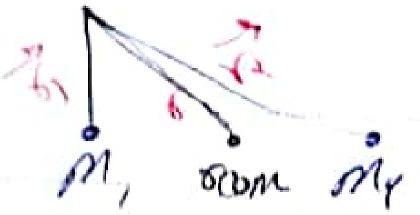
فصل ۹ مرکز جرم



$$\vec r_{com} = \frac{m_1\vec r_1 + m_2\vec r_2}{m_1+m_2}$$

$$x_{com} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2}{m_1+m_2}$$

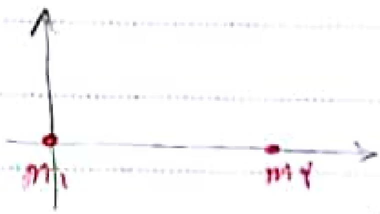
$$y_{com} = \frac{m_1y_1 + m_2y_2}{m_1+m_2}$$

$$z_{com}$$

مثال 8

$m_1 = 2kg$

$m_2 = 4kg$ فاصله $= 2m$



$$x_{com} = \frac{2\times 0 + 4\times 2}{6} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3}$$

$$y_{com} = 0$$

$$\frac{1}{M}\sum_{i=1}^{n} m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3 \cdots$$

$$\frac{1}{M}\sum_{i=1}^{n} m_1y_1 + m_2y_2 + m_3y_3 \cdots$$

$$M\vec r_{com} = m_1\vec r_1 + m_2\vec r_2 + m_3\vec r_3$$

حل مثال 8 صفحه ۲

از دو بار مشتق نسبت به زمان

مسیر آن تغییر شکل می‌دهد.

$$M\vec a_{com} = m_1\vec a_1 + m_2\vec a_2 + m_3\vec a_3$$

$$\Rightarrow \underbrace{\vec F_1 + \vec F_2 + \vec F_3}_{\vec F_{net}}$$

برای جسم متصل

$$\vec r_{com} = \frac{1}{M}\int \vec r\, dm$$

فصل ۱۸

$$P_b = \frac{Q}{t} = kA\,\frac{T_f - T_i}{L}$$

$$Q = \sigma \varepsilon A T^4$$

$$N_A = ۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\ \frac{1}{mol}$$

$$n = \frac{N}{N_A}$$ (تعداد مول)

$$n = \frac{M_{sam}}{M}$$ جرم مولی

$$M = N_A m$$

$$PV = nRT$$

$$R = ۸/۳۱\ \frac{J}{mol}K^{-1}$$

تعداد مولکول

$$PV = NkT \qquad k = \frac{R}{N_A}$$

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P\,dV$$

حجم ثابت $\rightarrow W = 0$

فشار ثابت $\rightarrow W = P\Delta V$

$$PV = nRT$$
$$P = nRT\,\frac{1}{V}$$

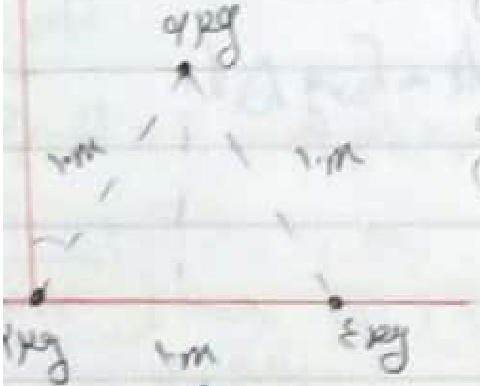
دما ثابت $\rightarrow W = nRT\ln\frac{V_f}{V_i}$

$$E_K = \left(\frac{1}{2}mv^2\right)_{avg} = \frac{1}{2}m\left(v^2\right)_{avg}$$

انرژی جنبشی انتقالی

$$\sqrt{(v^2)_{avg}} = v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

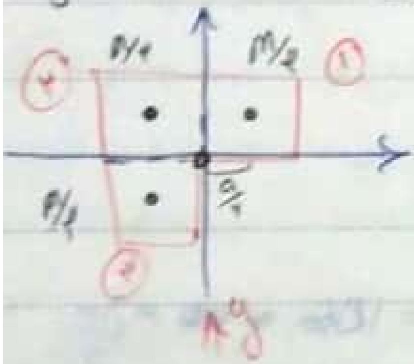
سرعت جذر میانگین مربعی



$$x_{cm} = \frac{2\times0 + 4\times10 + 6\times5}{12} = \frac{70}{12} = 5{,}8$$

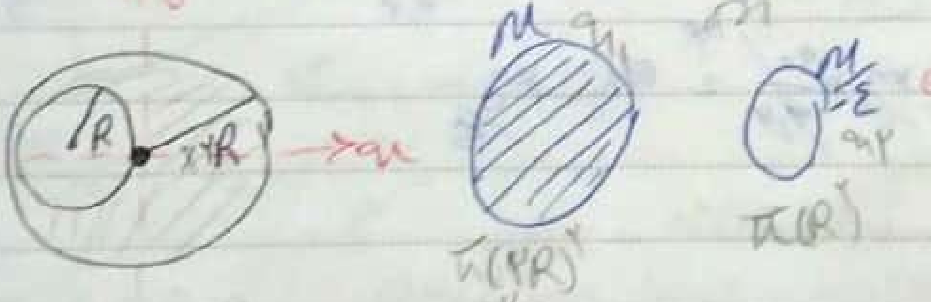
$$y_{cm} = \frac{2\times0 + 4\times0 + 6\times10\times\sin60}{12} = \frac{\frac{60\sqrt{3}}{2}}{12} = \frac{30\sqrt{3}}{12}$$

$$y_{cm} \simeq 4$$



$$x_{cm} = \frac{\frac{M}{4}\times\frac{a}{2} + \frac{M}{4}\times\frac{-a}{2} + \frac{M}{2}\times\frac{-a}{2}}{\frac{M}{4}+\frac{M}{4}+\frac{M}{2}} = -\frac{1}{4}a$$

$$y_{cm} = \frac{\frac{M}{4}\times\frac{a}{2} + \frac{M}{4}\times\frac{+a}{2} + \frac{M}{2}\times\frac{-a}{2}}{M} = \frac{1}{4}a$$



سطحی $\sigma = \frac{M}{A}$ حجمی $\rho = \frac{M}{V}$ طولی $\lambda = \frac{M}{L}$

$M = \sigma A$

$$x_{cm} = \frac{M\times0 + (-\frac{M}{4})\times -R}{M - \frac{M}{4}} = \frac{\frac{MR}{4}}{\frac{3M}{4}} = \frac{R}{3}$$

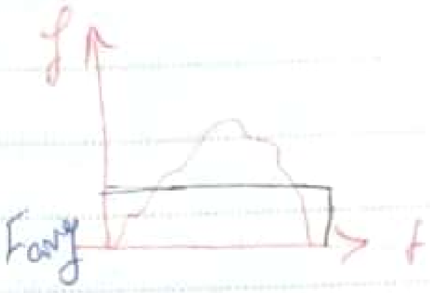
$$y_{cm} = 0$$

تکانه $P = Mv$

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$$

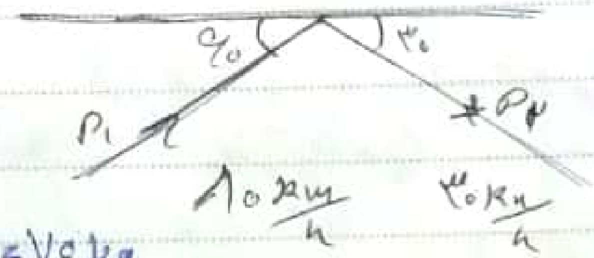
$$\int dP = \int F\,dt \longrightarrow \Delta P = P_2 - P_1 = \int_{t_1}^{t_2} F\,dt$$

ضربه = تغییرات تکانه $\quad kg\,\frac{m}{s}$



$J = \int_{t_1}^{t_2} f\,dt = F_{avg}\,\Delta t$

$\vec{J} = \Delta \vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$



$M = ۷۰\,kg$

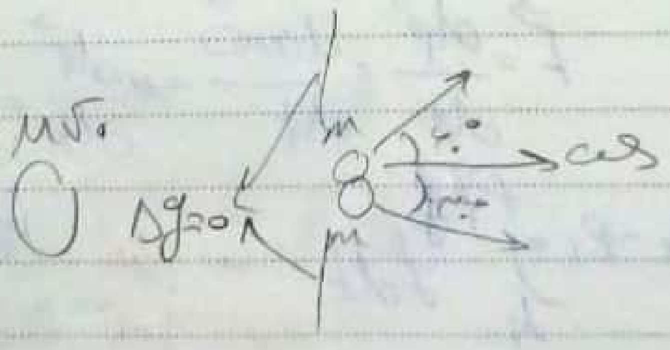
$P_2 = mV = ۷۰ \times \frac{۸۰}{۳/۶} = ۱۵۵۰\ kg\,m/s$

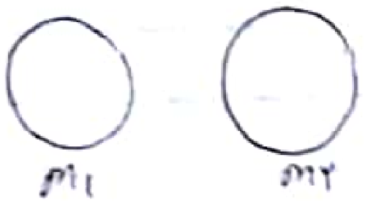
$P_1 = mV = ۷۰\,kg \times \frac{۴۰}{۳/۶} = ۷۷۸\ kg\,m/s$

$J_x = P_1 \cos ۶۰ + P_2 \cos ۳۰ =$

$J_y = P_2 \sin ۳۰ - P_1 \sin ۶۰ =$

$|J| = \sqrt{J_x^2 + J_y^2}$ $\qquad J = F_{avg}\,\Delta t$





۱- برخورد کشسان ← تکانه ثابت

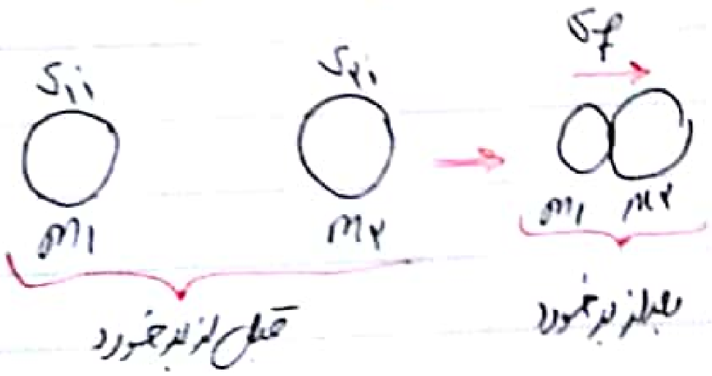
تکانه انرژی ثابت.

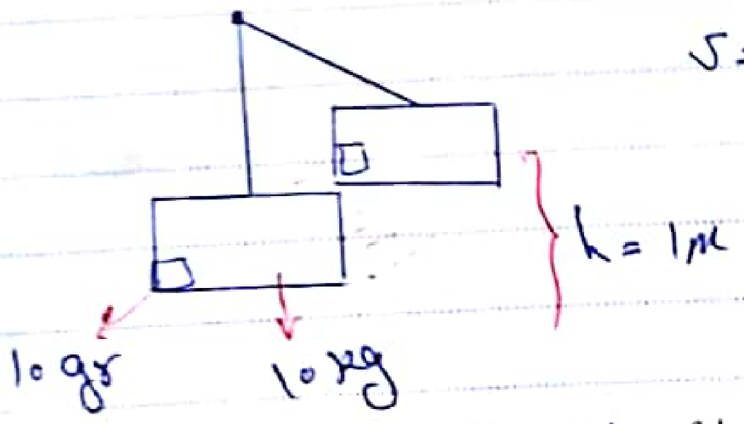
$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

۲- برخورد ناکشسان ← دو جسم بعد از برخورد به هم می‌چسبند.

۳- برخورد کشسان ← اصل پایستگی تکانه و انرژی هر دو برقرار است.

برخورد ناکشسان کامل





$$v = ?$$

$$P_1 = P_2$$

$$mv + M \times 0 = (m+M)V$$

$$v = \frac{m+M}{m} V$$

$$\Delta K + \Delta U = 0 \Rightarrow K_2 - K_1 + U_2 - U_1 = 0$$

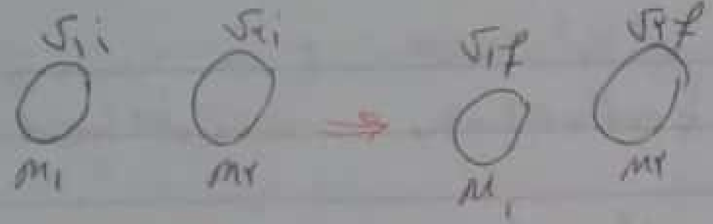
$$0 - \frac{1}{2}(m+M)V^2 + (m+M)gh - \cancel{U_1}^{\,0} = 0$$

$$V^2 = 2gh \Rightarrow V = \sqrt{2gh}$$

$$v = \frac{m+M}{m}\sqrt{2gh}$$

Scanned by CamScanner

برخورد کشسان



قبل از برخورد   بعد از برخورد

$$\vec{r}_{com} = \frac{1}{M} \sum m_i \vec{r}_i$$

$P_1 = P_2$

$$\begin{cases} m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{1f} \\ E_1 = E_2 \end{cases}$$

$$\frac{1}{2} m v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 = \frac{1}{2} m v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m v_{2f}^2$$

$$\Rightarrow v_{1f} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{1i} + \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{2i}$$

$$\Rightarrow v_{2f} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{i} + \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_2} v_{2i}$$

فصل ۱۰

(دوران)

حرکت خطی $\Leftarrow x(t)$ $\quad v = \frac{dx}{dt}$

حرکت زاویه‌ای $\Leftarrow \theta(t)$ $\quad \omega = \frac{d\theta}{dt}$ سرعت زاویه‌ای

حرکت خطی $\Rightarrow \bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ $\qquad a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$

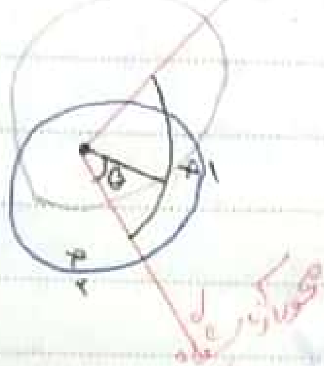
حرکت زاویه‌ای $\Rightarrow \bar{\omega} = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$ $\qquad \alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$ شتاب زاویه‌ای

$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$

$v = at + v_0$ $\quad x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$ $\Leftarrow$ حرکت خطی

$\omega = \alpha t + \omega_0$ $\quad \theta = \frac{1}{2}\alpha t^2 + \omega_0 t + \theta_0$ $\Leftarrow$ حرکت زاویه‌ای

$\omega^2 - \omega_0^2 = 2\alpha\Delta\theta$



کمان

rad

$\theta = \frac{S}{R}$ شعاع $\quad \theta = 360° = \frac{2\pi R}{R} \overset{rad}{=} 2\pi$

$S = R\theta$

مشتق $\rightarrow v = \frac{dS}{dt} = R\frac{d\theta}{dt} \Rightarrow \boxed{v = R\omega}$

مشتق دوم $\rightarrow \frac{dv}{dt} = R\frac{d\omega}{dt} \Rightarrow \boxed{a = R\alpha}$

مثال S بر حسب t

θ بر حسب رادیان

$\theta(t) = -0.6t^2 + t$ سرعت زاویه‌ای چرخ؟

$\omega = \frac{d\theta}{dt} = -1.2t + 1$

$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta(t=2) - \theta(t=1)}{2-1} = -0.4$

$\frac{-0.4 - 0.4}{1} = -0.8 \ rad/s$

شتاب زاویه‌ای؟

$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = -1.2 \ rad/s^2$

مثال 8) فرض کنید چرخ فلکی که ۲۰ دور با شتاب زاویه‌ای ثابت طی سرعت خود را از ۳٫۴

به ۲ رادیان بر ثانیه کاهش می‌دهد. ← الف) شتاب زاویه چقدر می‌باشد؟

ب) چه زمانی طول می‌کشد؟

ω_1 $3.4\ rad/s \longrightarrow \omega_2$ $2\ rad/s$

الف)

$\Delta\theta = 20\ rev \Rightarrow 20 \times 2\pi\ rad = 40\pi\ rad$

$\omega^2 - \omega_0^2 = 2\alpha\Delta\theta \Rightarrow (2)^2 - (3.4)^2 = 2 \cdot \alpha \cdot 40\pi \Rightarrow \alpha = -0.03\ rad/s^2$

سرعت کم می‌شود

ب) $\omega = \alpha t + \omega_0 \Rightarrow 2 = -0.03\,t + 3.4 \Rightarrow t = 46.6\ s$

انرژی جنبشی چرخشی 8

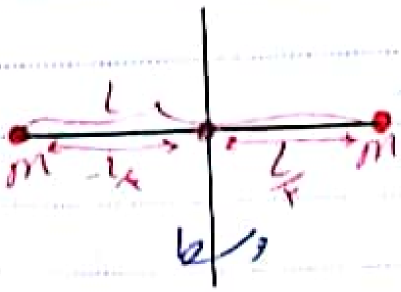
$E_k = \sum \frac{1}{2} m v^2$

$E_k = \sum \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow \sum \frac{1}{2} m (r\omega)^2$

$\Rightarrow \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} m r_i^2 \omega^2 \rightarrow \frac{1}{2} I \omega^2$ ← انرژی اینرسی با نقش دورانی

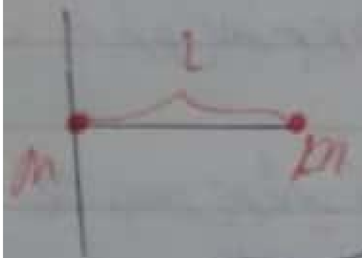
انرژی جنبشی جسم دوران کننده I لختی دوران

مثال 8)

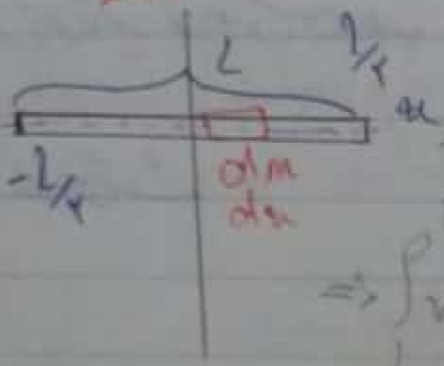


$\frac{1}{2} \sum m v^2$

$I = \sum_{i=1}^{2} m r_i^2 = m\left(\frac{l}{2}\right)^2 + m\left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{ml^2}{4} + \frac{ml^2}{4} = \frac{ml^2}{2}$



$$\boxed{I = m\times 0 + mL^2 = mL^2}$$



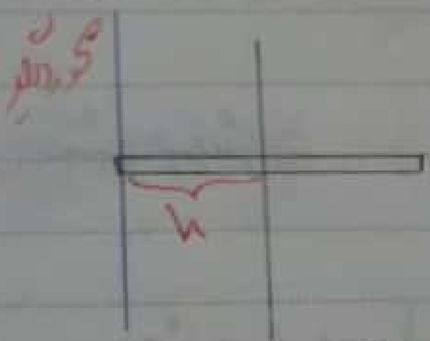
$$I = \int r^2\,dm = \int x^2\,dm \qquad \frac{dm}{dx} = \frac{m}{L}$$

$$\Rightarrow \int_{-L/2}^{L/2} x^2\left(\frac{m}{L}\,dx\right) = \frac{m}{L}\int_{-L/2}^{L/2} x^2\,dx$$

$$\frac{m}{L}\left(\frac{x^3}{3}\Big|_{-L/2}^{L/2}\right) = \frac{m}{3L}\left(\left(\frac{L}{2}\right)^3 - \left(-\frac{L}{2}\right)^3\right) = \frac{1}{12}mL^2$$

قضیه محورهای موازی 8

$$I_{\text{محور دوران}} = I_{cm} + mh^2$$



$$I_{\text{محور انتهایی}} = \frac{1}{12}mL^2 + m\left(\frac{L}{2}\right)^2$$

مهم

جدول صفحه‌ی ... الف و ب و ج و ح

مهم

$$E_k = \frac{1}{2}I\omega^2 \longleftarrow I = \frac{2}{5}mR^2$$

تمرین فصل ۹ ۵۹ - ۶۳ - ۷۲ فصل ۱۰ ۱۲ - ۲۵ - ۳۹

فصل ۱۴ ترمودینامیک

درجه بندی ← سلسیوس (سانتی گراد C°) $\qquad T_C = T - 273$

درجه بندی ← فارنهایت $\qquad T_F = \frac{9}{5} T_C + 32$

قانون صفر ترمودینامیک: اگر A با C، و B با C در تعادل گرمایی باشند، A و B باهم تعادل گرمایی دارند.

در اثر وارد کردن انرژی گرمایی منبسط می شود.

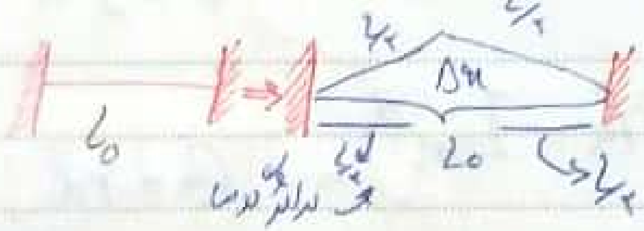
$\Delta T \uparrow \qquad \Delta L \uparrow$

حجم

$$L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

ضریب انبساط طولی ← طول اولیه



$$\begin{cases} \Delta x^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 - \left(\frac{L_0}{2}\right)^2 \\ L = L_0 (1 + \alpha \Delta T) \end{cases}$$

سطح $\Delta A = 2\alpha A_0 \Delta T$ ← ضریب انبساط طولی

حجم $\Delta V = 3\alpha V_0 \Delta T$

ضریب انبساط حجمی β

مثال:

$V_1 = 37\ ml \xrightarrow{\text{حجم تخلیه شده}} V_2 = ?$

$-32^\circ C$

دما پایین آورده $32^\circ C$

$\beta = 9.5 \times 10^{-4}\ ^\circ C$

$\Delta V = \beta V_0 \Delta T \Rightarrow \Delta V = 9.5 \times 10^{-4} \times 37\ ml \times (T_f - T_i)$

$\boxed{\Delta V = -808\ ml}$ کم شدن حجم

$V = V_0 - \Delta V \Rightarrow 37\ ml - 808 = \boxed{36.192\ L}$

فصل ۱۴

Q ژول J واحد آن — $cal = 4.184\ J$

$A = \dfrac{Q}{\Delta t} = \dfrac{J}{(C^\circ, K)}$ ظرفیت گرمایی $\rightarrow C = \dfrac{Q}{m\Delta t}\ \left(\dfrac{J}{gr\ K^\circ}\right)$ واحد

$Q = mc\Delta t$

L تغییر حالت — ذوب $Q = \pm mL_F$ ← انجماد

تبخیر $Q = \pm mL_V$ ← نقطه جوش — میعان

حل مسئله‌ها

۱- اگر گرما وارد می‌شود $Q > 0$
اگر خارج می‌شود $Q < 0$

۲- $\Delta T = T_F - T_i$ (نهایی — اولی)

۳- وقتی در تعادل گرمایی قرار بگیرند یعنی دماها یکی شده و میانگین دمای آن صفر می‌شود.

مثال ۵ مسی با $m_C = 75\ gr$ در کوره گذاشته و دمای آن $T_C = 312\ C^\circ$ می‌شود و داخل ظرف آبی انداخته و $A = 45\ \frac{cal}{K}$ گالری‌متر است. دمای نهایی را بدست آورید؟

$m_C = 75\ gr$ $T_C = 312\ C^\circ$ $A = 45\ \frac{Cal}{K}$

$T = 12\ C^\circ$ $m_W = 220\ gr$ $\boxed{T_F = 0.0923\ \frac{Cal}{gK}}$

$Q_W = m_W C_W \Delta T = (T_F - T_{iW})$ $Q_W + Q_C + Q_A = 0$

$Q_C = m_C C_C (\Delta T_C)$ $m_W C_W (T_F - T_{iW}) + A(t_F - t_{iC}) +$

$Q_A = A\Delta T_W$ $m_C C_C (T_F - T_{iC}) = 0$

$m_W C_C T_F + A T_F + m_C C_C T_F \Rightarrow$ فاکتورگیری

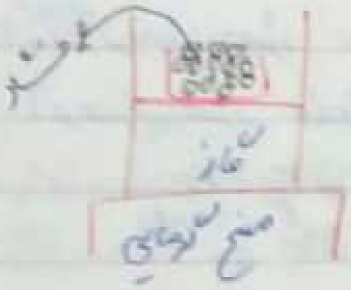
فصل ۱۴

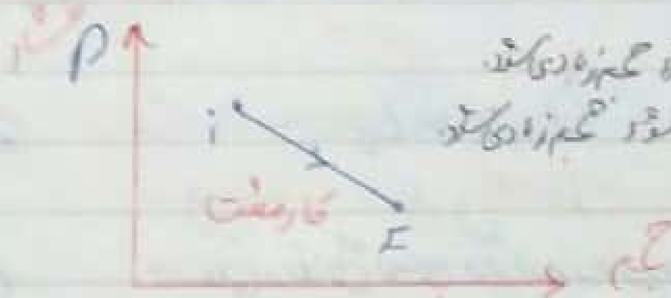
مثال ۸

$m_c = ۷۲۰ gr \quad T_c = -10^\circ C \quad T = 15^\circ C$

$Q = mC(T_f - T_i) \Rightarrow Q_f = L_f \Delta T = ۷۲۰ \times L_f$

$Q_w = m_w c_w (T_f - T_i)$



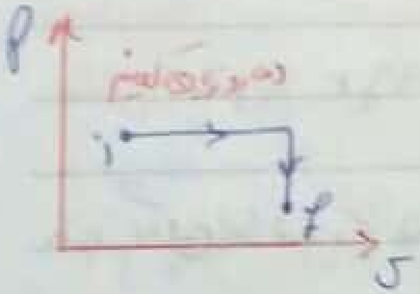


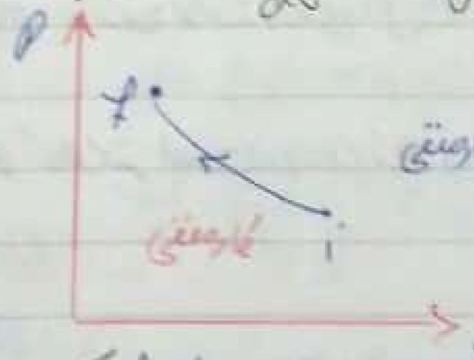
منبسط که شود حجم زیاد می‌شود

گرما داده شود حجم زیاد می‌شود

$W = \int F dx \Rightarrow W = \int_{V_i}^{V_f} P dV$

$F = PA$, $dx \to dV$





حجم کم شود گاز منقبض

$\Delta E_{int} = Q - W$ (گرما، کار)

تغییرات انرژی داخلی سیستم

(۱) وقتی سیستم تغییرات آن صفر شد یعنی برگشت آن برابر است. (چرخه‌ای تغییرات دوری)

(۲) فرآیند ایزوکور هم حجم باشد.

منبسط نمی‌شود که تغییری کند

$W = 0$

$\Delta E = Q - W = Q$

(۳) فرآیند هم فشار

$\left.\begin{array}{l} W = P\Delta V \\ Q \end{array}\right\} \Rightarrow \Delta E = Q - W$

Scanned by CamScanner

فصل ۱۴

۴) فرآیند بی دررو

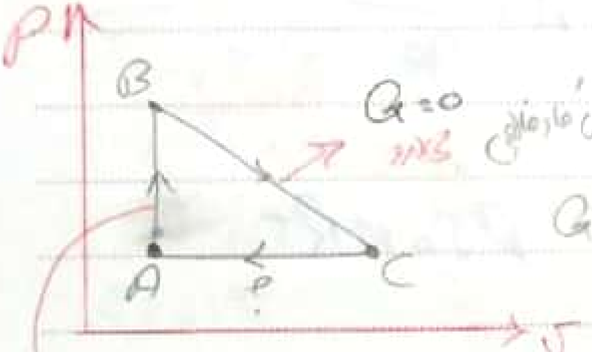
$Q=0$ $\Rightarrow$ $\Delta E=-W$

W

۵) انبساط آزاد

$Q=0$ $\Delta E=0$

$W=0$



تحلیل صفحه ۴۲ سوال ۴۱

$Q=0$ بی دررو W انجام شده $=15\ J$

$Q_{CA}=?$ $\Delta E=0$ $Q-W=0$

$20+0+Q_{CA}-15=0$

$Q=20\ J$

تمرین سوال ۱۵ و ۳۷، ۴۹، ۵۰

$\Delta \ell = \alpha \ell_0 \Delta T$ $\rightarrow$ $\ell = \ell_0(1+\alpha \ell_0 \Delta t)$

$Q=mc\Delta T$ $Q=nC\Delta T$ $Q=\pm m L_f$ ذوب / انجماد

تبخیر، $Q=\pm m L_v$ میعان

$\Delta E_{int}=Q-W$ قانون اول ترمودینامیک

بی دررو $Q=0$ $\Delta E=-W$

$W=P\,dV$ $\Delta E_{int}=Q-P\Delta V$ هم فشار

هم حجم

مسئله فصل ۱۵ سوال ۱

$T_i = ۲۰^\circ C \qquad T_f = ۳۵^\circ C$

$P_i = ۱۵$ اتم $\qquad P_f = ?$

$V_i = ۱۲ L \qquad V_f = ۸۵ L$

$PV = nRT \Rightarrow nR = \frac{PV}{T}$

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f}$$

$T_i = (۲۰ + ۲۷۳) K$

$T_f = (۳۵ + ۲۷۳) K$

مسئله ۲

$n = 1 mol \qquad T = ۳۱۰ K \qquad V_i = ۱۲ L$

$V_f = ۱۹ L$

$$W = nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$$

$$W = ۱ \times ۸,۳۱ \times ۳۱۰ \times \ln \frac{۱۹}{۱۲}$$

قطر مولکول

مسیر آزاد مولکولی $\lambda = \dfrac{1}{\sqrt{2}\,\pi d^2 \frac{N}{V}}$ داخل کتاب مثال حل شده

(مسافت میانگین که طول می‌کشد تا مولکولی با مولکول دیگری برخورد کند)

$PV = NRT$

$$\boxed{\frac{N}{V} = \frac{P}{RT}}$$

$$v_{avg} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \qquad v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$v_{\text{محتمل‌ترین}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

محتمل‌ترین سرعت

تغییرات انرژی درونی سیستم

$$\Delta E_{int} = n C_v \Delta T$$

ظرفیت گرمای ویژه مولی در حجم ثابت

تک اتمی

$C_v = \frac{3}{2}R \rightarrow 12/4$

دو اتمی $C_v = \frac{5}{2}R$

$\Delta E_{int} = \frac{3}{2}nRT$ تک اتمی

$\Delta E = Q - W$

$\Rightarrow nC_v\Delta T = nC_p\Delta T - nR\Delta T$

$C_v = C_p - R \rightarrow \boxed{C_p = C_v + R}$ ظرفیت گرمایی مولی در فشار ثابت

تک اتمی $\rightarrow C_p = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$

دو اتمی $\rightarrow C_p = \frac{5}{2}R + R = \frac{7}{2}R$

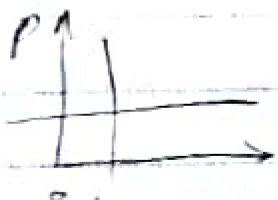
$PV^{\gamma} =$ ثابت

فرایند بی‌دررو

$TV^{\gamma-1} =$ ثابت

$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ $\frac{\frac{7}{2}R}{\frac{5}{2}R}$

$P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$



$\Delta E_{int} = Q - W = nC_v\Delta T$ ، همفشار

هم فشار ثابت

$W = P\Delta V$ $Q = nC_p\Delta T$

$\Delta E_{int} = 0$ $Q = W = nRT\ln\frac{V_f}{V_i}$ هم دما

$W = 0$ $\Delta E_{int} = nC_v\Delta T$ هم حجم

$Q = 0$ $\Delta E_{int} = -W = nC_v\Delta T$ بی دررو

$\Delta E = 0$ $Q = W$ هم دما

$Q = nC_p\Delta T$ $W = P\Delta V$ هم فشار

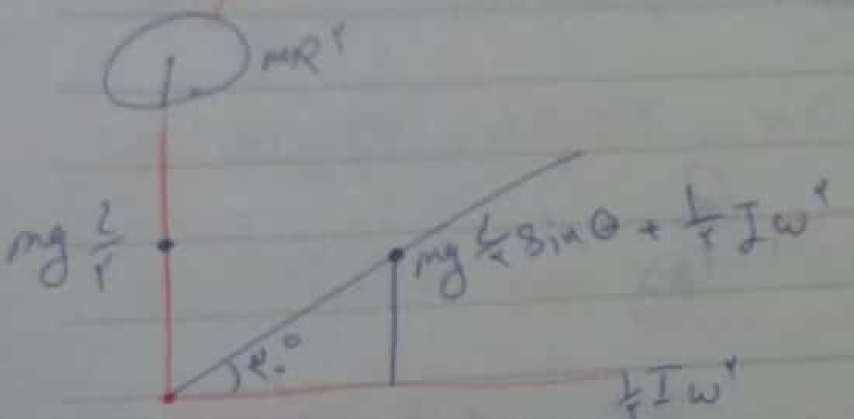
صفحه ۱۴

یخچال

$K = \frac{Q_L}{W} \Longrightarrow K = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} \Rightarrow \frac{T_L}{T_H - T_L}$

مثال ۳ فصل ۱۴

حل تعادل انرژی



$I = mR^2 + m(R+L)^2$

$\frac{1}{12}ml^2 + m(\frac{l}{2})^2 = \frac{1}{3}ml^2$

حجم مسئله

تمارین فصل ۹

$I = mR^2 + m(R+L)^2$ حول

$\frac{1}{12} mL^2 + m\left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{1}{3} mL^2$

مهم مسئله

گشتاور، فصل ۹ مسئله شکل مهم مفهومات مهم مثال ۲-۹ مهم

ضربه ← $I = \Delta \vec{P}$ $\Delta P = P_2 - P_1$ مسئله ۲۸ مسئله مهم ۳۴

فصل ۹

مسئله ۶۸، ۷۵ فصل ۱۰ ← مثال مهم ۲۸،۱۱، ۳۷،۲۶، ۴۵

۴۳، ۵۱، ۵۴، ۶۶، ۶۷

فصل ۱۱ ← مثال مهم مثال ۱۱-۴ مهم مهم

مسئله ۱۲، ۱۳ و ۶۰ مهم

فصل ۱۴ ← (طول هم صحیح مسئله ۱۸ ...) (معنی) $\Delta L = \alpha L \Delta T$

۲۱، ۱۷، ۱۹، ۱۵، ۱۶، ۱۸

(تغییر) مهم سیفون طرف آکوستیک

۳۵، ۳۶، ۳۷ و مهم (... مهم) $P\gamma$ mk

۴۸، ۴۹، ۵۰

فصل ۱۵ ← ۱۶، ۱۷، ۴۹

مهم ۴۷ - ۴۶ و ۴۸

مهم، ... مثال

۱۵-۴ مهم

فصل ۱۸ ← انرژی ... انرژی مهم $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$

انرژی و سیر

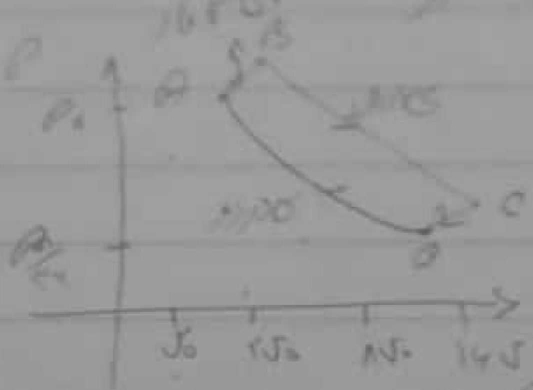
$PV = cte$ $\Rightarrow P = \frac{nRT}{V}$

$PV^\gamma = $ ثابت

$\Delta S = \frac{Q}{T}$

راندمان $= \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} = \left|1 - \frac{T_L}{T_H}\right|$

ضریب عملکرد $= \frac{Q_L}{W} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$



بی‌دررو: $PV^{\gamma} =$ ثابت

$P_B V_B^{\gamma} = P_C V_C^{\gamma}$

$T_B V_B^{\gamma-1} = T_A V_A^{\gamma-1}$

$PV = nRT$

$\Delta E = 0 = W - Q$

$\epsilon = \frac{W}{Q_H}$

$nC_p\Delta T$