به نام پروردگار مهربان

جمع‌بندی

رشتهٔ ریاضی

دهم • یازدهم • دوازدهم

فیزیک

مرور و جمع‌بندی کنکور در ۲۴ ساعت

• مهندس یاشار انگوتی • مهندس حسن محمدی

• مدیر گروه فیزیک و ناظر محتوایی: نصراله افاضل

مهروماه

فهرست

فصل ۱ - فیزیک و اندازه‌گیری ۷

فصل ۲ - کار، انرژی و توان ۲۵

فصل ۳ - ویژگی‌های فیزیکی مواد ۵۱

فصل ۴ - دما و گرما ۷۷

فصل ۵ - ترمودینامیک ۱۰۷

فصل ۶ - الکتریسیته ساکن ۱۳۵

فصل ۷ - جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم ۱۶۷

فصل ۸ - مغناطیس ۲۰۹

فصل ۹ - القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب ۲۳۵

فصل ۱۰ - حرکت بر خط راست ۲۵۹

فصل ۱۱ - دینامیک و حرکت دایره‌ای ۳۰۳

فصل ۱۲ - نوسان و موج ۳۳۵

فصل ۱۳ - برهم کنش‌های موج ۳۶۹

فصل ۱۴ - آشنایی با فیزیک اتمی ۳۹۹

فصل ۱۵ - آشنایی با فیزیک هسته‌ای ۴۱۹

ریاضی‌نامه ۴۳۷

آزمون جامع ۴۴۳

کار نیروهای مقاوم (W_f)

هنگامی که جسم با سطح اصطکاک دارد، در حین حرکت آن سطح و جسم گرم‌تر می‌شوند، یعنی انرژی درونی هر دو افزایش می‌یابد و این یعنی در اثر کار نیروی اصطکاک، انرژی جنبشی جسم به انرژی درونی جسم و سطح تبدیل شده است. در چنین مواردی که نیروی اصطکاک یا نیروی مقاومت هوا بر جسم اثر می‌کنند، این نیروها روی جسم کار منفی انجام می‌دهند (چون همواره در خلاف جهت حرکت بر جسم اثر می‌کنند) و باعث کاهش انرژی مکانیکی جسم می‌شوند. به این نیروها، نیروهای اتلافی می‌گویند و کار آن را با W_f نمایش می‌دهند.

رابطهٔ کار نیروهای اتلافی و انرژی مکانیکی

جسمی را در نظر بگیرید که با حضور نیروهای اتلافی از موقعیت (۱) با انرژی مکانیکی E_1 به موقعیت (۲) با انرژی مکانیکی E_2 می‌رسد، در این صورت کار نیروهای اتلافی (W_f) برابر است با:

$$W_f = E_2 - E_1 \xrightarrow{E=U+K} W_f = \Delta U + \Delta K$$

در رابطهٔ فوق همیشه $E_2 < E_1$ و $W_f < 0$ است.

کار نیروهای اتلافی به مسیر انجام حرکت وابسته است و با فرض ثابت بودن اندازهٔ نیروهای اتلافی، هرچقدر مسیر حرکت طولانی‌تر باشد، اندازهٔ کار نیروهای اتلافی بزرگ‌تر است.

نکته‌ها:

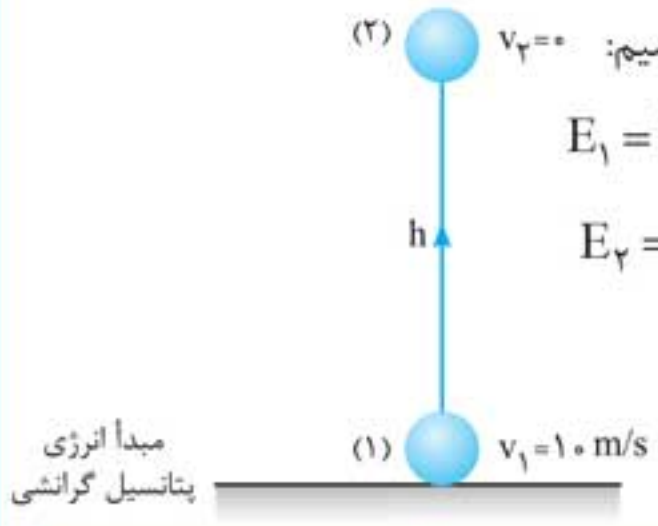
۱ توجه کنید که با وجود نیروهای اتلافی، پایستگی انرژی مکانیکی نقض می‌شود، اما پایستگی انرژی یک حکم کلی است و هنوز هم پابرجاست. طبق قانون پایستگی انرژی در یک سامانهٔ منزوی، مجموع کل انرژی‌ها پایسته است.

۲ به جز نیروهای وزن، کشش فنر و نیروی الکتریکی، بقیهٔ نیروها می‌توانند انرژی مکانیکی یک جسم را تغییر دهند. نیروهای تلف کنندهٔ انرژی (مانند اصطکاک و مقاومت هوا) باعث کاهش انرژی مکانیکی و نیروهایی مثل نیروی جلو برندهٔ اتومبیل یا نیروی دست ما در کشیدن یک جسم رو به جلو، باعث افزایش انرژی مکانیکی خواهند شد. در جدول زیر، انواع انرژی‌ها و نحوهٔ تغییر آن‌ها را به صورت خلاصه می‌توانید مرور کنید:

نوع انرژی	رابطهٔ ریاضی	عامل تغییر انرژی
انرژی جنبشی (K)	$W_t = \Delta K$	کار نیروی خالص وارد بر جسم
انرژی پتانسیل (U)	$W_{mg} = -\Delta U_g$	منفی کار نیروی وزن جسم
	$W_{\text{فنر}} = -\Delta U_e$	منفی کار نیروی کشسانی وارد بر جسم
	$W_{\text{الکتریکی}} = -\Delta U_{\text{الکتریکی}}$	منفی کار نیروی الکتریکی وارد بر جسم
انرژی مکانیکی (E)	$W = \Delta E$	W ، مجموع کار همهٔ نیروها به جز نیروی وزن، کشسانی و الکتریکی است.

تست سنگی به جرم $500\,g$ را از سطح زمین با تندی $10\,m/s$ در راستای قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم. اگر کار نیروی مقاومت هوا روی سنگ از لحظهٔ پرتاب تا لحظهٔ رسیدن آن به بالاترین نقطهٔ مسیرش، $-15\,J$ باشد، حداکثر ارتفاع سنگ از سطح زمین چند متر است؟ $(g=10\,m/s^2)$

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴



پاسخ **گزینهٔ«۲»** انرژی مکانیکی را در ابتدا و انتهای مسیر می‌نویسیم:

$$E_1=U_1+K_1 \xrightarrow{U_1=0} E_1=0+\frac{1}{2}mv_1^2=\frac{1}{2}\times 0/5\times 10^2=25\,J$$

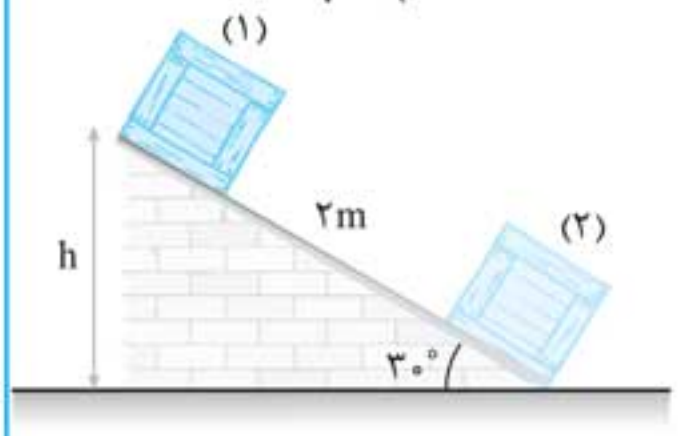
$$E_2=U_2+K_2 \xrightarrow{K_2=0} E_2=mgh+0=0/5\times 10\times h=5h$$

حالا از رابطهٔ $W_f=E_2-E_1$ استفاده می‌کنیم:

$$W_f=E_2-E_1 \Rightarrow -15=5h-25$$
$$\Rightarrow 5h=10 \Rightarrow h=2\,m$$

◂ جسمی به جرم $2\,kg$، روی سطح شیب‌داری که با سطح افق زاویهٔ 30° می‌سازد، با تندی ثابت رو به پایین و به اندازهٔ $2\,m$ جابه‌جا می‌شود. کار نیروی اصطکاک در این جابه‌جایی، در SI کدام است؟ $(g=10\,m/s^2)$ (ریاضی ۹۴)

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



پاسخ **گزینهٔ«۲»**

$$\sin 30=\frac{h}{2} \xrightarrow{\sin 30^\circ=\frac{1}{2}} h=1\,m$$

چون تندی ثابت است، در نتیجه انرژی جنبشی ثابت و $\Delta K=0$ می‌باشد.

$$\Delta U=mg\Delta h \xrightarrow{\Delta h=-1\,m}$$
$$\Delta U=2\times 10\times(-1)=-20\,J$$

کار نیروی اصطکاک: $W_f=\Delta K+\Delta U=0+(-20)=-20\,J$

۹ توان (P)

آهنگ انجام کار یا کار انجام شده در واحد زمان را توان می‌گویند و با نماد P نمایش می‌دهند. هنگامی که کار W در مدت‌زمان Δt انجام می‌شود، توان متوسط $(\overline{P})$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\overline{P}=\frac{W}{\Delta t}\ \begin{matrix}\rightarrow J\\ \rightarrow s\end{matrix}$$

(W) وات

هر اسب بخار (hp) برابر با ۷۴۶ وات است. $(1\,hp=746\,W)$

رابطه توان و سرعت متوسط

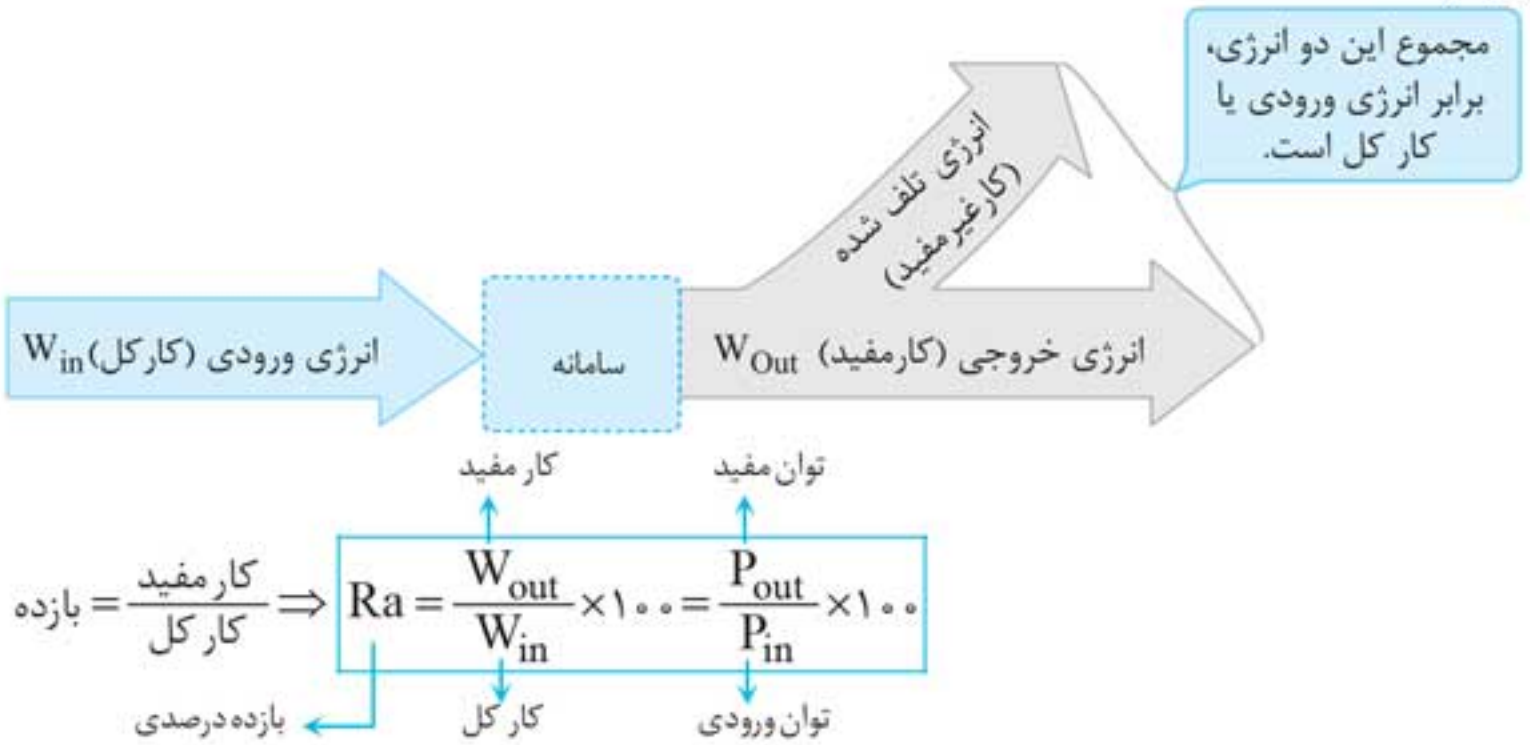
توان متوسط نیروی F (محرک یا مقاوم) در طی یک جابه‌جایی برابر است با:

$$\overline{P}=\frac{W}{\Delta t}=\frac{Fd\cos\theta}{\Delta t} \xrightarrow{v_{av}=\frac{d}{\Delta t}} \boxed{\overline{P}=Fv_{av}\cos\theta} \xrightarrow[\text{باشد}]{\theta=0^\circ \text{ اگر}} \boxed{\overline{P}=F\cdot v_{av}}$$

(v_{av}: سرعت متوسط)

بازده

به نسبت انرژی خروجی (کار مفید) به انرژی ورودی (کار کل)، بازده (Ra) می‌گویند. برای محاسبهٔ بازده برحسب درصد می‌توان نوشت:



بازده، عددی بین صفر تا یک و بازده درصدی عددی بین صفر تا صد است.

توانی که روی وسیله‌های الکتریکی (مثلاً موتور الکتریکی) نوشته می‌شود، توان ورودی (یا همان توان مصرفی) وسیله است و برای محاسبهٔ توان خروجی (یا مفید)، باید توان ورودی را در بازده ضرب کنیم.

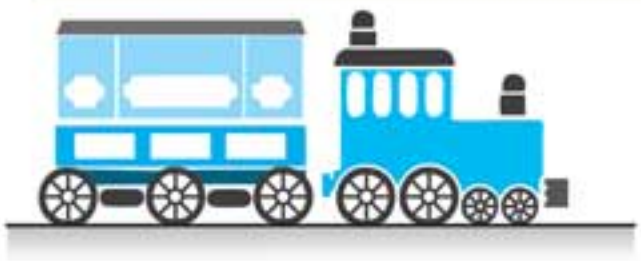
تست **پمپی در هر دقیقه، ۱۲۰kg آب را تا ارتفاع ۱۰m بالا می‌برد و آن را با تندی ۱۰m/s از دهانهٔ لوله به خارج می‌فرستد. توان مفید این پمپ چند وات است؟ ($g = ۱۰ m/s^۲$)** (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۲۵۰ ۲) ۳۰۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۴۵۰

پاسخ **گزینهٔ«۲»** کاری که پمپ انجام می‌دهد، صرف افزایش انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل گرانشی آب می‌شود:

$$W_{\text{پمپ}} = K + U = \frac{۱}{۲}mv^۲ + mgh$$

$$\text{توان مفید پمپ} = P = \frac{W_{\text{پمپ}}}{\Delta t} = \frac{\frac{۱}{۲}\times ۱۲۰ \times ۱۰^۲ + ۱۲۰ \times ۱۰ \times ۱۰}{۶۰} = ۱۰۰ + ۲۰۰ = ۳۰۰\,W$$



در شکل مقابل، لوکوموتیوی به جرم یک تُن، واگنی به جرم چهار تُن را با تندی ثابت ۲۰m/s می‌کشد. اگر بزرگی نیروهای مقاوم در مقابل این حرکت ۱۱۱۹۰N باشد، توان موتور لوکوموتیو چند اسب بخار است؟

۱) ۳۰۰ ۲) ۳۳۰ ۳) ۳۵۰ ۴) ۳۷۵

پاسخ **گزینهٔ«۱»** لوکوموتیو با تندی ثابت حرکت می‌کند و شتاب آن صفر است و در نتیجه طبق قانون دوم نیوتون نیروی خالص وارد بر آن صفر است. یعنی نیروی موتور لوکوموتیو با نیروهای مقاوم برابر است:

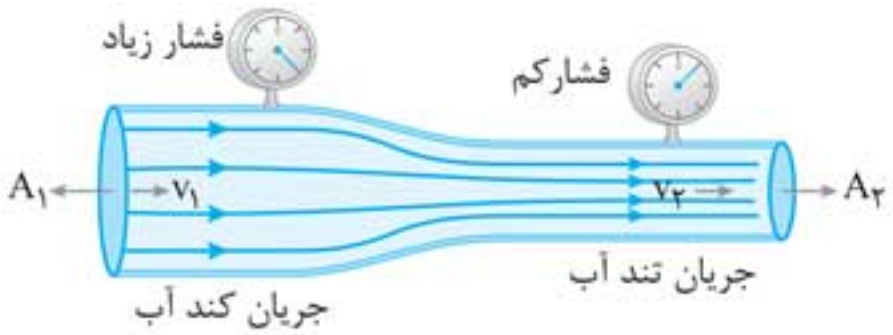
$$F_{\text{موتور لوکوموتیو}} = f_{\text{مقاوم}} = ۱۱۱۹۰\,N$$

$$P = Fv\cos\theta \xrightarrow{\theta = ۰^\circ} P = Fv \xrightarrow[v=۲۰\,m/s]{F=۱۱۱۹۰\,N} P = ۱۱۱۹۰ \times ۲۰ = ۲۲۳۸۰۰\,W$$

$$P = ۲۲۳۸۰۰ \times \frac{۱\,hp}{۷۴۶\,W} = ۳۰۰\,hp$$

معادلهٔ پیوستگی

شکل روبه‌رو شاره‌ای تراکم‌ناپذیر با جریان لایه‌ای را نشان می‌دهد که در لوله‌ای با دو سطح مقطع متفاوت در حرکت است. طبق معادلهٔ پیوستگی داریم:

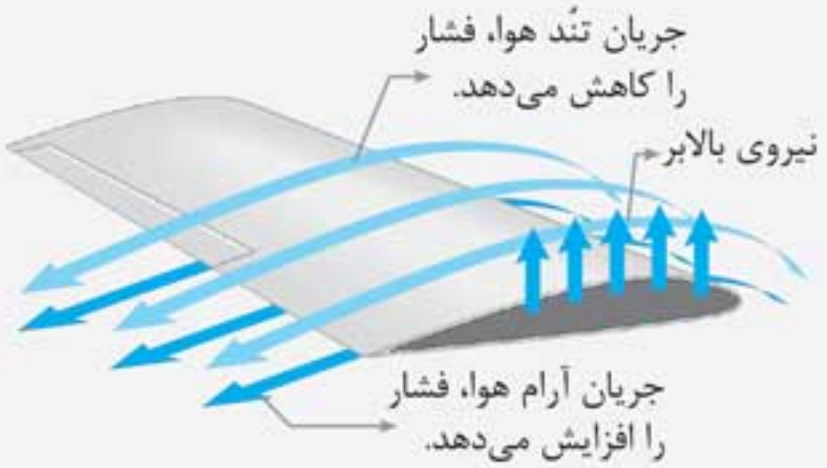


$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

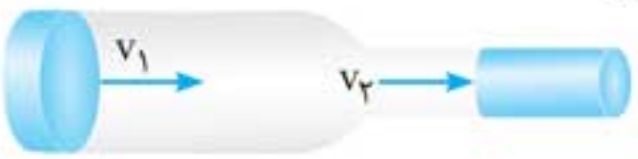
اصل برنولی

طبق اصل برنولی برای شاره‌ای که به طور لایه‌ای و در امتداد افق حرکت می‌کند می‌توان گفت:
«در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد.»
بنابراین در مکان‌هایی که مقطع لوله نازک‌تر می‌شود، تندی شاره افزایش و فشار آن کاهش می‌یابد.

نکته: شکل زیر بال هواپیما را نشان می‌دهد که جریان هوا از بالا و پایین آن می‌گذرد. به دلیل کوتاه‌تر بودن مسیر هوا در پایین بال نسبت به بالای آن، تندی جریان هوا در پایین بال کم‌تر است و در نتیجه طبق اصل برنولی، فشار در پایین بال بیشتر است و همین موضوع موجب ایجاد نیروی بالابر و بالا رفتن هواپیما می‌شود.



تست مطابق شکل زیر، درون دو لولهٔ متصل به هم جریان مداوم آب برقرار است. شعاع سطح مقطع‌های دو لوله ۴cm و ۲cm است. اگر تندی آب هنگام ورود به لولهٔ بزرگ‌تر ۲۵cm/s باشد، تندی آب هنگام خروج از لولهٔ باریک‌تر چند متر بر ثانیه است؟



۱) ۱۰۰ ۲) ۵۰
۳) ۱ ۴) ۰/۵

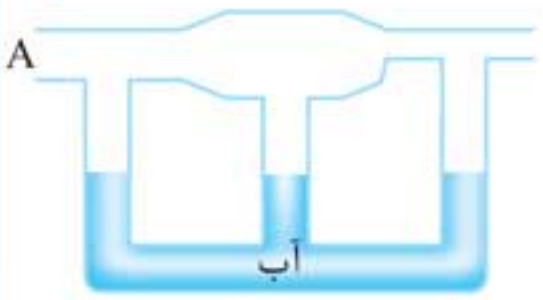
پاسخ گزینهٔ «۳»

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \Rightarrow v_2 = v_1(\frac{A_1}{A_2}) = v_1(\frac{R_1}{R_2})^2 = 25(\frac{4}{2})^2 = 100\,cm/s$$

تندی خروج آب را باید برحسب m/s محاسبه کنیم:

$$v_2 = 100\,cm/s = 1\,m/s$$

- در شکل مقابل، لولهٔ سه شاخه‌ای که محتوی آب است را مشاهده می‌کنید. جریان هوا را با تندی زیاد از ورودی A وارد مجموعه می‌کنیم.



پاسخ **گزینهٔ «۲»**

فرایند هم‌حجم: $Q_1 = nC_V\Delta T \xrightarrow[T_2=2T_1]{\Delta T=T_2-T_1} Q_1 = n(\frac{3}{2}R)(2T_1 - T_1) = \frac{3}{2}nRT_1$

فرایند هم‌فشار: $Q_2 = nC_P\Delta T \xrightarrow[T_2=4T_2]{\Delta T=T_2-T_2} Q_2 = n(\frac{5}{2}R)(4T_2 - T_2)$

$\xrightarrow{T_2=2T_1} Q_2 = \frac{5}{2}nR(6T_1) \Rightarrow Q_2 = 15nRT_1$

حالا $\frac{Q_2}{Q_1}$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{15nRT_1}{\frac{3}{2}nRT_1} = 10$$

پ) فرایند هم‌دما

در این فرایند، دمای گاز همواره ثابت است.

تذکر برای انجام فرایند هم‌دما، دستگاه باید در تماس با منبع گرمایی با دمای ثابت باشد و با این منبع تبادل گرمایی داشته باشد تا دمای دستگاه ثابت بماند.

روابط انرژی در فرایند هم‌دما

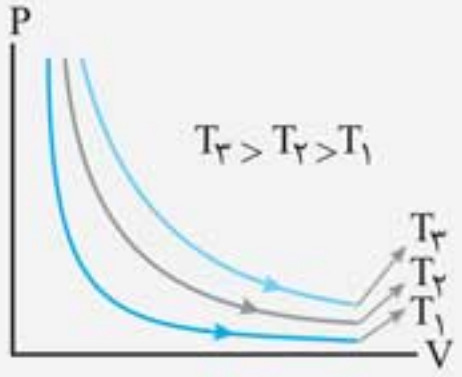
چون دما تغییر نمی‌کند $(\Delta T = 0)$، بنابراین $\Delta U_{\text{هم‌دما}} = 0$ می‌باشد، در نتیجه داریم:

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{\Delta U_{\text{هم‌دما}}=0} Q = -W \Rightarrow$$

انبساط هم‌دما ($\Delta V > 0$): $W < 0 \xrightarrow{Q=-W} Q > 0 \Rightarrow$ در فرایند انبساط هم‌دما، گاز گرما می‌گیرد.

تراکم هم‌دما ($\Delta V < 0$): $W > 0 \xrightarrow{Q=-W} Q < 0 \Rightarrow$ در فرایند تراکم هم‌دما، گاز گرما از دست می‌دهد.

نکته: از فصل قبل می‌دانیم که نمودار $P-V$ یک فرایند هم‌دما، یک منحنی هموگرافیک می‌باشد. حالا اگر مطابق شکل زیر، برای مقدار معینی گاز کامل، چند نمودار هم‌دما داشته باشیم، هر چه منحنی‌ها دورتر از مبدأ باشند، دمای مربوط به آن‌ها بیشتر است. به بیان دیگر هر اندازه نمودار $P-V$ فرایند هم‌دما بالاتر باشد، دمای آن بیشتر است.



تست مطابق شکل مقابل، مقداری گاز در زیر یک پیستون متحرک و بدون اصطکاک قرار دارد. این مجموعه داخل مخلوط آب و یخ در تعادل است. مقداری شن را به آهستگی روی پیستون می‌ریزیم و در نتیجه $6/72\,kJ$ کار روی گاز انجام می‌شود. در طی این فرایند جرم یخ ..... گرم ..... می‌یابد. $(L_F = 336\,J/g)$

۱) ۲۰، کاهش ۲) ۲۰، افزایش ۳) ۳۰، کاهش ۴) ۳۰، افزایش

پاسخ **گزینهٔ«۱»** چون حجم گاز کم شده است، کار مثبت است:

$$\text{فرایند هم‌دما}: \Delta U = Q + W = ۰ \Rightarrow Q = -W \xrightarrow{W = ۶/۷۲\times ۱۰^{۳}\ J} Q = -۶/۷۲\times ۱۰^{۳}\ J$$

چون $Q < ۰$ است، گاز گرما از دست می‌دهد و این گرما را به مخلوط آب و یخ می‌دهد، در نتیجه یخ با گرفتن گرما ذوب می‌شود:

$$Q = -mL_F \Rightarrow -۶/۷۲\times ۱۰^{۳} = -m\times ۳۳۶ \Rightarrow m = ۲۰\ g$$

ت) فرایند بی‌دررو

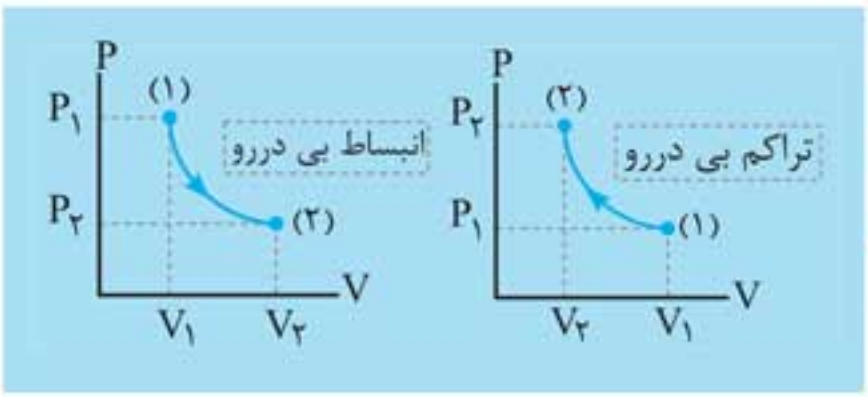
بین گاز و محیط گرمایی مبادله نمی‌شود؛ یعنی $Q = ۰$ می‌باشد.

- فرایند بی‌دررو را به دو صورت می‌توان انجام داد: ۱ دستگاه را عایق‌بندی گرمایی کنیم و یا ۲ انبساط یا تراکم گاز را به سرعت انجام دهیم.

نکته: چون فرمول ΔU برای همهٔ فرایندها یکسان است، در نتیجه با استفاده از قانون اول ترمودینامیک برای محاسبهٔ W در فرایند بی‌دررو هم فرمول داریم:

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow[Q=۰]{\text{فرایند بی‌دررو}} W = \Delta U = nC_V\Delta T = \frac{C_V}{R}(P_۲V_۲ - P_۱V_۱)$$

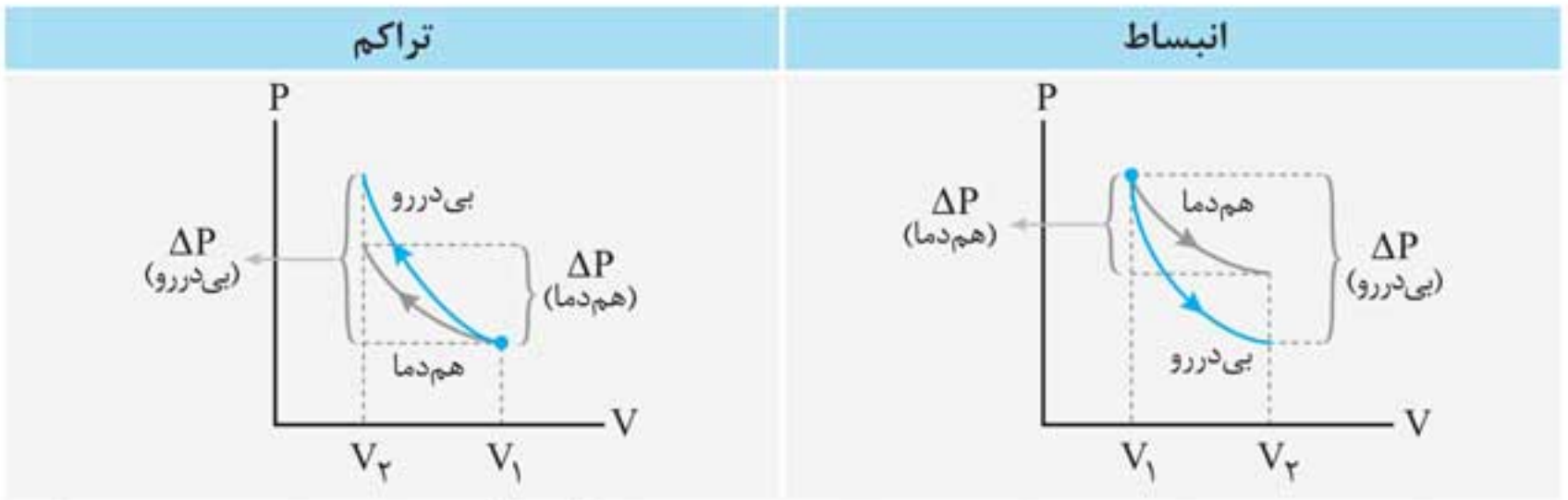
- نمودار $P-V$ انبساط یا تراکم بی‌دررو به شکل زیر و نحوهٔ تغییر متغیرهای مربوط به هر نمودار مانند جدول زیر است:



نوع فرایند / کمیت	ΔV	$\Delta U = W$	ΔT	ΔP
انبساط بی‌دررو	+	−	−	−
تراکم بی‌دررو	−	+	+	+

از جدول بالا این نتیجه را می‌گیریم که در فرایند بی‌دررو همواره علامت‌های W ، ΔU ، ΔT ، ΔP یکسان و مخالف علامت ΔV است.

مقایسهٔ نمودار $P-V$ فرایند هم‌دما و فرایند بی‌دررو:



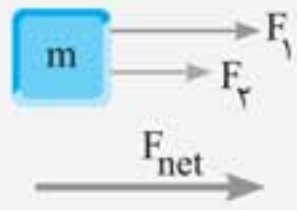
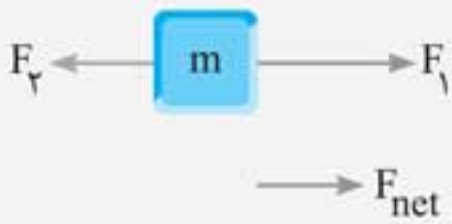
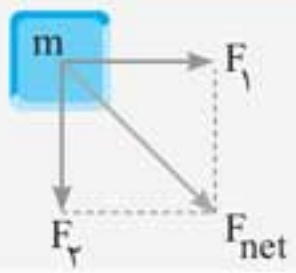
طبق نمودارهای فوق می‌توان نتیجه گرفت که اندازهٔ شیب نمودار $P-V$ مربوط به فرایند بی‌دررو، بزرگ‌تر از اندازهٔ شیب فرایند هم‌دما می‌باشد و این یعنی به ازای تغییر حجم یکسان، تغییر فشار در فرایند بی‌دررو، بیشتر از تغییر فشار در فرایند هم‌دما است.

پایهٔ دوازدهم

دینامیک و حرکت دایره‌ای

۱ نیروی خالص (F_{net})

وقتی بر جسمی چند نیرو اثر کند، برایند آن‌ها را نیروی خالص می‌گویند و با F_{net} نمایش می‌دهند.
در جدول زیر چند نمونه از محاسبهٔ F_{net} را برای دو نیروی F_1 و F_2 مشاهده می‌کنید.

هم‌جهت	خلاف جهت	عمود بر هم	$\vec{i}$ و $\vec{j}$
			$\vec{F_1}=F_{x_1}\vec{i}+F_{y_1}\vec{j}$ $\vec{F_2}=F_{x_2}\vec{i}+F_{y_2}\vec{j}$
$F_{net}=F_1+F_2$	$F_{net}=F_1-F_2$	$F_{net}=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$	$\vec{F}_{net}=(F_{x_1}+F_{x_2})\vec{i}$ $+(F_{y_1}+F_{y_2})\vec{j}$

نکته: اگر به جسم بیشتر از دو نیرو اثر کند، F_{net} را به‌صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$F_{net}=$ (مجموع نیروهای موافق حرکت) $-$ (مجموع نیروهای مخالف حرکت)

۲ قوانین حرکت نیوتون

قانون اول نیوتون

وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشند ($F_{net}=0$)، اگر جسم ساکن باشد، همچنان ساکن باقی می‌ماند و اگر در حال حرکت باشد، سرعت جسم تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند.
لَختی: هنگامی که نیروی خالص وارد بر جسمی صفر باشد، جسم تمایل به حفظ وضعیت حرکت خود دارد که به این خاصیت لختی می‌گویند.

قانون دوم نیوتون

$$\vec{F}_{net}=m\vec{a}$$
(N) (kg) (m/s^2)

نیروی خالص وارد بر جسم و شتاب حاصل از آن همواره هم‌جهت‌اند.
دقت کنید که نیروی خالص برابر با جمع برداری تک‌تک نیروهای وارد بر جسم است.
اگر سرعت حرکت جسمی ثابت باشد: $a=0 \Leftrightarrow F_{net}=0$

قانون سوم نیوتون

هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم‌اندازه و هم‌راستا، اما در خلاف جهت نیروی اول وارد می‌کند $(\vec{F}_{12}=-\vec{F}_{21})$

نقطه اثر نیروهای عمل و عکس‌العمل، دو جسم متفاوت‌اند و برای یک جسم این دو نیرو را نمی‌توان برایند گرفت.

$$T=۲\pi\sqrt{\frac{r^۳}{GM_e}}=۲\pi\sqrt{\frac{r^۳}{\frac{GM_e\times R_e^{۲}}{R_e^{۲}}}}=۲\pi\sqrt{\frac{r^۳}{g\times R_e^{۲}}}\Rightarrow \boxed{T=\frac{۲\pi r}{R_e}\sqrt{\frac{r}{g}}}$$

دقت کنید که نیازی به حفظ کردن این فرمول‌ها نیست، چون خیلی ساده می‌توانیم آن‌ها را محاسبه کنیم.

تست ماهواره‌ای به جرم $۲۵۰\,kg$ در یک مدار دایره‌ای به دور زمین می‌چرخد. اگر فاصلهٔ ماهواره از سطح زمین ۱۶۰۰ کیلومتر باشد، انرژی جنبشی ماهواره چند گیگاژول است؟ (ریاضی خارج ۹۶)

$(R_e=۶۴۰۰km, g=۱۰\,m/s^۲)$

۱) ۶/۴ ۲) ۶۴ ۳) ۶۴۰ ۴) ۶۴۰۰

پاسخ **گزینهٔ «۱»** تندی ماهواره برحسب شتاب جاذبه در سطح زمین به‌صورت $v=R_e\sqrt{\frac{g}{r}}$ می‌باشد:

$$K=\frac{۱}{۲}mv^۲=\frac{۱}{۲}m(R_e\sqrt{\frac{g}{r}})^۲=\frac{۱}{۲}mR_e^{۲}\times\frac{g}{r}\xrightarrow[r=۶۴۰۰km+۱۶۰۰km=۸۰\times۱۰^۵\,m]{R_e=۶۴۰۰km=۶۴\times۱۰^۵\,m}$$

$$K=\frac{۱}{۲}\times۲۵۰\times(۶۴\times۱۰^۵)^۲\times\frac{۱۰}{۸۰\times۱۰^۵}=۶۴\times۱۰^۸J=۶/۴\times۱۰^۹J=۶/۴\,GJ$$

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱. سه نیرو، هم‌زمان بر وزنه‌ای به جرم $۵\,kg$ اثر می‌کنند. اگر بردار نیروها در SI به‌صورت $\vec{F}_۱=۲۰\vec{i}-۵۰\vec{j}$، $\vec{F}_۲=۱۰\vec{i}+۲۰\vec{j}$ و $\vec{F}_۳=-۱۰\vec{j}$ باشند، بزرگی شتاب حاصل از این نیروها چند متر بر مربع ثانیه خواهد شد؟ (ریاضی خارج ۹۳)

۱) ۵ ۲) $۵\sqrt{۲}$ ۳) ۱۰ ۴) $۱۰\sqrt{۲}$

۲. جسمی به جرم ۵۰۰ گرم از سطح زمین به سمت بالا پرتاب می‌شود. در لحظه‌ای که شتاب جسم ۱۴ متر بر مجذور ثانیه و به طرف پایین است، نیروی مقاومت هوا چند نیوتون و در چه جهتی است؟

$(g=۱۰\,m/s^۲)$

۱) ۲، بالا ۲) ۲، پایین ۳) ۱۲، بالا ۴) ۱۲، پایین

۳. هر یک از دو انتهای فنری را با ۸ نیوتون نیرو در خلاف جهت هم می‌کشیم. اگر ثابت این فنر $۲۰۰\,N/m$ باشد، طول فنر چند سانتی‌متر افزایش می‌یابد؟

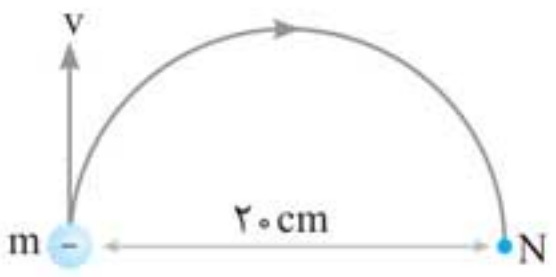
۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۱۶

۴. شخصی به وزن $۶۰۰\,N$ درون آسانسوری، روی یک ترازوی فنری ایستاده است و ترازو عدد $۴۸۰\,N$ را نشان می‌دهد. شتاب آسانسور چند متر بر مجذور ثانیه و به کدام جهت است؟ $(g=۱۰\,m/s^۲)$ (ریاضی خارج ۸۶)

۱) ۲، پایین ۲) ۲، بالا ۳) $\frac{۱}{۲}$، پایین ۴) $\frac{۱}{۲}$، بالا

۵. فنری با ثابت $۵۰\,N/m$ را به وزنه‌ای به جرم $۵\,kg$ بسته‌ایم و آن را با سرعت ثابت، روی یک سطح افقی می‌کشیم. اگر فنر در حالت کشش بوده و $۱۰\,cm$ افزایش طول پیدا کرده باشد، ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح چه‌قدر است؟ $(g=۱۰\,m/s^۲)$ (تجربی ۸۵)

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۳ ۴) ۰/۴



۲۲. الکترونی که در نقطهٔ M دارای سرعت $v = 1/6\times10^{6}\ m/s$ است، تحت تأثیر میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$، مسیر نیم‌دایرهٔ M تا N را مطابق شکل زیر طی می‌کند، $\vec{B}$ چند تسلا و در چه جهتی است؟ (جرم الکترون $= 9\times10^{-31}\ kg$ و بار الکترون $= 1/6\times10^{-19}\ C$) (تجربی داخل ۸۹)

۱) $4/5\times10^{-5}$ ، برون‌سو
۲) $4/5\times10^{-5}$ ، درون‌سو
۳) 9×10^{-5} ، برون‌سو
۴) 9×10^{-5} ، درون‌سو

۲۳. ماهواره‌های A و B به دور زمین می‌چرخند. جرم ماهوارهٔ A، $\frac{5}{4}$ جرم ماهوارهٔ B است. اگر بزرگی تکانهٔ دو ماهواره با هم برابر باشد، شعاع مدار ماهوارهٔ B چند برابر شعاع مدار ماهوارهٔ A است؟ (تجربی ۹۲)

۱) ۲۰
۲) ۸۰
۳) $\frac{4}{5}$
۴) $\frac{16}{25}$

۲۴. دو ماهوارهٔ A و B به جرم‌های m_A و $m_B = 2m_A$ روی دو مدار دایره‌ای شکل دور زمین می‌چرخند. ماهوارهٔ A در ارتفاع ۶۳۷۰km و ماهوارهٔ B در ارتفاع ۱۲۷۴۰km از سطح زمین قرار دارند. انرژی جنبشی ماهوارهٔ A چند برابر انرژی جنبشی ماهوارهٔ B است؟ (شعاع زمین را ۶۳۷۰km فرض کنید.) (ریاضی خارج ۹۱)

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

۲۵. ماهواره‌ای در فاصلهٔ R_e از سطح زمین در یک مدار دایره‌ای به دور زمین می‌گردد. اگر R_e شعاع زمین و r شعاع مدار ماهواره و g شتاب جاذبه در روی زمین باشد، دورهٔ گردش ماهواره در SI کدام است؟ (ریاضی ۸۷)

۱) $2\pi\sqrt{\frac{r}{g}}$
۲) $4\pi\sqrt{\frac{r}{g}}$
۳) $2\pi\sqrt{\frac{R_e}{g}}$
۴) $4\pi\sqrt{\frac{R_e}{g}}$

پاسخ‌نامه تشریحی

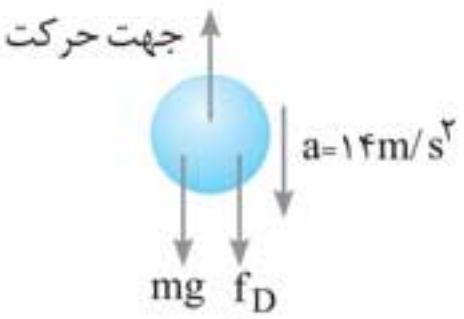
۱. گزینهٔ «۳»

$$\vec{F}_{net} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = (20\vec{i} - 50\vec{j}) + (10\vec{i} + 20\vec{j}) + (-10\vec{j}) = 30\vec{i} - 40\vec{j}$$

$$F_{net} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50\ N$$

حالا از قانون دوم نیوتون استفاده کرده و شتاب را محاسبه می‌کنیم: $F_{net} = ma \Rightarrow 50 = 5a \Rightarrow a = 10\ m/s^2$

۲. گزینهٔ «۲»



چون جسم به طرف بالا پرتاب شده است، در نتیجه نیروی مقاومت هوا درخلاف جهت حرکت و به سمت پایین است:

$$F_{net} = ma$$
$$\Rightarrow mg + f_D = ma \Rightarrow 0/5\times10 + f_D = 0/5\times14 \Rightarrow f_D = 2\ N$$

۳. گزینهٔ «۲»

وقتی دو سر فنری را با نیروهای یکسان F می‌کشیم، دقیقاً مشابه حالتی است که یک سر آن را به دیوار وصل کرده و انتهای دیگر آن را با F بکشیم، چون در این حالت دیوار نیز باید نیروی F را وارد کند تا فنر در تعادل باشد. بنابراین برای پاسخ به این تست به سادگی از رابطهٔ $F = kx$ استفاده می‌کنیم:

$$F = kx \xrightarrow[k=200\ N/m]{F=8\ N} 8 = 200\Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{4}{100}\ m = 4\ cm$$

جمع‌بندک

دینامیک

نیروی خالص F_{net}

$F_{net} = (\text{مجموع نیروهای موافق حرکت}) - (\text{مجموع نیروهای مخالف حرکت})$

قوانین نیوتون

قانون اول	اگر $F_{net} = 0$ باشد، جسم تمایل به حفظ حالتش دارد. (لختی)
قانون دوم	$\vec{F}_{net} = m\vec{a}$
قانون سوم	$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$

نکات: $F_{net} = 0 \longleftrightarrow a = 0$ ؛ $\vec{a}$ و $\vec{F}_{net}$ همیشه هم‌جهت‌اند.

وزن (W)

$W = mg$

*نیروی وزن همواره به سمت مرکز کره‌ی زمین است. * جرم جسم همیشه ثابت است اما وزن آن در شرایط مختلف، تغییر می‌کند. *واکنش نیروی وزن به مرکز کره زمین وارد می‌شود.

مقاومت شاره (f_D)

* نیرویی است که شاره در خلاف جهت حرکت جسم بر جسم وارد می‌کند.
* به بزرگی جسم و تندی آن بستگی دارد. (تندی بیشتر ← مقاومت شاره بیشتر)

تندی حدی: بیشینهٔ تندی سقوط جسم در هوا را تندی حدی می‌گویند که در این حالت $f_D = mg$

نمودار تندی سقوط جسم در هوا

نیروهای خاص

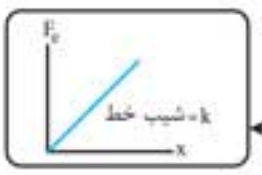
کشش نخ (T)

* کشش در تمام نقاط یک نخ یا طناب بدون جرم ثابت است.
* جهت کشش، همواره به سمت مرکز نخ می‌باشد.

کشسانی فنر (F_e)

تغییر طول فنر ⟷ ثابت فنر : $F_e = kx$

نمودار



عمودی سطح (F_N)

از سطح عمود بر جسم اثر می‌کند .اگر جسم بدون وجود نیروی خارجی روی سطح افقی، ساکن باشد، $F_N = mg$ است، در غیر این صورت باید محاسبه شود.

آسانسور

محاسبه‌ی F_N

شتاب (a) رو به بالا باشد:	شتاب (a) رو به پایین باشد:
$F_N = m(g+a)$	$F_N = m(g-a)$

تذکر: a،اندازهٔ شتاب آسانسور است.

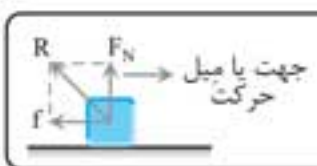
اصطکاک (f)

جسم ساکن	f_s	فرمول خاصی ندارد و فقط می‌توان نوشت: $f_s = F_{محرک}$
در آستانه حرکت	$f_{s,max}$	$f_{s,max} = F_N \mu_s = F_{محرک}$
جسم متحرک	f_k	$f_k = F_N \mu_k$

نیروی سطح (R)

برایند دو نیروی اصطکاک و عمودی سطح است.

$R = \sqrt{F_N^2 + f^2}$



نیروی گرانشی

$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$

شتاب گرانشی در سطح زمین: $g = \frac{GM_e}{R_e^2}$

شتاب گرانشی در فاصله‌ی h از سطح زمین: $g' = \frac{GM_e}{(R_e+h)^2}$

تعادل

اگر جسم ساکن باشد ← $\vec{a} = 0$ ← $\vec{F}_{net} = 0$

در نتیجه: $F_{net,x} = 0$ و $F_{net,y} = 0$

تکانه ($\vec{p}$)

$\vec{p} = m\vec{v} \xrightarrow{\text{حالت یک‌بعدی}} p = mv$

$k = \frac{p^2}{2m} = \frac{pv}{2}$

تغییر تکانه (Δp): $\Delta p = m\Delta v$ ، حواسمان به جهت v باشد

قانون دوم نیوتون (نیروی خالص متوسط): $F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

نکته: مساحت زیر نمودار نیروی خالص برحسب زمان برابر با Δp می‌باشد.

حرکت دایره‌ای یکنواخت

T: مدت زمان یک چرخش کامل را دوره تناوب می‌گویند.

نکته: $T = \frac{60}{rpm}$

تندی: $v = \frac{2\pi r}{T}$

شتاب: $a_c = \frac{v^2}{r}$

نکته: جهت شتاب همواره به سمت مرکز دایره است.

نیروی مرکزگرا: $F_c = ma_c$

$F_c = m\frac{v^2}{r}$

توضیح: همواره باید یک نیرو به سمت مرکز دایره وجود داشته باشد.

حالت خاص: حداکثر تندی دور زدن یک ماشین: $v_{max} = \sqrt{rg\mu_s}$

ماهواره

نیروی گرانشی برابر با نیروی مرکزگرا است: $\frac{GM_em}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$

تندی: $v = \sqrt{\frac{GM_e}{r}}$

دوره: $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_e}}$

$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{(\frac{r_2}{r_1})^3}$

$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}}$

تولید جریان متناوب

یکی از کاربردهای مهم اثر القای الکترومغناطیسی تولید جریان متناوب است که با استفاده از تغییر زاویهٔ θ از طریق چرخاندن پیچه به سادگی انجام می‌شود.

- زمان یک دور چرخش کامل پیچه را **دوره یا زمان تناوب** می‌نامیم.

بنابراین اگر پیچه در t ثانیه n دور بچرخد:

$$T = \frac{t}{n}$$

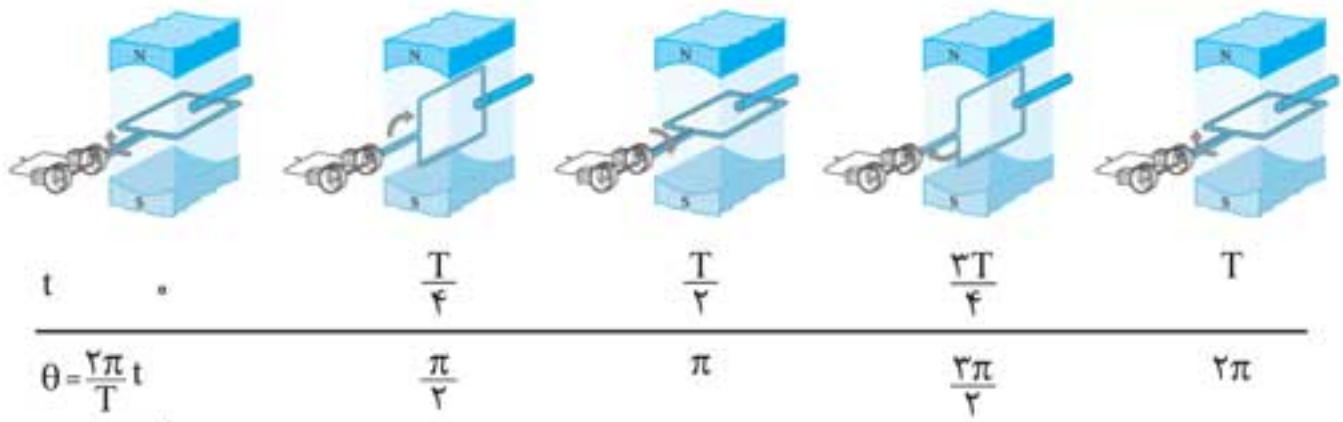
(T: دورهٔ تناوب (s)، t: زمان چرخش (s)، n: تعداد چرخش)

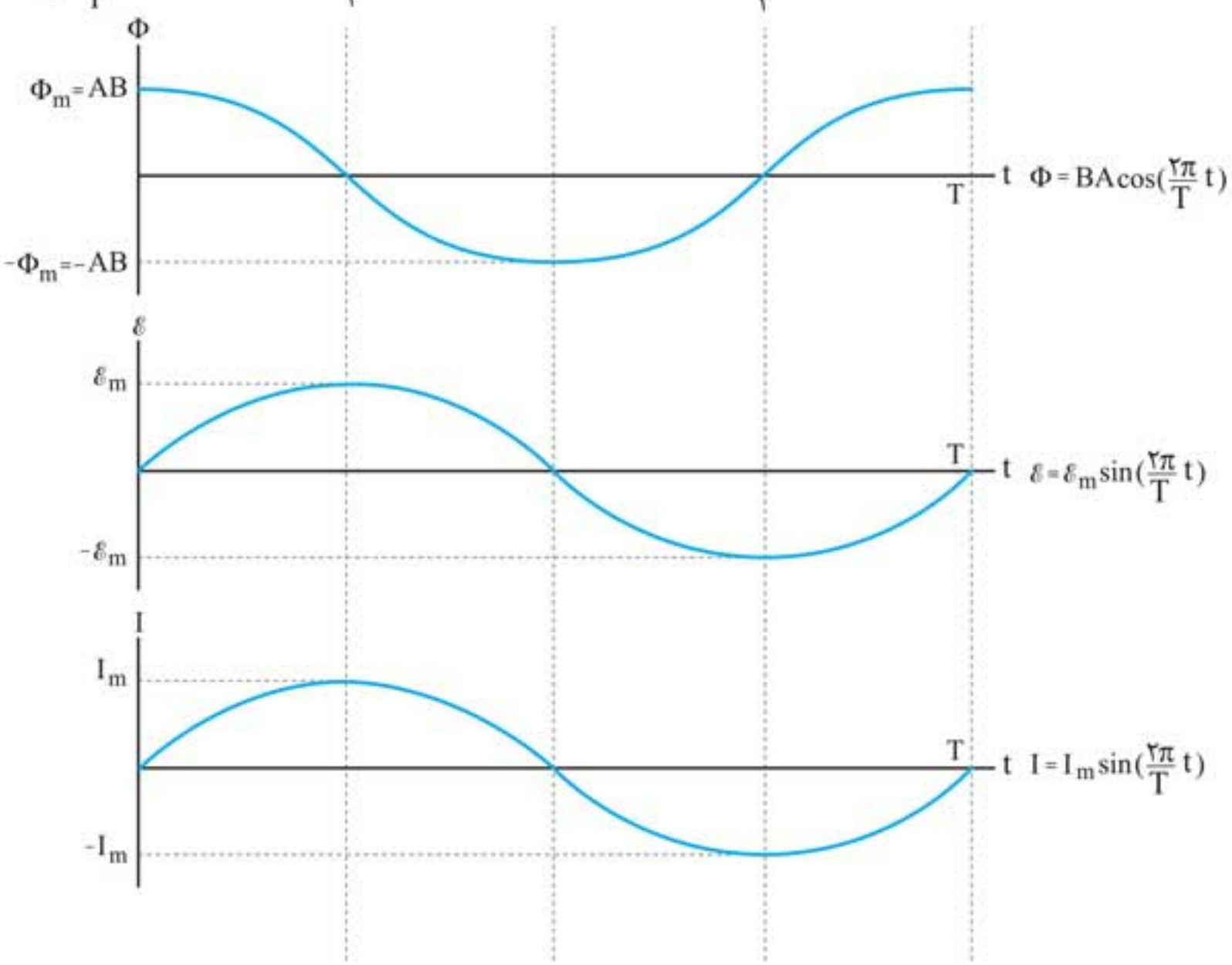
- در مولدهای صنعتی جریان متناوب، پیچه‌ها ساکن‌اند و آهنربای الکتریکی در آن‌ها می‌چرخد.
- **فرکانس برق (f)**: تعداد چرخش‌های کامل آهنربای الکتریکیِ مولدهای صنعتی بزرگ در مدت زمان $1\,s$ است:

$$\text{فرکانس} = \frac{1}{\text{مدت زمان یک چرخش کامل آهنربا}} \Rightarrow f = \frac{1}{T}$$

(فرکانس (Hz))

نمودارهای جریان متناوب





بازتاب در سه بُعد

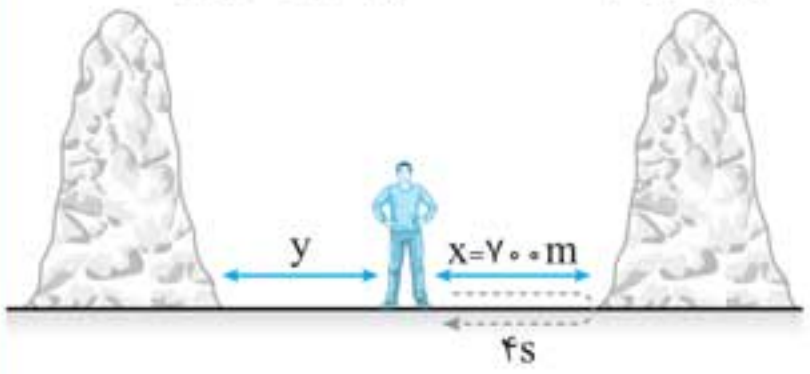
بازتاب در سه بعد هم از قانون بازتاب عمومی پیروی می‌کند.

بازتاب صوت از سطح یک مانع (دیوار یا صخرهٔ بلند) نمونه‌ای از بازتاب در سه بعد است که آن را **پژواک** می‌نامند.

نکته: اگر تأخیر زمانی بین صوت اصلی و صوت بازتابیده کم‌تر از $0/1s$ باشد، گوش انسان نمی‌تواند پژواک را از صوت مستقیم اولیه تشخیص دهد.

تست دانش‌آموزی بین دو صخرهٔ قائم ایستاده است و فاصلهٔ او از صخرهٔ نزدیک $700m$ است. دانش‌آموز فریاد می‌زند و اولین پژواک صدایش را ۴ ثانیه پس از فریاد و دومین پژواک صدایش را ۲ ثانیه پس از شنیدن اولین پژواک می‌شوند. تندی انتشار صوت ..... متر بر ثانیه و فاصلهٔ دو صخره ..... متر است.

۱) ۱۰۵۰، ۳۴۰ ۲) ۱۷۵۰، ۳۵۰ ۳) ۱۰۵۰، ۳۵۰ ۴) ۱۷۵۰، ۳۴۰



پاسخ **گزینهٔ«۲»** مسیر رفت و برگشت صوت تا صخرهٔ نزدیک $4s$ طول کشیده است. در نتیجه صوت فاصلهٔ x را در مدت $2s$ (نصف $4s$) طی کرده است:

$$\text{تندی صوت} = v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۱۴۰۰}{۴} = ۳۵۰ m/s$$

کل زمان رفت و برگشت صوت از شخص تا صخرهٔ دورتر برابر $6s = 2 + 4$ است. در نتیجه صوت فاصلهٔ y را در مدت $3s$ (نصف $6s$) طی کرده است:

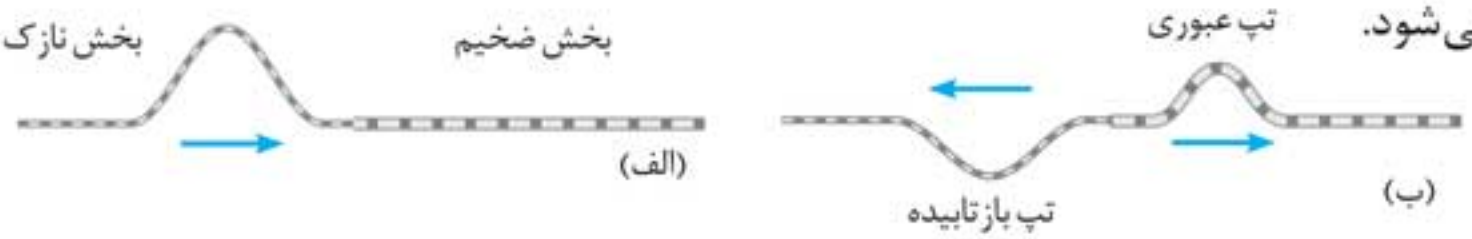
$$v = \frac{\Delta y}{\Delta t} \Rightarrow ۳۵۰ = \frac{y}{۳} \Rightarrow y = ۱۰۵۰ m$$

$$\text{فاصلهٔ دو صخره} = y + x = ۷۰۰ + ۱۰۵۰ = ۱۷۵۰ m$$

۲ شکست موج

تغییر محیط انتشار تپ

مانند شکل طنابی را در نظر بگیرید که از دو بخش نازک و ضخیم تشکیل شده است. در این طناب تپی از بخش نازک، به مرز دو بخش می‌رسد. بخشی از تپ بازتاب شده و بازمی‌گردد و بخش دیگر عبور کرده و وارد طناب ضخیم می‌شود.



- تندی انتشار تپ در این دو محیط فرق دارد، طبق رابطهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$ و این‌که f همواره ثابت است داریم:

$$\frac{\lambda_۲}{\lambda_۱} = \frac{v_۲}{v_۱}$$

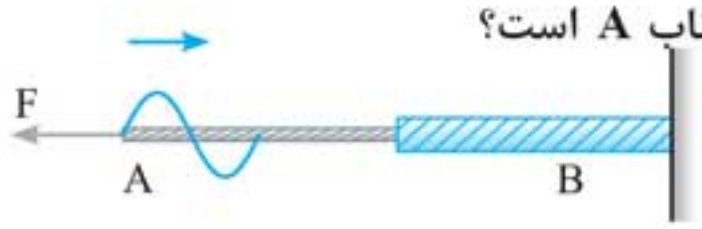
یعنی در هر محیطی که تندی بیشتر است، طول موج بزرگ‌تر است.

■ امیدواریم به یاد داشته باشید که تندی انتشار موج عرضی در یک طناب از روابط زیر به‌دست می‌آید:

$$v=\sqrt{\frac{F}{\mu}}=\sqrt{\frac{F\cdot L}{m}}=\sqrt{\frac{F}{\rho A}}=\frac{۲}{d}\sqrt{\frac{F}{\pi\rho}}$$

توجه کنید که برای این دو طناب همواره نیروی F یکسان است.

تست **مطابق شکل، طناب مرکبی متشکل از دو طناب A و B است. سطح مقطع طناب B، ۲ برابر طناب A و چگالی طناب B، نصف چگالی طناب A است. یک موج سینوسی از طناب A وارد طناب B می‌شود. طول موج در طناب B چندبرابر طول موج در طناب A است؟**



۱) ۱
۲) $\frac{۱}{۲}$
۳) $\sqrt{۲}$
۴) ۲

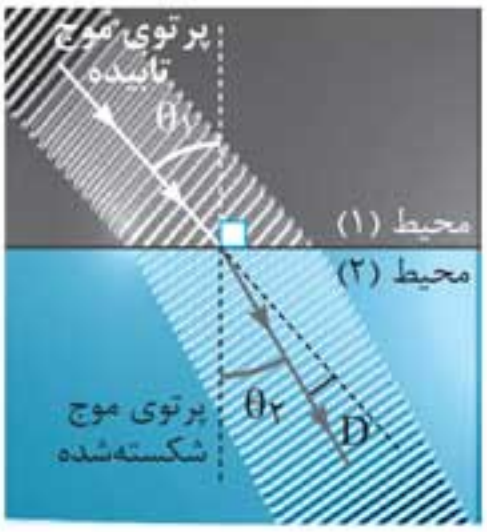
پاسخ **گزینهٔ «۱»**

$$\frac{v_B}{v_A}=\sqrt{\frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{A_A}{A_B}}\xrightarrow[A_B=۲A_A]{\rho_B=\frac{۱}{۲}\rho_A}\frac{v_B}{v_A}=\sqrt{\frac{۲\rho_B}{\rho_B}\times\frac{A_A}{۲A_A}}=۱$$

حال با کمک گرفتن از رابطهٔ $\lambda=\frac{v}{f}$ داریم:

$$(f\text{ یکسان})\ \frac{\lambda_B}{\lambda_A}=\frac{v_B}{v_A}=۱$$

قانون شکست عمومی



شکل مقابل موج تختی را نشان می‌دهد که به طور مایل از محیط (۱) وارد محیط (۲) می‌شود.

زاویهٔ پرتوی تابش با خط عمود را زاویهٔ تابش $(\theta_۱)$ و زاویهٔ پرتوی شکست با خط عمود را زاویهٔ شکست $(\theta_۲)$ می‌نامیم. اگر تندی انتشار موج در محیط (۱)، $v_۱$ و در محیط (۲)، $v_۲$ باشد، قانون شکست عمومی می‌گوید:

$$\frac{\sin\theta_۲}{\sin\theta_۱}=\frac{v_۲}{v_۱}$$

نکته‌ها:

۱ در هر محیطی که تندی بیشتر است، پرتو از خط عمود دورتر است.

۲ زاویهٔ انحراف پرتوی شکست نسبت به پرتوی تابش را D می‌نامیم و از رابطهٔ $D=|\theta_۲-\theta_۱|$ به‌دست می‌آید.

۳ با استفاده از رابطهٔ $\frac{v_۲}{v_۱}=\frac{\lambda_۲}{\lambda_۱}$ می‌توان گفت:

$$\frac{\sin\theta_۲}{\sin\theta_۱}=\frac{v_۲}{v_۱}=\frac{\lambda_۲}{\lambda_۱}$$

۴ اگر پرتوی موج بر سطح جدایی دو محیط عمود باشد $(\theta_۱=۰)$، پرتو بدون انحراف وارد محیط دوم می‌شود و جهت انتشار آن تغییر نمی‌کند.

۵ با شکسته شدن موج، بسامد موج تغییری نمی‌کند، اما طول موج و تندی آن تغییر می‌کند.

جمع‌بندی

آشنایی با فیزیک هسته‌ای

نماد هسته

نماد عنصر ← X ← A: عدد جرمی (تعداد نوکلئون‌ها)
عدد نوترونی (تعداد نوترون‌ها) ← N
Z: عدد اتمی (تعداد پروتون‌ها) ←

عدد جرمی برابرمجموع نوکلئون‌های هسته است. $A=Z+N$
ویژگی‌های هسته را تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها تعیین می‌کند.
خواص شیمیایی را تعداد پروتون‌ها تعیین می‌کند.
● به پروتون‌ها و نوترون‌های هسته نوکلئون گفته می‌شود.

ایزوتوپ

تعداد پروتون‌های مساوی و نوترون‌های متفاوت دارند و در جدول تناوبی در یک مکان هستند.
خواص شیمیایی یکسان و خواص فیزیکی متفاوتی دارند.

نیروی هسته‌ای

نیروی جاذبه بسیار قوی و کوتاه‌برد بین نوکلئون‌ها که موجب پایداری هسته می‌شود.
این نیرو مستقل از بار الکتریکی است.

ساختار هسته

پایداری هسته

اگر نیروی دافعهٔ الکترواستاتیکی بین پروتون‌ها با نیروی جاذبهٔ هسته‌ای بین نوکلئون‌ها، خنثی شود، هسته پایدار می‌ماند.
با افزایش تعداد پروتون‌های درون هسته، برای پایدار ماندن هسته، باید تعداد نوترون‌های درون هسته نیز افزایش یابد.
نقش نوترون‌ها در هسته افزایش نیروی ربایشی برای پایداری هسته است.

رابطه انیشتین

جرم و انرژی می‌توانند به یکدیگر تبدیل شوند.

$$E=mc^2$$

انرژی بستگی هسته

انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون‌های هسته است

کاستی جرم هسته ← میزان اختلاف جرم هسته و مجموع جرم نوکلئون‌های آن

$$\text{انرژی بستگی هسته} \leftarrow E=mc^2 \leftarrow \text{کاستی جرم هسته}$$

نکته
● هرچه انرژی بستگی هسته بیشتر، هسته پایدارتر

ترازهای هسته

نکته
انرژی نوکلئون‌های هسته کوانتیده است و اختلاف ترازهای انرژی آن‌ها از مرتبه keV و MeV است.
● انرژی نوکلئون‌ها با جذب انرژی به ترازهای با انرژی بالاتر رفته و هسته برانگیخته می‌شود ($^{A}_{Z}X^{*}$) و هستهٔ برانگیخته با گسیل فوتون به تراز پایه برمی‌گردد.

پرتوزایی طبیعی

آلفا(α)

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

هسته دو پروتون و دو نوترون از دست می‌دهد.

بتا(β)

پوزیترون(β^+)

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e^{+}$$

یک پروتون به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود و عدد اتمی هسته یک واحد افزایش می‌یابد.

الکترون(β^-)

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e^{-}$$

یک نوترون به یک پروتون و یک الکترون تبدیل می‌شود و عدد اتمی هسته یک واحد افزایش می‌یابد.

گاما(γ)

$$^{A}_{Z}X^{*} \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$$

هسته برانگیخته با گسیل پرتوی گاما به حالت پایه می‌رسد و نوع هسته تغییر نمی‌کند.

نکته:
● در تمامی فرآیندهای هسته‌ای دو حکم زیر برقرار است:
۱) مجموع عددهای جرمی دو طرف رابطه یکسان است.(پایستگی تعداد نوکلئون‌ها یا عدد جرمی)
۲) مجموع عددهای اتمی دو طرف رابطه یکسان است.(پایستگی بار الکتریکی یا عدد اتمی)
● نفوذپذیری پرتوها در سرب: آلفا < بتا < گاما

نیمه عمر ($T_{1/2}$)

مدت‌زمان لازم برای نصف شدن تعداد هسته‌های مادر $= \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$ = تعداد نیمه عمرهای سپری شده $= n$

تعداد هسته‌های مادر اولیه پرتوزا ← N_0
هسته‌های پرتوزای باقیمانده ← $N=\frac{N_0}{2^n}$

شکافت هسته‌ای

تقسیم شدن یک هسته سنگین مانند اورانیوم ۲۳۵ به دو هسته با جرم کمتر و تولید ۲۰۰MeV انرژی با جذب یک نوترون کند و کم‌انرژی.

$$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{236}_{92}U^{*} \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}kr + 3{}^{1}_{0}n + 200MeV$$

● در هر واکنش شکافت ۳ نوترون پرسرعت آزاد می‌شود و این واکنش ادامه می‌یابد. (واکنش زنجیری)

غنی‌سازی اورانیوم

بالا بردن درصد خلوص ^{235}U که در حالت عادی فراوانی کمتر از ۱ درصد (۰.۷۲) دارد.
درصد خلوص راکتورهای تجاری: ۳ درصد - درصد خلوص راکتورهای تحقیقاتی: ۲۰ درصد

راکتورهای شکافت هسته‌ای

راکتور هسته‌ای جایی است که در آن واکنش زنجیری شکافت به شکل کنترل شده رخ می‌دهد.

کندساز: موادی جهت کند کردن الکترون‌های پرسرعت (آب معمولی؛ آب سنگین، گرافیت)

میله‌های کنترل: میله‌هایی جهت کنترل آهنگ واکنش شکافت (کادمیم یا بور)

راکتور آب تحت فشار (PWR): آبی که سوخت هسته‌ای را احاطه کرده است، تحت فشار زیاد (حدود ۱۵۰ اتمسفر) قرار دارد تا بدون آنکه بجوشد به دماهای بالا برسد.
● از این آب با دمای بالا برای گرم کردن آب با فشار کم‌تر و ایجاد بخار برای تولید الکتریسیته استفاده می‌شود.

گداخت هسته‌ای

ترکیب دو هسته سبک و ایجاد یک هسته سنگین‌تر که موجب آزاد شدن مقدار زیادی انرژی می‌شود.

$$D + T \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + \text{مقدار زیاد انرژی}$$

D: دوتریم، T: تریتیم، ^4_2He: هستهٔ هلیم، ^1_0n: نوترون پرانرژی

ریاضی‌نامه

فرم کلی فرمول‌های مقایسه‌ای

کمیتی را در نظر بگیرید که از ضرب و تقسیم چند متغیر مختلف به دست می‌آید. برای به‌دست آوردن مقدار ثانویهٔ کمیت به مقدار اولیهٔ آن به این صورت عمل می‌کنیم که متغیرهای صورت کسر به صورت ثانویه به اولیه و متغیرهای مخرج کسر به صورت اولیه به ثانویه باشند، همچنین فراموش نکنید که توان هر متغیر را باید اثر دهیم.

تذکر اعداد ثابت در فرمول‌های مقایسه‌ای بی‌تأثیر هستند.

چند مثال فیزیکی:

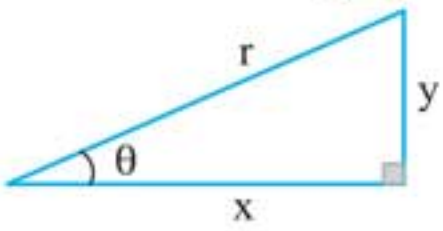
تندی انتشار موج عرضی در تار: $v=\frac{۲}{d}\sqrt{\frac{F}{\pi\rho}} \xrightarrow[\text{d و ρ در مخرج و F در صورت}]{\text{۲ و π ثابت}} \frac{v_۲}{v_۱}=\frac{d_۱}{d_۲}\sqrt{\frac{F_۲}{F_۱}\times\frac{\rho_۱}{\rho_۲}}$

میدان الکتریکی: $E=\frac{kq}{r^۲} \xrightarrow[\text{q در صورت و r در مخرج}]{\text{k ثابت}} \frac{E_۲}{E_۱}=\frac{q_۲}{q_۱}\times(\frac{r_۱}{r_۲})^۲$

معادلهٔ حالت: $PV=nRT \xrightarrow{\text{R ثابت}} \frac{P_۲}{P_۱}\times\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{n_۲}{n_۱}\times\frac{T_۲}{T_۱}$

روابط مثلثاتی

با توجه به مثلث قائم‌الزاویهٔ مقابل، روابط مثلثاتی زاویهٔ θ به شکل زیر تعریف می‌شود:



$$\sin\theta=\frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}}=\frac{y}{r} \quad , \quad \cos\theta=\frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}}=\frac{x}{r}$$

$$\tan\theta=\frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}}=\frac{y}{x} \quad , \quad \cot\theta=\frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{ضلع مقابل}}=\frac{x}{y}$$

$$\sin^۲\theta+\cos^۲\theta=۱ \xrightarrow{\text{نتایج}} \sin^۲\theta=۱-\cos^۲\theta \quad \text{یا} \quad \cos^۲\theta=۱-\sin^۲\theta$$

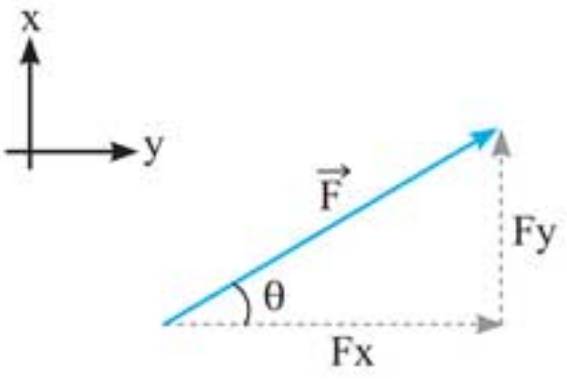
$$\sin(۹۰+\theta)=\cos\theta \, , \cos(۹۰+\theta)=-\sin\theta \, , \sin(۱۸۰+\theta)=-\sin\theta \, , \cos(۱۸۰+\theta)=-\cos\theta$$

نکته:

الف) با افزایش زاویهٔ θ از صفر تا ۹۰°، توابع $\sin\theta$ و $\tan\theta$، افزایش و توابع $\cos\theta$ و $\cot\theta$، کاهش می‌یابند.

ب) اگر تابعی به صورت $A\cos\omega t$ یا $A\sin\omega t$ باشد، بیشینهٔ این تابع مستقل از ω و برابر با $|A|$ و کمینهٔ آن برابر $-|A|$ است. به عنوان مثال اگر جریان متناوب گذرنده از این یک القاگر به‌صورت $I=۲\sin(۱۰۰\pi t)$ باشد، بیشینهٔ جریان گذرنده از القاگر برابر با ۲ آمپر است.

بـردار



برداری مانند شکل مقابل را در نظر بگیرید، برای نمایش این بردار به صورت $\vec{i}$ و $\vec{j}$ داریم: $\vec{F}=F_x\vec{i}+F_y\vec{j}$

$$F_x=F\cos\theta \quad , \quad F_y=F\sin\theta \quad , \quad \tan\theta=\frac{F_y}{F_x}$$

آزمون جامع

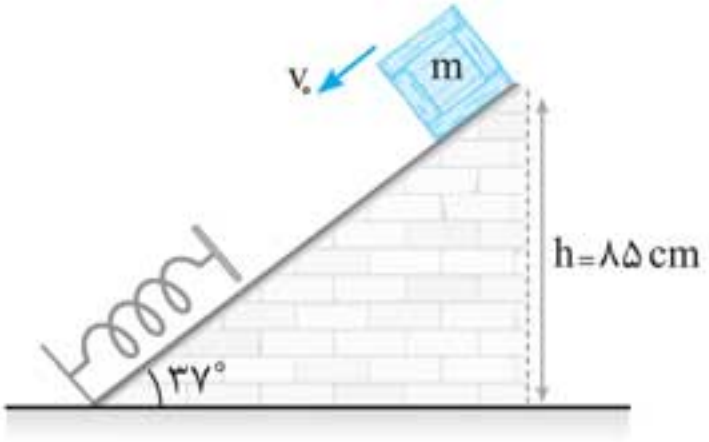
۱. کدام کمیت‌ها همگی فرعی و نرده‌ای هستند؟

۱) نیرو ـ جرم ـ گرمای ویژه
۲) انرژی جنبشی ـ شار مغناطیسی ـ شتاب
۳) فشار ـ جرم ـ میدان مغناطیسی
۴) انرژی جنبشی ـ شار مغناطیسی ـ فشار

۲. در مخلوطی از آب و یخ، مقداری یخ ذوب می‌شود و حجم مخلوط $5cm^3$ کاهش می‌یابد. جرم یخ ذوب‌شده چند گرم است؟ $(\rho_{آب}=1\frac{g}{cm^3}$ و $\rho_{یخ}=0/9\frac{g}{cm^3})$

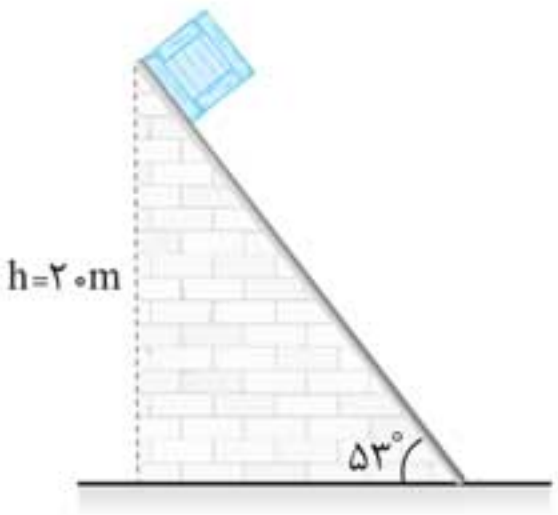
۱) ۴/۵ ۲) ۵ ۳) ۴۵ ۴) ۵۰

۳. در شکل روبه‌رو، وزنه‌ای به جرم m با تندی اولیهٔ $v_0=4\frac{m}{s}$ مماس با سطح بدون اصطکاک، رو به پایین پرتاب می‌شود. اگر بیشترین انرژی پتانسیل کشسانی فنر در این برخورد ۱/۸ برابر انرژی جنبشی اولیهٔ وزنه باشد، حداقل طول فنر به چند سانتی‌متر می‌رسد؟ $(\sin 37^\circ=0/6, g=10\frac{m}{s^2})$



۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) ۳۰ ۴) ۳۵

۴. در شکل روبه‌رو، جسمی به جرم 4kg از بالای سطح شیب‌دار، رها می‌شود و با تندی $15\frac{m}{s}$ به پایین سطح می‌رسد. بزرگی نیروی اصطکاک جسم با سطح چند نیوتون است؟ $(\sin 53^\circ=0/8$، $g=10\frac{m}{s^2}$ و از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.)



۱) ۱۲ ۲) ۱۳
۳) ۱۴ ۴) ۱۵

۵. لولهٔ موئینی را در ظرف محتوی آب قرار می‌دهیم. آب تا ارتفاع 40cm در لوله بالا می‌رود. اگر سطح مقطع داخلی این لوله $0/4mm^2$ باشد، برایند نیروهای بین مولکول‌های آب و شیشه چند نیوتون است؟ $(\rho_{آب}=1000\frac{kg}{m^3}$، $g=10\frac{m}{s^2})$

۱) $0/8\times10^{-3}$ ۲) $1/6\times10^{-3}$ ۳) 10^{-3} ۴) $3/2\times10^{-3}$

۶. لولهٔ بلندی به صورت قائم نگه داشته‌شده و در آن تا ارتفاع 4cm جیوه ریخته شده است. اگر فشار هوا $1/0336\times10^5Pa$ باشد. ارتفاع جیوهٔ درون لوله را به چند سانتی‌متر برسانیم تا فشار در ته لوله دو برابر شود؟ $(\rho_{جیوه}=13/6\frac{g}{cm^3}$ ، $g=10\frac{m}{s^2})$

۱) ۸۴ ۲) ۸۲ ۳) ۸۰ ۴) ۷۸

پاسخ‌نامه آزمون جامع

۱. گزینهٔ «۴»

انرژی جنبشی، شار مغناطیسی و فشار هر سه کمیت فرعی و نرده‌ای هستند.

دلیل نادرستی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ «۱»: نیرو کمیتی برداری و همچنین جرم نیز کمیتی اصلی است.

گزینهٔ «۲»: شتاب برداری است.

گزینهٔ «۳»: میدان مغناطیسی کمیتی برداری و همچنین جرم نیز کمیتی اصلی است.

۲. گزینهٔ «۳»

کاهش حجم مخلوط در نتیجهٔ فرایند ذوب است که برای یخ رخ می‌دهد. از این رو رابطهٔ اختلاف حجم آب و یخ را می‌نویسیم: حجم آب تولیدشده در نتیجه ذوب − حجم یخ ذوب‌شده = حجم کاهش یافته

$$\Delta V = V_{\text{یخ}} - V_{\text{آب}} = ۵\,cm^۳$$

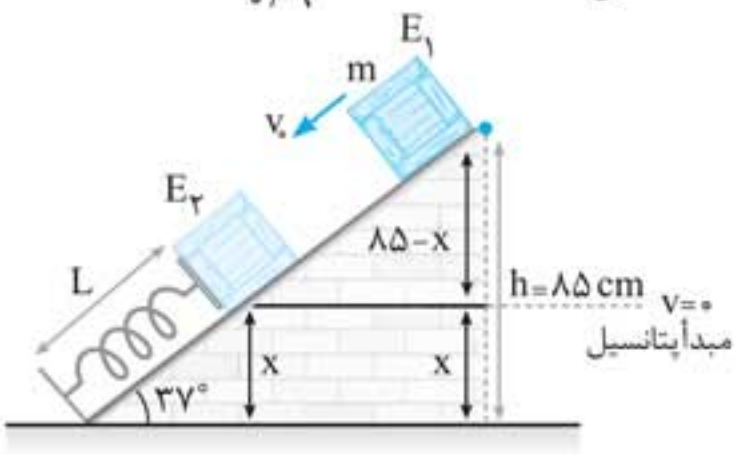
از رابطهٔ $V = \frac{m}{\rho}$ استفاده می‌کنیم و می‌توان نوشت:

$$۵ = \frac{m_{\text{یخ}}}{\rho_{\text{یخ}}} - \frac{m_{\text{آب}}}{\rho_{\text{آب}}} \Rightarrow ۵ = \frac{m_{\text{یخ}}}{۰/۹} - \frac{m_{\text{آب}}}{۱}$$

توجه کنید که در فرایند ذوب مقدار جرم تغییر نمی‌کند: $m_{\text{یخ}} = m_{\text{آب}}$

$$\Rightarrow ۵ = \frac{m_{\text{یخ}} - ۰/۹m_{\text{یخ}}}{۰/۹} \Rightarrow ۰/۱m_{\text{یخ}} = ۴/۵ \Rightarrow m_{\text{یخ}} = ۴۵g$$

۳. گزینهٔ «۴»



داده‌های مسئله:

$v_۰ = ۴m/s$

$U_{\max_{\text{فنر}}} = ۱/۸K_۱$ ①

$L_{min} = ?$

$g = ۱۰m/s^۲$

$\sin ۳۷^\circ = ۰/۶$

با فرض بدون اصطکاک بودن سطح و استفاده از اصل پایستگی انرژی مکانیکی داریم: $E_۱ = E_۲$

$$K_۱ = \frac{۱}{۲}mv^۲ = \frac{۱}{۲}m(۴)^۲ = ۸m$$ ②

حداقل طول فنر به معنای بیشترین میزان فشردگی فنر است که در این حالت $K_۲ = ۰$ است.

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow K_۱ + mg(\frac{۸۵ - x}{۱۰۰}) = U_{\max_{\text{فنر}}}$$

$$\xrightarrow{①} K_۱ + mg(\frac{۸۵ - x}{۱۰۰}) = ۱/۸K_۱$$

$$\xrightarrow{②} mg(\frac{۸۵ - x}{۱۰۰}) = \frac{۸}{۱۰} \times ۸m \Rightarrow ۸۵ - x = ۶۴ \Rightarrow x = ۲۱cm$$ ③

$$\sin ۳۷^\circ = \frac{x}{L} \Rightarrow L = \frac{x}{\sin ۳۷^\circ} \xrightarrow{③} L = \frac{۲۱}{۰/۶} = ۳۵\,cm$$

۴. گزینهٔ «۳»

روش اول: سطح زمین را مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی در نظر گرفته و انرژی مکانیکی را در نقاط (۱) و (۲) می‌نویسیم: