سوز بخار را بررسی می‌کنیم:
- ۱- آب با دریافت گرما از کوره، بخار می‌شود.
 - ۲- شیر A باز می‌شود و بخار با فشار وارد استوانه می‌شود.
 - ۳- بخار پرفشار پیستون را به سمت بالا می‌راند. (در این مرحله با حرکت پیستون کار انجام می‌شود).
 - ۴- وقتی پیستون به بالای استوانه می‌رسد، شیر A بسته و هم‌زمان شیر B باز می‌شود و بخار از استوانه خارج و وارد محفظه چگالنده می‌شود. با ورود بخار به چگالنده، پیستون پایین می‌آید و زمانی که به پایین‌ترین سطح خود می‌رسد، شیر B بسته و هم‌زمان شیر A باز شده و مراحل (۱) و (۲) تکرار می‌شود.
 - ۵- بخار وارد شده به محفظه چگالنده، خنک‌سازی شده و به مایع تبدیل می‌شود.
 - ۶- آب حاصل از چگالش توسط یک پمپ به دیگ بخار برگردانده می‌شود.

یادت باشه!

- به چرخه آرمانی ماشین بخار، چرخه رانکین می‌گوییم.
- مطابق شکل مقابل، یک ماشین درون سوز بنزینی را بررسی می‌کنیم:
- ۱- **ضربه مکش:** پیستون پایین می‌آید و مخلوط بنزین و هوا وارد استوانه می‌شود. با رسیدن پیستون به پایین‌ترین وضعیت، دریچه ورودی بسته می‌شود.
 - ۲- **ضربه تراکم:** پیستون طی یک فرایند سریع (بی‌دررو) بالا می‌آید و مخلوط را متراکم می‌کند. در این مرحله دما و فشار مخلوط بسیار بالا می‌رود.
 - ۳- **آتش زدن:** با رسیدن پیستون به بالاترین وضعیت شمع جرقه می‌زند و مخلوط آتش می‌گیرد. در این مرحله طی یک فرایند در حجم ثابت (هم‌حجم) دما و فشار مخلوط بسیار بالا می‌رود. آزمون وی ای پی
 - ۴- **ضربه قدرت:** در اثر فشار بسیار زیاد، مخلوط منبسط شده و طی یک فرایند سریع (بی‌دررو) پیستون را به شدت به سمت پایین می‌راند. در این مرحله کار انجام می‌شود.
 - ۵- **تخلیه:** درحالی‌که پیستون در پایین‌ترین وضعیت قرار دارد، سوپاپ دریچه خروجی باز شده و بخشی از محصولات احتراق به صورت دود خارج می‌شود.
 - ۶- **ضربه خروج:** در این مرحله پیستون بالا می‌آید و بقیه محصولات احتراق را خارج می‌کند.



گروه آموزشی ماز

۳۰- در یک ماشین درون سوز بنزینی، پیستون در هر دقیقه ۱۲۰۰ ضربه قدرت انجام می‌دهد و در هر چرخه، 8 kJ گرما از منبع دما بالا می‌گیرد و 5 kJ گرما به منبع دما پایین می‌دهد. توان خروجی این ماشین چند kW است؟

۲۴۰ (۴)

۱۲۰ (۳)

۶۰ (۲)

۳۰ (۱)





(متوسط - محاسباتی - ۱۰۰۵)

پاسخ: گزینه ۲

نکته

در ماشین‌های درون‌سوز، در هر چرخه، چهار ضربه داریم: مکش، تراکم، قدرت و خروج گاز. در هر رفت و برگشت پیستون دو ضربه انجام می‌شود؛ بنابراین، هر چرخه در ۲ رفت و برگشت پیستون اتفاق می‌افتد. در نتیجه، تعداد چرخه برابر است با نصف تعداد رفت و برگشت‌های پیستون.

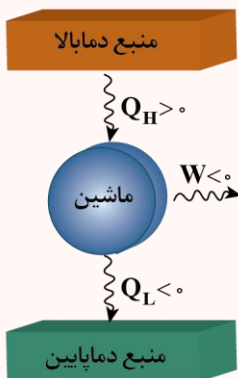
چون در هر چرخه یک ضربه قدرت انجام می‌شود، ماشین در هر دقیقه ۱۲۰۰ چرخه را طی کرده است.

$$|W_{\text{چرخه}}| = Q_H - |Q_C| = 8 - 5 = 3 \text{ kJ} \Rightarrow \text{کار در هر دقیقه} = |W| = \text{تعداد چرخه} \times |W_{\text{چرخه}}| = 1200 \times 3 = 3600 \text{ kJ}$$

$$P_{\text{خروجی}} = \frac{|W|}{\Delta t} = \frac{3600 \text{ kJ}}{60 \text{ s}} = 60 \text{ kW}$$

ماشین گرمایی

یک ماشین گرمایی، گرما را از منبع دمابالا گرفته، مقداری از آن را روی محیط کار انجام می‌دهد (W) و مابقی آن را به منبع دماپایین به صورت گرما می‌دهد (Q_L)، بنابراین طبق قانون اول ترمودینامیک می‌توان نوشت:



$$Q_H = |W| + |Q_L|$$

یک ماشین گرمایی خوب، ماشینی است که مقدار بیشتری از Q_H را به $|W|$ تبدیل کند. برای ماشین‌های گرمایی، مفهومی به نام بازده مطرح می‌شود که بیانگر این موضوع است که چقدر از گرمای گرفته شده از منبع دمابالا توسط ماشین گرمایی به کار تبدیل می‌شود. اگر بازده ماشین گرمایی را با η نمایش دهیم، داریم:

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H}$$

رابطه بازده یک ماشین گرمایی را به این صورت نیز می‌توان نوشت:

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{|W| = Q_H - |Q_L|}{Q_H} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H}$$

نکته

اگر توان یک ماشین گرمایی P باشد، می‌توان نوشت:

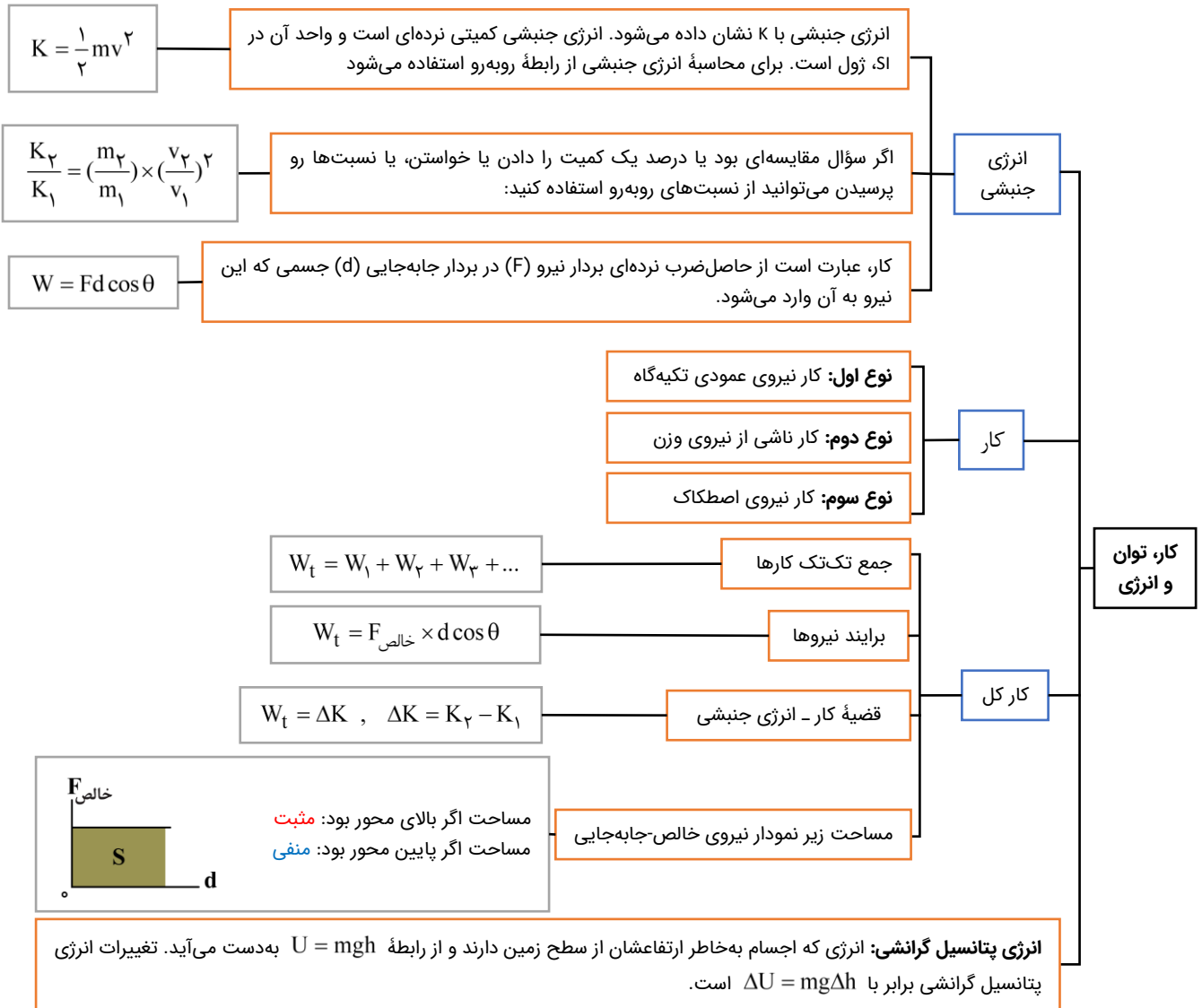
$$P = \frac{|W|}{\Delta t}$$

گروه آموزشی ماز



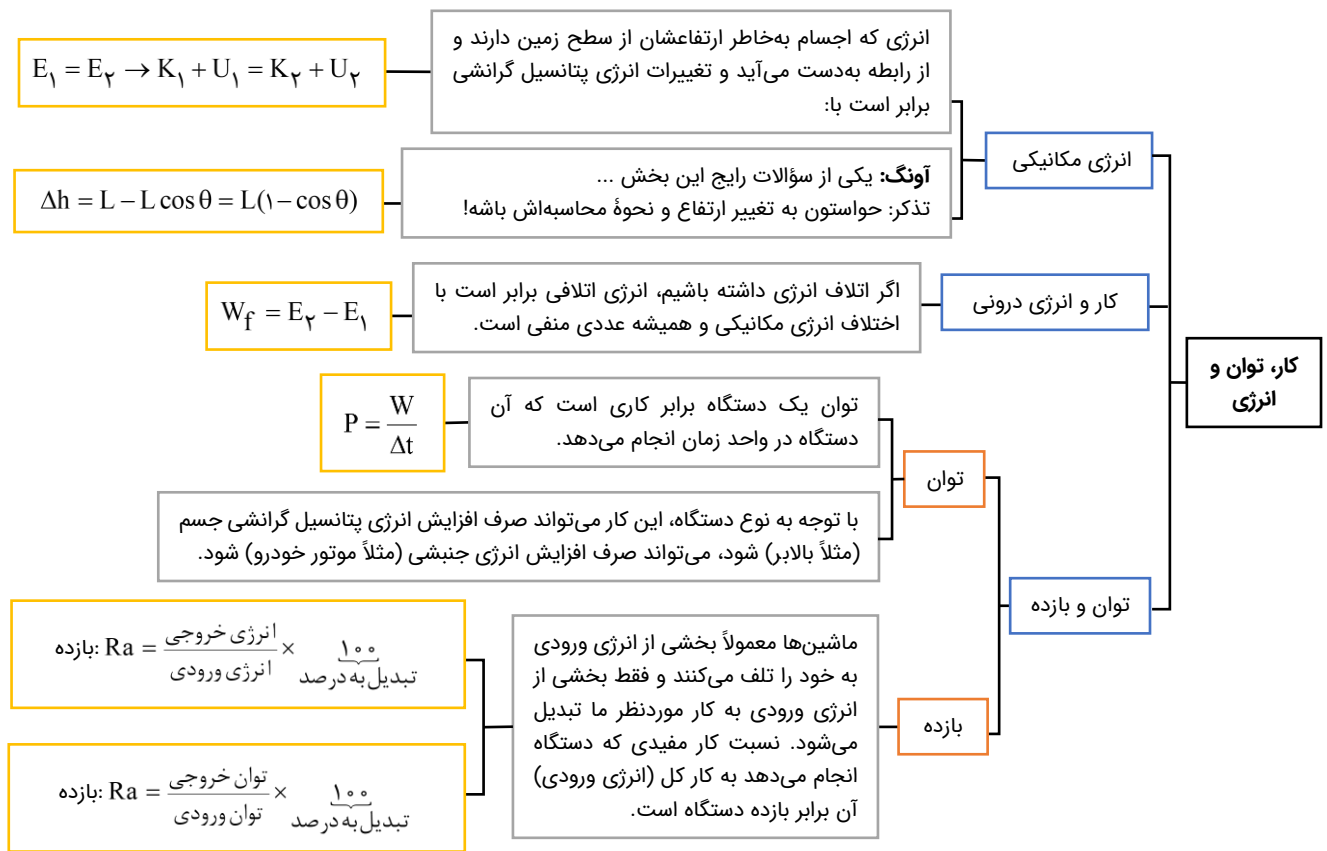
«جمع بندی فشرده»

فصل ۳ فیزیک دهم



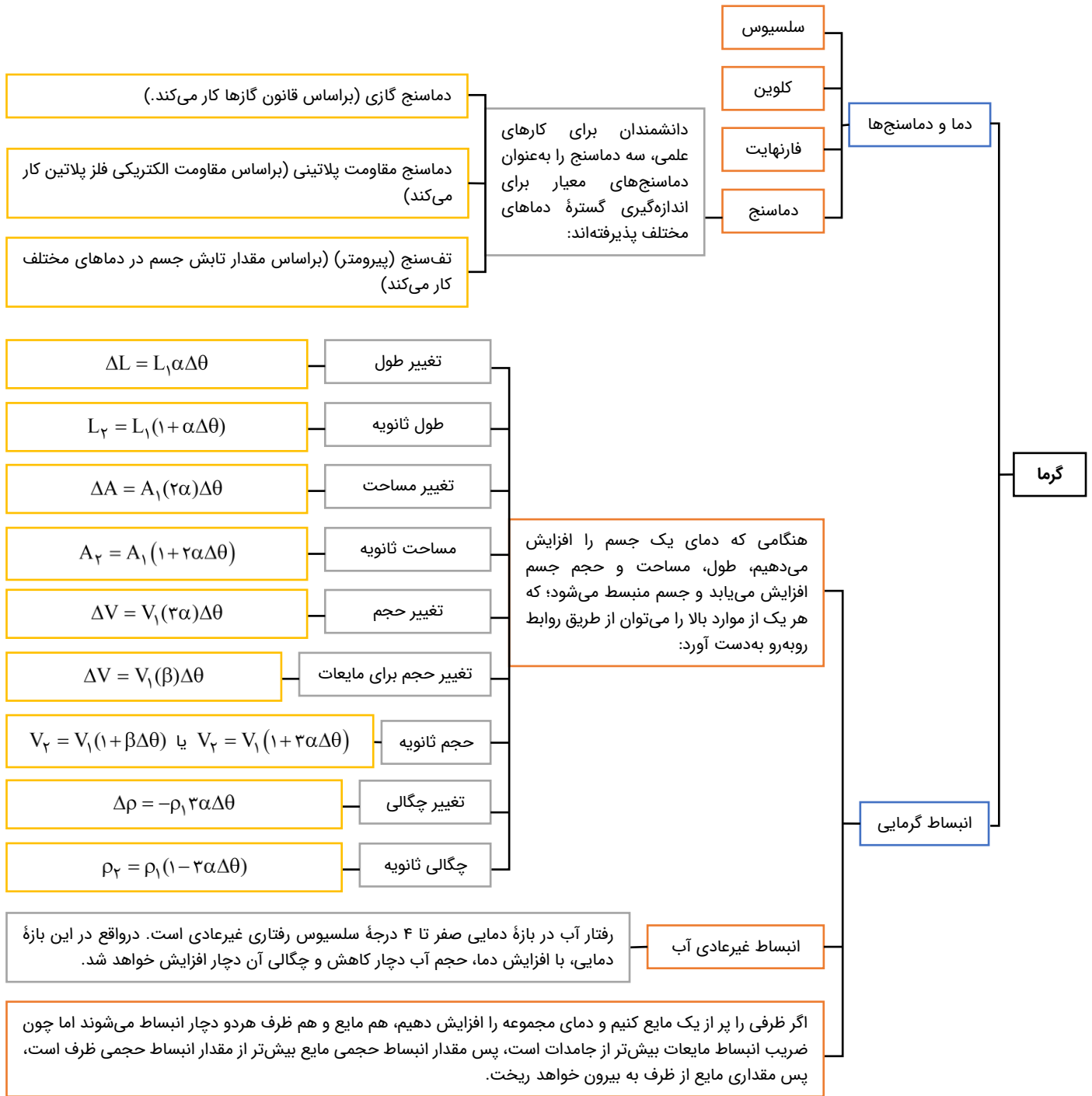


فصل ۳ فیزیک دهم





فصل ۴ فیزیک دهم





فصل ۴ فیزیک دهم

می‌دانیم رابطه گرمای مربوط به تغییر دما به صورت $Q = mc\Delta T$ است که حاصل ضرب mc را ظرفیت گرمایی نامیده و با C نمایش می‌دهیم. پس این رابطه را به فرم $Q = C\Delta T$ نیز می‌توان نوشت.

تعریف گرما

اگر دو جسم با دماهای متفاوتی را در کنار یکدیگر قرار دهیم، گرما از جسم با دمای بیش‌تر به جسم با دمای کم‌تر منتقل می‌شود و این امر آن قدر ادامه پیدا می‌کند تا دو جسم به دمای مشترکی برسند. در این حالت می‌گوییم دو جسم در تعادل گرمایی بوده و دمایی که دو جسم در آن قرار دارند را دمای تعادل می‌نامیم.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$$

دمای تعادل

گرما

گرماسنج وسیله‌ای است عایق که عموماً از آن برای تعیین گرمای ویژه جسمی با جنس نامعلوم استفاده می‌شود. اگر درون گرماسنج مقداری آب ریخته باشیم و آن‌گاه فلز موردنظر با جرم و دمای اولیه معین را درون این مجموعه قرار دهیم؛ با رسیدن به دمای تعادل (که از روی دماسنج تعبیه‌شده روی گرماسنج عدد آن خوانده می‌شود) می‌توان، گرمای ویژه جسم نامعلوم را به دست آورد.

گرماسنج

تبدیل مایع به جامد: انجماد
تبدیل جامد به مایع: ذوب
تبدیل جامد به بخار: تصعید
تبدیل بخار به جامد: چگالش
تبدیل مایع به بخار: تبخیر
تبدیل بخار به مایع: میعان

تغییر حالت ماده

گرما

$$Q = +mL_F$$

تغییر فاز از جامد به مایع (بدون تغییر دما):

$$Q = -mL_F$$

تغییر فاز از مایع به جامد (بدون تغییر دما):

$$Q = +mL_V$$

تغییر فاز از مایع به گاز (بدون تغییر دما):

$$Q = -mL_V$$

تغییر فاز از گاز به مایع (بدون تغییر دما):

رسانش گرمایی

همرفت طبیعی

همرفت واداشته

همرفت

روش‌های انتقال گرما

شکار تابش فرسوخ

کلم اسکانک

تابش گرمایی



فصل ۵ فیزیک دهم

ترمودینامیک

معادله حالت

معادله حالت $(PV = nRT)$ رابطه بین پارامترهای ترمودینامیکی یک گاز را مشخص می‌شود.

تبادل انرژی

تبادل انرژی بین محیط و دستگاه از دو طرق **گرما** و **کار** صورت می‌گیرد و معمولاً فرض می‌شود که دستگاه در حین تبادل گرما، در تماس با یک **منبع گرما** است.

انرژی درونی و قانون اول ترمودینامیک

انرژی درونی یک گاز کامل فقط تابع دمای مطلق گاز است.

اگر دستگاهی در فرایندی، گرمای Q را بگیرد و کار W روی آن انجام شود، تغییر انرژی درونی آن حاصل جمع جبری کار و گرمای مبادله شده خواهد بود. به این رابطه قانون اول ترمودینامیک گفته می‌شود:

$$\Delta U = W + Q$$

در این فرایند حجم دستگاه ثابت است؛ بنابراین در این فرایند کار صفر است.

برای مقدار معینی از گاز کامل، در فرایند هم‌حجم، اگر گاز گرما بگیرد، فشار و دمای آن هر دو افزایش می‌یابند و اگر گرما از دست بدهد، فشار و دمای آن هر دو کاهش می‌یابند.

فرایند هم‌حجم

در این فرایند فشار دستگاه ثابت است. برای مقدار معینی از گاز کامل، در فرایند هم‌فشار، اگر گاز گرما بگیرد، حجم و دمای آن هر دو افزایش می‌یابند و اگر گرما از دست بدهد، حجم و دمای آن هر دو کاهش می‌یابند.

فرایند هم‌فشار

در این فرایند دمای دستگاه ثابت است. برای مقدار معینی از گاز کامل، در فرایند هم‌دما، فشار و حجم باهم رابطه معکوس (وارون) دارند. اگر گاز گرما بگیرد، حجم آن افزایش یافته و فشار آن کاهش می‌یابد و اگر گاز گرما از دست بدهد، حجم آن کاهش یافته و فشار آن افزایش می‌یابد.

فرایند هم‌دما

برخی از فرایندهای ترمودینامیکی

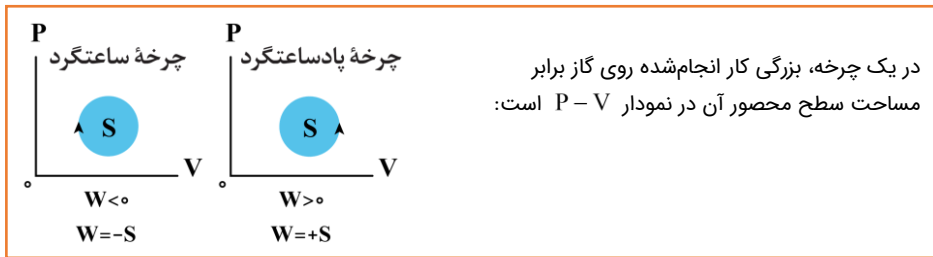
در این فرایند، بین دستگاه (گاز) و محیط، گرما مبادله نمی‌شود. برای انجام دادن این فرایند یا باید دستگاه را کاملاً عایق‌بندی کنیم و سپس عمل تراکم یا انبساط به آهستگی انجام دهیم و یا این‌که گاز را چنان به سرعت متراکم یا منبسط کنیم که گاز فرصت تبادل گرما با محیط را پیدا نکند.

فرایند بی‌دررو

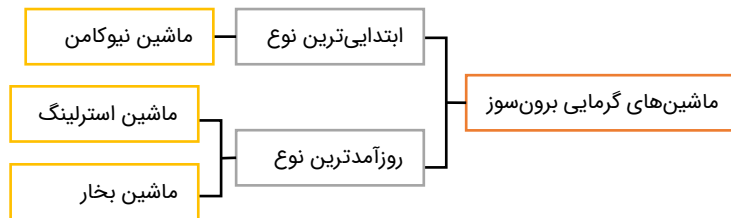
$$\Delta U = Q + W = 0 + W$$



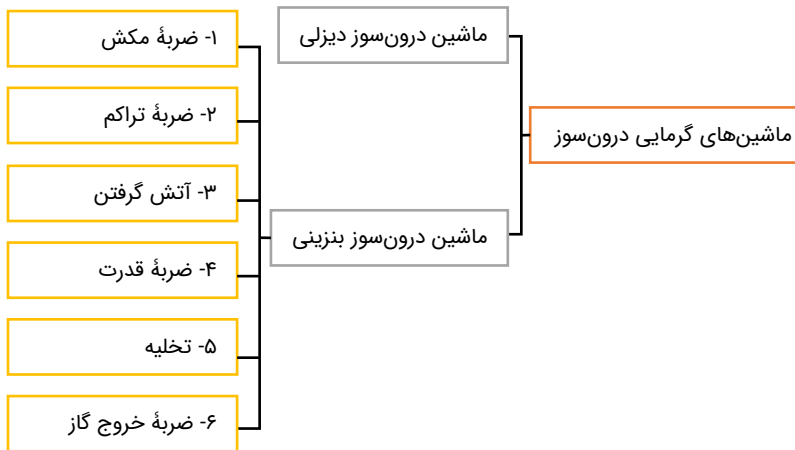
فصل ۵ فیزیک دهم



چرخه ترمودینامیکی



ترمودینامیک



ماشین های گرمایی

در ماشین های گرمایی، انرژی مفید خروجی همان کار $|W|$ و انرژی داده شده به ماشین، همان گرمای Q_H است؛ بنابراین برای بازده هر ماشین گرمایی داریم:

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} \rightarrow \eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

اگر بازده برحسب درصد خواسته شد، نسبت به دست آمده در بالا را در ۱۰۰ ضرب می کنیم.

بازده ماشین گرمایی



فصل ۵ فیزیک دهم

