

«فیزیک پایه ۱ و ۲ و ۳»

۲۱۱- جسمی در یک دایره افقی به شعاع  $r$  با سرعتی ثابت روی دیواره داخلی مخروط شکل زیر حرکت می کند. اگر دیواره مخروط بدون اصطکاک باشد و زاویه  $\alpha$  را با محور عمودی بسازد، آنگاه سرعت جسم چه خواهد بود؟

$$v = \sqrt{rg \sin \alpha} \quad (۲) \qquad v = \sqrt{rg} \quad (۱)$$

$$v = \sqrt{rg \cot \alpha} \quad (۴) \qquad v = \sqrt{rg \tan \alpha} \quad (۳)$$

۲۱۲- در مساله بالا از لحاظ زمانی چقدر طول می کشد تا جسم مذکور یک دور از مسیر دایره ای را طی کند؟

$$T = \pi \sqrt{\frac{r \cot \alpha}{g}} \quad (۲) \qquad T = 2\pi \sqrt{\frac{r \tan \alpha}{g}} \quad (۱)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\cot \alpha}{rg}} \quad (۴) \qquad T = 2\pi \sqrt{\frac{\tan \alpha}{rg}} \quad (۳)$$

۲۱۳- در مساله بالا فرض کنید که اصطکاک استاتیک با ضریب  $\mu_s$  وجود داشته باشد. حداکثر سرعت جسم برای حرکت روی دیواره داخلی مخروط و ماندن در مسیر دایره ای به شعاع  $r$  چقدر خواهد بود؟

$$v = \sqrt{rg(\sin \alpha - \mu_s \cos \alpha)} \quad (۲) \qquad v = \sqrt{rg(\cos \alpha + \mu_s \sin \alpha)} \quad (۱)$$

$$v = \sqrt{rg \frac{\sin \alpha - \mu_s \cos \alpha}{\cos \alpha + \mu_s \sin \alpha}} \quad (۴) \qquad v = \sqrt{rg \frac{\cos \alpha + \mu_s \sin \alpha}{\sin \alpha - \mu_s \cos \alpha}} \quad (۳)$$

۲۱۴- ظرفی محتوی ۲۵۰ گرم آب با دمای  $22^\circ C$  در یک اجاق مایکروویو قرار گرفته است. بعد از یک دقیقه دمای آب به  $50^\circ C$  می رسد. میزان حرارت منتقل شده به آب و توان متوسط تحویل شده مربوطه چقدر است؟

$$3.0 \times 10^2 W, 1.8 \times 10^3 J \quad (۲) \qquad 4.9 \times 10^2 W, 2.9 \times 10^4 J \quad (۱)$$

$$1.6 \times 10^2 W, 3.5 \times 10^3 J \quad (۴) \qquad 7.0 \times 10^2 W, 5.4 \times 10^4 J \quad (۳)$$

۲۱۵- فرض کنید که جسمی با جرم  $m=2\text{kg}$  در راستای محور  $x$  با سرعت  $v=2\text{m/sec}$  روی سطحی بدون اصطکاک حرکت می کند. اگر جسم منفجر و به دو تکه تقسیم شود، به ترتیبی که تکه اول با جرم  $m_1=0.5\text{kg}$  به سمت مخالف پرت شده و سرعت  $v_1=10\text{m/sec}$  را پیدا می کند. تکه دوم نیز با جرم  $m_2=1.5\text{kg}$  به سمت جلو حرکت می کند. سرعت تکه به جرم  $m_2$  چقدر خواهد بود؟

$$4.5\text{m/sec} \quad (۴) \qquad 9\text{m/sec} \quad (۳) \qquad 6\text{m/sec} \quad (۲) \qquad 3\text{m/sec} \quad (۱)$$

۲۱۶- در مساله قبل میزان انرژی جنبشی که در این انفجار بدست آمده یا از دست می رود، چقدر است؟

$$96\text{J} \quad (۴) \qquad 48\text{J} \quad (۳) \qquad 104\text{J} \quad (۲) \qquad 52\text{J} \quad (۱)$$

۲۱۷- یک خازن ساده از قرار گرفتن دو کره به شعاع  $a$  و به فاصله  $d$  از یکدیگر تشکیل شده است. با توجه به اینکه  $\mathbf{d} \gg a$  است، توزیع بار روی هر یک از کره ها را می توان یکنواخت فرض کرد. اختلاف پتانسیل  $\phi$  بین این کره ها چقدر است؟ بار روی هر کره را  $Q$  در نظر بگیرید.

$$\frac{2Q}{a} \quad (۱) \quad \frac{Q}{a} \quad (۲) \quad \frac{2a}{Q} \quad (۳) \quad \frac{a}{Q} \quad (۴)$$

۲۱۸- توزیع بار کروی  $\rho$  که  $\rho = \frac{dq}{dv}$  و  $dv = r \sin \theta dr d\theta d\phi$  است از  $r=0$  تا  $r=a$  به صورت زیر است. بار کلی  $Q$  در این سیستم چقدر است؟

$$\rho = \begin{cases} \rho_0(1 - \frac{r^2}{a^2}) & ; r \leq a \\ 0 & ; r > a \end{cases}$$

$$\frac{2\pi\rho_0 a^3}{9} \quad (۱) \quad \frac{8\pi\rho_0 a^3}{15} \quad (۲) \quad \pi\rho_0 a^2 \quad (۳) \quad 2\pi\rho_0 a^3 \quad (۴)$$

۲۱۹- در مساله قبل، میدان الکتریکی  $\mathbf{E}$  و پتانسیل  $\phi$  در داخل توزیع بار ( $r \leq a$ ) برابر است با:

$$\phi(r) = \pi\rho_0 r^2 \left( \frac{r^2}{5a^2} - \frac{2}{3} \right), E(r) = \frac{4}{3} \pi\rho_0 r a^2 \quad (۱)$$

$$\phi(r) = \pi\rho_0 r^2 \left( \frac{r^2}{a^2} - \frac{2}{3} \right), E(r) = \frac{4\pi\rho_0 r}{3} \left( 1 - \frac{3r^2}{5a^2} \right) \quad (۲)$$

$$\phi(r) = \pi\rho_0 a^2 + \pi\rho_0 r^2 \left( \frac{r^2}{5a^2} - \frac{2}{3} \right), E(r) = \frac{4}{3} \pi\rho_0 r a^2 \quad (۳)$$

$$\phi(r) = \pi\rho_0 a^2 + \pi\rho_0 r^2 \left( \frac{r^2}{5a^2} - \frac{2}{3} \right), E(r) = \frac{4\pi\rho_0 r}{3} \left( 1 - \frac{3r^2}{5a^2} \right) \quad (۴)$$

۲۲۰- دو مقاومت و یک سلف مطابق شکل زیر به منبع جریان ثابتی وصل شده اند. اگر منبع جریان ایده آل و جریان  $\mathbf{I}$  را تامین کند و سوئیچ  $\mathbf{S}$  در  $t=0$  بسته باشد (قبل از  $t=0$  جریانی عبور نکند)، آنگاه جریانهای  $\mathbf{I}_1$  و  $\mathbf{I}_2$  در  $t=0$  ( $\mathbf{I}_{1,0}$  و  $\mathbf{I}_{2,0}$ ) و نیز در  $t=\infty$  ( $\mathbf{I}_{1,\infty}$  و  $\mathbf{I}_{2,\infty}$ ) برابر خواهند بود با:

$$\mathbf{I}_{\infty 1} = \mathbf{I}_{\infty 2} = \frac{\mathbf{I}}{2}, \mathbf{I}_{02} = \mathbf{I}, \mathbf{I}_{01} = 0 \quad (۱)$$

$$\mathbf{I}_{\infty 2} = 0, \mathbf{I}_{\infty 1} = \mathbf{I}, \mathbf{I}_{02} = 0, \mathbf{I}_{01} = \mathbf{I} \quad (۲)$$

$$\mathbf{I}_{\infty 1} = \mathbf{I}_{\infty 2} = \frac{\mathbf{I}}{2}, \mathbf{I}_{02} = 0, \mathbf{I}_{01} = \mathbf{I} \quad (۳)$$

$$\mathbf{I}_{\infty 2} = 0, \mathbf{I}_{\infty 1} = \mathbf{I}, \mathbf{I}_{02} = \mathbf{I}, \mathbf{I}_{01} = 0 \quad (۴)$$

۲۲۱- یک کابل هم محور (Coaxial) از یک هادی درونی با شعاع  $\mathbf{R}_a$  و یک هادی نازک به شعاع  $\mathbf{R}_b$  تشکیل شده است. دو هادی جریان های مساوی و در خلاف جهت یکدیگر را حمل می کنند. البته برای هادی داخلی، این جریان در سطح مقطع آن به صورت یکنواخت توزیع نشده و چگالی جریان چنین است:  $\mathbf{J} = J_0 \exp\left(-\frac{p^2}{R_a^2}\right) \hat{\mathbf{K}}$  عبارت جریان  $\mathbf{I}$  بر حسب  $\mathbf{J}$ ،  $\mathbf{R}_a$  و مقادیر ثابت در کدام گزینه درست است؟

$$I = J_0 \pi R_a^2 \left(1 - \frac{1}{e}\right) \quad (۱)$$

$$I = \frac{J_0 \pi R_a^2}{e} \quad (۲)$$

$$I = J_0 \pi R_a^2 \quad (۳)$$

$$I = J_0 \pi e R_a^2 \quad (۴)$$

۲۲۲- مدار **RLC** شکل زیر را در نظر بگیرید. با فرض  $V(t) = V_0 \sin \omega t$ ، میزان ادمیتانس کلی ارائه شده به منبع ولتاژ سینوسی چقدر خواهد بود؟

$$Y_{total} = \frac{3}{2} j\omega C + R + j\omega L \quad (۱)$$

$$Y_{total} = \frac{2}{3} j\omega C + \frac{1}{R + j\omega L} \quad (۲)$$

$$Y_{total} = \frac{3}{2j\omega C} + R + j\omega L \quad (۳)$$

$$Y_{total} = \frac{2}{3j\omega C} + \frac{1}{R + j\omega L} \quad (۴)$$

۲۲۳- در مساله قبیل، کل جریانی که منبع را ترک می کند، دارای چه دامنه و فازی است؟  $\tilde{I}_0 = I_0 \sin(\omega t + \phi)$

$$\phi = \tan^{-1} \left[ \frac{2WC(R^2 + W^2L^2)}{3R} - \frac{WL}{R} \right], I_0 = \sqrt{\left(\frac{R}{R^2 + W^2L^2}\right)^2 + \left(\frac{2WC}{3} - \frac{WL}{R^2 + W^2L^2}\right)^2} \quad (۱)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left[ \frac{2WC(R^2 + W^2L^2)}{3R} \right], I_0 = \sqrt{\left(\frac{R^2}{R^2 + W^2L^2}\right)^2 + \left(\frac{2WC}{3}\right)^2} \quad (۲)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left[ \frac{2WC}{3R(R^2 + W^2L^2)} \right], I_0 = \sqrt{\left(\frac{R}{R^2 + W^2L^2}\right)^2 + \left(\frac{3}{2WC}\right)^2} \quad (۳)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left[ \frac{WL}{R} - \frac{2WC(R^2 + W^2L^2)}{3R^2} \right], I_0 = \sqrt{\left(\frac{R^2}{R^2 + W^2L^2}\right)^2 + \left(\frac{WL}{R^2 + W^2L^2} - \frac{2WC}{3}\right)^2} \quad (۴)$$

۲۲۴- در یک ناحیه استوانه ای از فضا با شعاع  $R$  و طول  $h$ ، میدان الکتریکی متغیر با زمان و غیر یکنواخت  $\vec{E}$  با رابطه  $\vec{E} = E_0(1 - \frac{r}{R}) \sin(\omega t) \hat{K}$  وجود دارد، که  $\hat{K}$  بردار واحد در طول محور استوانه،  $E_0$  ثابت مثبت و  $r$  فاصله شعاعی از محور ناحیه استوانه ای است. چگالی جریان جابجایی  $\vec{J}_d$  در ناحیه استوانه ای ( $r < R$ ) کدام است؟

$$\frac{E_0}{4\pi} (1 - \frac{r}{R}) \sin(\omega t) \hat{k} \quad (1)$$

$$\frac{E_0}{4\pi} \omega (1 - \frac{r}{R}) \cos(\omega t) \hat{k} \quad (2)$$

$$\frac{E_0}{4\pi} \omega (1 - \frac{r}{R}) \sin(\omega t) \hat{k} \quad (3)$$

$$-\frac{E_0 \omega r}{4\pi R} \cos(\omega t) \hat{k} \quad (4)$$

۲۲۵- یک موج الکترو مغناطیسی پلاریزه صفحه ای در خلاء و در راستای محور  $y$ - انتشار یافته است. بردار میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  به صورت سینوسی (یا کسینوسی) با دامنه  $B_0$  و در راستای محور  $z$  است. سرعت موج برابر  $C = \frac{W}{K}$  می باشد. در  $y=0$  و  $t=0$ ،  $B = B_0 \hat{z}$  است که  $\hat{z}$  بردار واحد در راستای محور  $z$  است. عبارت بردارهای  $\vec{E}$  و  $\vec{B}$  برابر است با:

$$\vec{B} = B_0 \cos(\omega t + K_x) \hat{y}, \vec{E} = B_0 \sin(\omega t + K_y) \hat{x} \quad (1)$$

$$\vec{B} = B_0 \cos(\omega t + K_y) \hat{z}, \vec{E} = B_0 \cos(\omega t + K_y) \hat{x} \quad (2)$$

$$\vec{B} = B_0 \sin(\omega t + K_y) \hat{y}, \vec{E} = B_0 \cos(\omega t + K_x) \hat{x} \quad (3)$$

$$\vec{B} = B_0 \cos(\omega t + K_z) \hat{y}, \vec{E} = B_0 \cos(\omega t + K_x) \hat{y} \quad (4)$$

۲۲۶- نوسانات فشار در یک لوله توخالی (پر از هوا) به طول  $L$  با معادله موج زیر مشخص می شود:

$$\frac{\partial^2 \rho}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \rho}{\partial t^2}$$

که در این رابطه،  $\rho$  بین فشار(بیش از یک اتمسفر فشار محیط) و  $z$  راستای محور در طول لوله است. لوله از

یک طرف بسته و از طرف دیگر باز است. مفهوم  $v$  و مقدار تقریبی آن چقدر است؟

$$v \text{ سرعت نور در خلاء و حدود } 3 \times 10^8 \text{ m/sec است} \quad (1)$$

$$v \text{ سرعت نور در هوا و کمتر از } 3 \times 10^8 \text{ m/sec است} \quad (2)$$

$$v \text{ سرعت صوت در هوا و حدود } 340 \text{ m/sec است} \quad (3)$$

$$v \text{ سرعت نور در هوا و بیش از } 3 \times 10^8 \text{ m/sec است} \quad (4)$$

۲۲۷- در مساله قبل، اگر  $L = 0.5 \text{ m}$  باشد، فرکانس تقریبی (بر حسب هرتز) و طول موج تقریبی (بر حسب متر) اولین هارمونیک (مولفه اصلی) برابر است با:

$$\lambda_1 = 1, f_1 = 340 \quad (2)$$

$$\lambda_1 = 2, f_1 = 170 \quad (1)$$

$$\lambda_1 = 1, f_1 = 7.5 \times 10^7 \text{ (۴)}$$

$$\lambda_1 = 2, f_1 = 1.5 \times 10^8 \text{ (۳)}$$

۲۲۸- دو مهره یکسان، هریک به جرم  $M$  در فواصل مساوی در طول یک رشته به طول  $3L$  تحت کشش یکنواخت  $\tau$  قرار دارند. با صرفنظر از جرم رشته و نیز هرگونه میرایی، یک انتهای رشته به دیوار صلبی متصل، اما انتهای دیگر آن تحت جابجایی  $h(t) = h_0 \cos(\omega t)$  قرار می گیرد. اگر میزان جابجایی هریک از دو مهره را نسبت به حالت اولیه  $y_2(t), y_1(t)$  بنامیم

(مطابق شکل)، معادلات حرکت هر جرم برابر خواهد بود با (با فرض  $w_0^2 = \frac{\tau}{ML}$ ):

$$2w_0^2 y_2 - w_0^2 y_1 = w_0^2 h(t), \quad 2w_0^2 y_1 - w_0^2 y_2 = 0 \quad (۱)$$

$$w_0^2 y_2 - y_1 = w_0^2 h(t), \quad 2w_0^2 y_1 - y_2 = 0 \quad (۲)$$

$$-2w_0^2 y_2 + w_0^2 y_1 = w_0^2 h(t), \quad -2w_0^2 y_1 + w_0^2 y_2 = 0 \quad (۳)$$

$$-2w_0^2 y_2 + y_1 = w_0^2 h(t), \quad -2w_0^2 y_1 + y_2 = 0 \quad (۴)$$

۲۲۹- در مساله قبل، فرکانس های زاویه ای مودهای عادی نوسان (Normal modes) برابرند با:

$$w_H = 2w_0, w_L = \frac{w_0}{2} \quad (۲)$$

$$w_H = \sqrt{2}w_0, w_L = w_0 \quad (۱)$$

$$w_H = \frac{3w_0}{2}, w_L = \frac{w_0}{2} \quad (۴)$$

$$w_H = \sqrt{3}w_0, w_L = w_0 \quad (۳)$$

۲۳۰- یک ذره باردار مثبت با بار  $q$  و جرم  $m$  و سرعت  $\vec{v} = v_0 \hat{x}$ ، در زمان  $t=0$  به ناحیه ای از صفحه  $x-y$  که در آن میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B} = B_0 \hat{z}$  وجود دارد، تزریق می شود. فرض کنید که  $v \ll c$  و مشاهده گر بقدر کافی دور است. عبارت شعاع  $R$  مربوط به مسیر دایره ای ذره، بر حسب  $v, q, m, B$  در کدام گزینه به درستی آورده شده است؟

$$R = \frac{qv_0}{mB_0} \quad (۴)$$

$$R = \frac{mB_0}{qv_0} \quad (۳)$$

$$R = \frac{mv_0}{qB_0} \quad (۲)$$

$$R = \frac{qB_0}{mv_0} \quad (۱)$$

۲۳۱- در مساله قبل، فرکانس زاویه ای تشعشع برابر است با:

$$w = \frac{q}{mB_0} \quad (۴)$$

$$w = \frac{mB_0}{q} \quad (۳)$$

$$w = \frac{m}{qB_0} \quad (۲)$$

$$w = \frac{qB_0}{m} \quad (۱)$$

۲۳۲- نوری با پلاریزاسیون دایروی و شدت  $I$  به منشور شیشه ای می تابد. منشور به صورت کامل از تمامی جهات با هوا احاطه شده است. صفحاتی که در شکل زیر با  $AC, BC, AB$  نشان داده شده اند، به صفحه کاغذ عمود هستند.  $\hat{A}BC = 90^\circ$  و دو زاویه دیگر هر کدام  $45^\circ$  هستند. ضریب انکسار شیشه برابر  $1.5$  و نور به صورت عمودی به صفحه  $AB$  می تابد. چه درصدی از شدت نور از سطح  $AB$  منعکس می شود؟

(۱) ۴

(۲) ۸

(۳) ۱۶

(۴) صفر

۲۳۳- یک شی با جرم  $m=100\text{g}$  بین دو نفر بدون جرم که هریک دارای ثابت فنر  $K=0.1\text{N/m}$  هستند، بسته شده است. شی می تواند روی سطح افقی بدون اصطکاک، آزادانه نوسان کند (مطابق شکل). در زمان  $t=0$ ، موقعیت آن در  $x=0$  (نقطه تعادل آن) و سرعتش  $0.2\text{m/sec}$  در جهت  $+x$  است. در زمان  $t$  نیز دارای موقعیت  $x(t) = A\sin(\omega t + \phi)$  است. فرکانس زاویه ای ( $\omega$ ) و  $\phi$  برابرند با:

$$\omega = 2\text{ rad/sec}, \phi = \pi/2 \quad (1)$$

$$\omega = \sqrt{2}\text{ rad/sec}, \phi = \pi \quad (2)$$

$$\omega = 3\text{ rad/sec}, \phi = \pi/2 \quad (3)$$

$$\omega = \sqrt{3}\text{ rad/sec}, \phi = \frac{3\pi}{2} \quad (4)$$

۲۳۴- یک جریان ثابت از یک مقاومت الکتریکی در جهت نشان داده شده در شکل عبور می کند. در رفتن از نقطه A به نقطه B،

$$\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad \text{را اندازه می گیریم. حاصل این انتگرال گیری چگونه است؟}$$

(۱) صفر (۲) یک مقدار منفی

(۳) یک مقدار ثابت (۴) اطلاعات برای ارائه پاسخ کافی نیست

۲۳۵- یک جریان ثابت از یک خازن الکتریکی در جهت نشان داده شده در شکل عبور می کند. در رفتن از نقطه A به نقطه B،

$$\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad \text{را اندازه می گیریم. حاصل این انتگرال گیری چگونه است؟}$$

(۱) صفر (۲) یک مقدار منفی

(۳) یک مقدار ثابت (۴) اطلاعات برای ارائه پاسخ کافی نیست

۲۳۶- یک جریان ثابت از یک سلف ایده آل (که سیم آن از ماده ابر هادی/Super - Conducting ساخته شده است) در جهت

نشان داده شده در شکل عبور می کند. با توجه به افزایشی بودن جریان، در رفتن از نقطه A به نقطه B،  $\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$  را اندازه می

گیریم. حاصل این انتگرال گیری چگونه است؟

(۱) صفر (۲) یک مقدار منفی

(۳) یک مقدار ثابت (۴) اطلاعات برای ارائه پاسخ کافی نیست

۲۳۷- طنابی به طول  $L$  از دو طرف ثابت شده است. میزان کشش  $T$  و یک جسم کوچک با جرم  $m$  به میانه طناب وصل شده است (مطابق شکل). جرم طناب نیز در مقایسه با  $m$  قابل صرف نظر کردن است. فرکانس زاویه ای ( $w$ ) به ازای نوسانات عمودی با دامنه بسیار کوچک (در راستای عمودی) برابر است با :

$$w = 2\sqrt{\frac{T}{ml}} \quad (۲) \quad w = \sqrt{\frac{T}{ml}} \quad (۱)$$

$$w = 2\sqrt{\frac{ml}{T}} \quad (۴) \quad w = \sqrt{\frac{ml}{T}} \quad (۳)$$

۲۳۸- یک جعبه چوبی که در تمامی وجه های خود مسدود است را در نظر بگیرید. ابعاد داخلی این جعبه  $10 \times 20 \times 50 \text{ cm}^3$  است. پایین ترین فرکانس تشدید صوت در جعبه، تقریباً چقدر است ؟

نکته : سرعت صوت را  $344 \text{ m/sec}$  در نظر بگیرید.

$$1720 \text{ m/sec} \quad (۴) \quad 688 \text{ m/sec} \quad (۳) \quad 344 \text{ m/sec} \quad (۲) \quad 172 \text{ m/sec} \quad (۱)$$

۲۳۹- فرض کنید که از شما خواسته اند که یک دوربین عکاسی طراحی کنید. جعبه ای که در اختیار شما قرار گرفته، ابعاد  $70 \text{ cm}$  را در هر وجه دارد. شما نیز یک سوراخ دایره ای ریز در یک طرف ایجاد کرده و از دیواره درونی مقابل نیز به عنوان پرده (محل قرار گرفتن فیلم عکاسی) استفاده می کنید. قابلیت تفکیک / وضوح (**Resolution**) دوربین باید بهینه شود. بر این اساس قطر تقریبی سوراخ که بهترین وضوح را در طول موج  $500 \text{ nm}$  نتیجه می دهد را تعیین کنید .

$$0.5 \text{ mm} \quad (۱) \quad 2.4 \text{ mm} \quad (۲) \quad 0.65 \text{ mm} \quad (۳) \quad 0.01 \text{ mm} \quad (۴)$$

#### «الکترومغناطیس»

۲۴۰- یک کره هادی از طریق یک سیم نازک مستقیم که جریان  $I$  را حمل می کند، شارژ می شود. بدین ترتیب بار روی کره بر اساس معادله  $\oint \mathbf{E} = I$  تغییرات زمانی خواهد داشت. با فرض توزیع متقارن بار روی سطح کره، میدان الکتریکی بیرون کره ( $\mathbf{E}$ ) و جریان جابجایی ( $j_d$ ) را تعیین کنید.

$$j_d = \frac{\rho}{4\pi r^2} \hat{r}, \quad \mathbf{E} = \frac{q}{4\pi r} \hat{r} \quad (۱)$$

$$j_d = \frac{\rho}{r^2} \hat{r}, \quad \mathbf{E} = \frac{q}{4\pi r^2} \hat{r} \quad (۲)$$

$$j_d = \frac{\rho}{4\pi r^2} \hat{r}, \quad \mathbf{E} = \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad (۳)$$

$$j_d = \frac{\rho}{4\pi r} \hat{r}, \quad \mathbf{E} = \frac{q}{4\pi r^2} \hat{r} \quad (۴)$$

۲۴۱- خط انتقال با ساختار زیر که از دو بخش هم محور به شعاع های  $a$  و  $b$  تشکیل شده است را در نظر بگیرید ( $a < b$ ) بخش بیرونی جریان  $I$  را حمل می کند که در طول بخش درونی بازمی گردد و بار در واحد طول آنها نیز به ترتیب  $\lambda, \lambda -$  است. عبارات میدان الکتریکی و مغناطیس برابر است با :

$$\vec{E} = \begin{cases} -\frac{2\lambda}{\rho}\hat{\rho} & ; a < \rho < b \\ 0 & ; \rho < a, \rho > b \end{cases}, \vec{B} = \begin{cases} -\frac{2I}{\rho c}\hat{\phi} & ; a < \rho < b \\ 0 & ; \rho < a, \rho > b \end{cases} \quad (۱)$$

$$\vec{E} = \begin{cases} -\frac{2I}{\rho}\hat{\rho} & ; a < \rho < b \\ 0 & ; \rho < a, \rho > b \end{cases}, \vec{B} = \begin{cases} -\frac{2\lambda}{\rho c}\hat{\phi} & ; a < \rho < b \\ 0 & ; \rho < a, \rho > b \end{cases} \quad (۲)$$

$$\vec{E} = \begin{cases} -\frac{2\lambda c}{\rho}\hat{\rho} & ; a < \rho < b \\ 0 & ; \rho < a, \rho > b \end{cases}, \vec{B} = \begin{cases} -\frac{2I}{\rho}\hat{\phi} & ; a < \rho < b \\ 0 & ; \rho < a, \rho > b \end{cases} \quad (۳)$$

$$\vec{E} = \begin{cases} -2\lambda c \rho \hat{\rho} & ; a < \rho < b \\ 0 & ; \rho < a, \rho > b \end{cases}, \vec{B} = \begin{cases} -2I \rho \hat{\phi} & ; a < \rho < b \\ 0 & ; \rho < a, \rho > b \end{cases} \quad (۴)$$

۲۴۲- یک حلقه سیمی با شکل دلخواه و حامل جریان  $I$  را در میدان مغناطیسی بیرونی یکنواخت  $B$  در نظر بگیرید. عبارت این میدان مغناطیسی در خواص بسیار بزرگتر از ابعاد حلقه (با بکارگیری فرمول دوقطبی مغناطیسی) برابر است با:

$$B(r) = \frac{3\hat{r}(\hat{r}.m) - m}{|r|^3} \quad (۲) \quad B(r) = \frac{\hat{r}(\hat{r}.m) - m}{|r|^2} \quad (۱)$$

$$B(r) = \frac{3\hat{r}(\hat{r}.m) + m}{|r|^2} \quad (۴) \quad B(r) = \frac{3\hat{r}(\hat{r}.m)}{|r|^3} \quad (۳)$$

۲۴۳- در مساله قبل، انرژی پتانسیل تراکنش (Interaction) بین دو قطب مغناطیسی  $m_1$  و  $m_2$  که به ترتیب در  $\Gamma_1$  و  $\Gamma_2$  قرار گرفته اند، برابر است با :

$$U_{12} = \frac{(m_1 \cdot \hat{r}_{12})(m_2 \cdot \hat{r}_{12}) - m_1 \cdot m_2}{r_{12}^2} \quad (۲) \quad U_{12} = \frac{m_1 \cdot m_2 - 3(m_1 \cdot \hat{r}_{12})(m_2 \cdot \hat{r}_{12})}{r_{12}^3} \quad (۱)$$

$$U_{12} = \frac{3(m_1 \cdot \hat{r}_{12})(m_2 \cdot \hat{r}_{12}) - m_1 \cdot m_2}{r_{12}^3} \quad (۴) \quad U_{12} = \frac{3(m_1 \cdot \hat{r}_{12})(m_2 \cdot \hat{r}_{12}) + m_1 \cdot m_2}{r_{12}^2} \quad (۳)$$

۲۴۴- یک پوسته کروی به شعاع  $a$ ، بار  $q$  را که به صورت یکنواخت روی سطح صفحه توزیع شده است، حمل می کند. کره حول محور  $Z$  با سرعت زاویه ای  $w$  می چرخد. گشتاور مغناطیسی ( $\vec{m}$ ) کره برابر است با :

$$\vec{m} = \frac{waq^2}{3c} \hat{z} \quad (۲) \quad \vec{m} = \frac{waq}{c} \hat{z} \quad (۱)$$

$$\vec{m} = \frac{wa^2q^2}{c} \hat{z} \quad (۴) \quad \vec{m} = \frac{wa^2q}{3c} \hat{z} \quad (۳)$$

۲۴۵- معادلات ماکسول برای  $\mathbf{H}, \mathbf{B}, \mathbf{D}, \mathbf{E}$  را در نظر بگیرید:

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{1}{C} \frac{\partial}{\partial t} \mathbf{D} + \frac{4\pi}{C} \mathbf{j} \quad , \quad \nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$-\nabla \times \mathbf{E} = \frac{1}{C} \frac{\partial}{\partial t} \mathbf{B} \quad , \quad \nabla \cdot \mathbf{D} = 4\pi\rho$$

یک واسط بین دو ماده با پرمابلیته های مغناطیسی  $\mu_1, \mu_2$  را فرض کرده و اگر زاویه بین میدان  $\mathbf{H}_1$  و خط عمود بر واسط  $\theta_1$  باشد، آنگاه  $\theta_2$  در ماده دیگر از کدام رابطه تعیین می شود؟

$$\tan \theta_2 = \frac{\mu_1}{\mu_2} \tan \theta_1 \quad (۲) \quad \tan \theta_2 = \frac{\mu_2}{\mu_1} \tan \theta_1 \quad (۱)$$

$$\cos \theta_2 = \frac{\mu_2}{\mu_1} \cos \theta_1 \quad (۴) \quad \cos \theta_2 = \frac{\mu_1}{\mu_2} \cos \theta_1 \quad (۳)$$

۲۴۶- میدان های الکتریکی و مغناطیسی در  $t=0$  چنین هستند :

$$\mathbf{E} = E_0 f(z) \hat{x} \quad , \quad \mathbf{B} = B_0 f(z) \hat{y} \quad ; \quad f(z) = \exp(-az^2)$$

در  $t > 0$  دو بسته موج (Wave Packet) در جهات  $\hat{z}, -\hat{z}$  حرکت می کنند. در چه نسبتی از  $\alpha = \frac{E_0}{B_0}$  تنها یک بسته موج وجود خواهد داشت؟

$$\alpha = -0.5 \quad (۴) \quad \alpha = \pm 2 \quad (۳) \quad \alpha = \pm 1 \quad (۲) \quad \alpha = 0.5 \quad (۱)$$

۲۴۷- یک موج تک رنگ به یک سطح صاف از ماده ای با ثابت دی الکتریک  $\epsilon$  و با زاویه  $\theta$  (نسبت به خط عمود بر سطح) می تابد. با فرض پلاریزاسیون خطی برای امواج (با پلاریزاسیون عمود بر صفحه تابش)، دامنه موج انعکاس یافته با توجه به شکل زیر برابر خواهد بود با :

$$E_r = \frac{n \cos \theta' - \cos \theta}{n \cos \theta' + \cos \theta} E_0 \quad (۱)$$

$$E_r = \frac{n \sin \theta' - \sin \theta}{n \sin \theta' + \sin \theta} E_0 \quad (۲)$$

$$E_r = \frac{\cos \theta - n \cos \theta'}{\cos \theta + n \cos \theta'} E_0 \quad (۳)$$

$$E_r = \frac{\sin \theta - n \sin \theta'}{\sin \theta + n \sin \theta'} E_0 \quad (۴)$$

۲۴۸- یک موج پلاریزه شده خطی با فرکانس  $w$  به صورت عمودی بر یک فلز با هدایت اهمی  $\sigma$  می تابد. عدد موج (Wave Number) موج الکترومغناطیسی درون فلز چگونه بدست می آید و دامنه موج چه تغییراتی بر حسب فاصله از سطح دارد؟

$$K = \sqrt{\epsilon} \frac{w}{c} \quad (۱) \quad \text{و دامنه به صورت نمایی بر حسب فاصله کاهش می یابد}$$

$$K = \sqrt{\epsilon} \frac{w}{c} \quad (۲) \quad \text{و دامنه به صورت خطی بر حسب فاصله کاهش می یابد}$$

$$K = \epsilon \sqrt{\frac{w}{c}} \quad (۳) \quad \text{و دامنه به صورت نمایی بر حسب فاصله کاهش می یابد}$$

$$K = \epsilon \sqrt{\frac{w}{c}} \quad (۴) \quad \text{و دامنه به صورت خطی بر حسب فاصله کاهش می یابد}$$

۲۴۹- یک خازن یا صفحات مربعی موازی به ابعاد  $L \times L$  و فاصله  $d$  بین دو صفحه را که به یک باتری با ولتاژ ثابت  $V$  متصل است، در نظر بگیرید. یک تیغه دی الکتریک با پهنای  $d'$  (که کمی از  $d$  کوچک تر است)، می تواند آزادانه در خازن حرکت کند. با صرف نظر از اختلاف بین  $d$  و  $d'$ ، میدان روی تیغه را وقتی که نصف مسیر را در خازن طی کرده باشد، بدست آورید.

$$F = \frac{\epsilon v^2 L}{8\pi d} \quad (۱) \quad F = \frac{\epsilon v^2 l}{4\pi d} \quad (۲) \quad F = \frac{\epsilon - 1}{8\pi} \left(\frac{v^2 L}{d}\right) \quad (۳) \quad F = \frac{\epsilon - 1}{4\pi} \left(\frac{vL}{d}\right) \quad (۴)$$

۲۵۰- یک موج صفحه ای تک رنگ با پلاریزاسیون خطی و دامنه  $E$ ، و فرکانس  $w$  به یک آینه نیمه شفاف آرمانی می تابد. ضریب انعکاس آینه  $R = |E_r / E_0|^2$  است و ضریب انتقالی آن  $T = |E_t / E_0|^2$  . میانگین نیرو (میانگین گیری در حوزه زمان) به آینه چقدر است؟

$$\frac{E_0^2}{4\pi} \quad (۱) \quad \frac{E_r^2}{2\pi} \quad (۲) \quad \frac{R}{4\pi} E_0^2 \quad (۳) \quad \frac{R}{2\pi} E_r^2 \quad (۴)$$

۲۵۱- جریان جابجایی  $j_d = \frac{1}{4\pi} \frac{\delta E}{\delta t}$  یک میدان الکترو مغناطیسی را در نظر بگیرید. مجموع جریان الکتریکی ( $j$ ) و  $j_d$  را  $J$  بنامید  $(J = j + j_d)$ . میزان عبارت  $\nabla \cdot J$  در کدام گزینه به درستی آورده شده است ؟

(۱) صفر  
(۲) ۱  
(۳) -۱  
(۴) با اطلاعات ارائه شده قابل محاسبه نیست

۲۵۲- با استفاده از Stress tensor میدان الکتریکی:  $T_{ij} = \frac{1}{4\pi} (E_i E_j - \frac{1}{2} \delta_{ij} E^2)$  می توان نیرو ها را در الکترواستاتیک تعیین کرد. این روش برای مسائلی که ساختار مهندسی پیچیده داشته و یا چگالی بار پراکنده دارند، مناسب است. بر این اساس فشار میدان الکتریکی روی سطح یک هادی باردار برابر است با :

$$E^2 \quad (۱) \quad \frac{E}{8\pi} \quad (۲) \quad \frac{E^2}{8\pi} \quad (۳) \quad \frac{E}{4\pi} \quad (۴)$$

#### «ترمودینامیک»

۲۵۳- عبارت کلی قانون اول Fick و معرفی جملات معادله مذکور در کدام گزینه به درستی آورده شده است ؟

$$\begin{aligned} (۱) \quad \vec{J} &= -D \nabla C \quad \text{که بردار شار، } D \text{ تینسور پخش شدگی و } \nabla C \text{ گرادیان تمرکز است.} \\ (۲) \quad \vec{J} &= D \Delta C \quad \text{که بردار شار، } D \text{ تینسور پخش شدگی و } \Delta C \text{ تمرکز جزئی است.} \\ (۳) \quad \vec{J} &= \frac{D}{\Delta C} \quad \text{که بردار شار، } D \text{ تینسور پخش شدگی و } \Delta C \text{ تمرکز جزئی است.} \\ (۴) \quad \vec{J} &= D \nabla C \quad \text{که بردار شار، } D \text{ تینسور پخش شدگی و } \nabla C \text{ گرادیان تمرکز است.} \end{aligned}$$

۲۵۴ - پاسخ معادله دیفیوژن برای یک منبع نقطه ای به شدت  $M$  (در واحد طول) که در مبدا  $x=0$  واقع شده (در یک سیستم یک

بعدی) از  $x=-\infty$  تا  $x=\infty$  چنین است:  $C(x,t) = \frac{M}{\sqrt{4\pi Dt}} \exp(-\frac{x^2}{4Dt})$  بر این اساس، معادله دیفیوژن از یک منبع

نقطه ای که در موقعیت  $x=\Delta$  از یک سیستم یک - بعدی نیمه بی نهایت (از  $x=0$  تا  $x=\infty$ ) قرار گرفته، برابر است با:

$$C(x,t) = \frac{M}{\sqrt{4\pi Dt}} \exp(-\frac{\Delta^2}{4Dt}) \quad (۱)$$

$$C(x,t) = \frac{M}{\sqrt{4\pi Dt}} \exp\left[-\frac{(x-\Delta)^2}{4Dt}\right] \quad (۲)$$

$$C(x,t) = \frac{M}{\sqrt{4\pi Dt}} \exp\left[-\frac{(x+\Delta)^2}{4Dt}\right] \quad (۳)$$

$$C(x,t) = \frac{M}{\sqrt{4\pi Dt}} \left[ \exp(-\frac{(x-\Delta)^2}{4Dt}) + \exp(-\frac{(x+\Delta)^2}{4Dt}) \right] \quad (۴)$$

۲۵۵ - در مساله قبل، میزان شار در تمامی زمان ها در  $x=0$  چقدر است؟

(۱) صفر (۲)  $\frac{M}{\sqrt{4\pi Dt}}$  (۳) مقدار ثابت غیر صفر (۴)  $\frac{M}{\sqrt{4\pi D}}$

۲۵۶ - معادله حالت یک گاز Van der Waals با رابطه ای بین متغیرهای ترمودینامیکی که به پارامترهای مدل (B.A) و ثابت

فیزیکی (R) بستگی دارند، بیان می شود:  $(P + \frac{AN^2}{V^2})(V - NB) = NRT$  که  $\frac{AN^2}{V^2}$  فشار درونی ناشی از جاذبه بین مولکولی و NB حجم اضافی (که با حجم به ازای هر مولکول متناظر است) می باشند.

رابطه دیفرانسیل برای dN بر حسب دیفرانسیل های متغیرهای ترمودینامیکی در کدام گزینه به درستی آورده شده است؟

$$dN = \left(\frac{\partial N}{\partial p}\right)_{T,V} dp \quad (۱)$$

$$dN = \left(\frac{\partial N}{\partial V}\right)_{T,P} dV + \left(\frac{\partial N}{\partial T}\right)_{P,V} dT \quad (۲)$$

$$dN = \left(\frac{\partial N}{\partial P}\right)_{T,V} dP + \left(\frac{\partial N}{\partial T}\right)_{P,V} dT \quad (۳)$$

$$dN = \left(\frac{\partial N}{\partial P}\right)_{T,V} dP + \left(\frac{\partial N}{\partial V}\right)_{T,P} dV + \left(\frac{\partial N}{\partial T}\right)_{N,V} dT \quad (۴)$$

۲۵۷ - اتاق محصور از لحاظ آدیاباتیکی را با حجم  $4 \times 6 \times 3 m^3$  که محتوی گاز diatomic ایده آل ( $\bar{c}_p = \frac{7}{2}R$ ) و فشار

۱ atm است، در نظر بگیرید. حداقل مقدار کاری که باید به اتاق منتقل شود تا دما را از  $10^0 C$  به  $25^0 C$  برساند، چقدر است؟

(۱) ۴۸۰ KJ (۲) ۹۶۰ KJ (۳) ۱۹۲۰ KJ (۴) ۳۸۴۰ KJ

۲۵۸ - چهار متغیر حالت برای یک گاز خالص دلخواه وجود دارد: کل مولهای مولکول گاز، فشار، حجم و درجه حرارت، مقدار

متغیرهای حالت مستقل موجود برای یک مول از گاز ایده آل چند تا است؟

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

۲۵۹ - در مساله قبل با بکارگیری ترکیب های متغیرهای مستقل، عبارات انرژی درونی مولی گاز ایده آل کدام است ؟

$$\overline{U}(p, \bar{v}) = \frac{\overline{C}_v}{R} (\bar{v}p - \bar{v}_0 p_0) \quad , \quad \overline{U}(T) = C_v (T - T_0) \quad (۱)$$

$$\overline{U}(p, \bar{v}) = \overline{C}_v (v p) \quad , \quad \overline{U}(T) = U(T, \bar{V}) \quad (۲)$$

$$\overline{U}(p, \bar{v}) = \frac{c_v}{R} (\bar{v}_0 p_0) \quad , \quad \overline{U}(T) = U(T, \bar{P}) \quad (۳)$$

$$\overline{U}(p, \bar{v}) = \frac{\overline{C}_v}{R} (\bar{v}p + \bar{v}_0 p_0) \quad , \quad \overline{U}(T) = C_v (T + T_0) \quad (۴)$$

۲۶۰ - یک سیستم ایزوله شامل یک کیلوگرم سرب و یک کیلوگرم آب را به صورت زیر در نظر بگیرید. ظرفیت گرمایی یک کیلوگرم سرب را با  $C_{pb}$  و ظرفیت گرمایی یک کیلوگرم آب را با  $C_{H_2O}$  نشان داده و از تمام ظرفیت های گرمایی دیگر در سیستم ایزوله صرفنظر می شود.  $C_{pb}$  و  $C_{H_2O}$  را می توان مستقل از هر محدودیتی (مانند فشار ثابت یا حجم ثابت) و نیز مستقل از دما دانست. عبارت دمای نهایی ( $T_{final}$ ) در شرایط شکل سمت راست برابر است با :

$$20 + |mgh| \quad (۱)$$

$$20 - \frac{|mgh|}{C_{pb} + C_{H_2O}} \quad (۲)$$

$$20 + \frac{|mgh|}{C_{pb} + C_{H_2O}} \quad (۳)$$

$$20 + \frac{|mgh|}{C_{pb} - C_{H_2O}} \quad (۴)$$

۲۶۱ - در مساله قبل، اگر بلوک سربی به سمت چپ (داخل آب) بیافتد، دما بیشتر و یا کمتر خواهد شد ؟

(۱) دما کمتر می شود

(۲) دما بیشتر می شود

(۳) دما تغییری نمی کند

(۴) بستگی به مقادیر ظرفیت گرمایی دارد

### «مکانیک آماری»

۲۶۲ - پیکربندی های پلیمری توسط مجموعه ای از بردارهای  $\{t_i\}$  به طول  $a$  در دو بعد ( $i=1, \dots, N$ ) و زوایای  $\{\phi_i\}$  بین بردارهای

متوالی مشخص می شود: احتمال یافتن یک پلیمر با یک پیکربندی مشخص به صورت زیر خواهد بود:

$$p(\{t_i\}) \propto \exp(-H / K_B T) \quad \text{که } T \text{ درجه حرارت و } H \text{ انرژی پیکربندی است (بر اساس رابطه زیر):}$$

$$H = -K \sum_{i=1}^{N-1} t_i \cdot t_{i+1} = -K a^2 \sum_{i=1}^{N-1} t \cos \phi_i \quad (\text{k به استحکام خمش پلیمر بستگی دارد}).$$

عبارت  $\langle t_m \cdot t_n \rangle$  متناسب با کدام جمله از گزینه های زیر است ؟

$$\langle t_m \cdot t_n \rangle \propto \exp(-\ln + m \frac{1}{b}) \quad (۲)$$

$$\langle t_m \cdot t_n \rangle \propto \exp(\ln - m \frac{1}{b}) \quad (۱)$$

$$\langle t_m t_n \rangle = \alpha \exp\left(\frac{-n^2 m^2}{b}\right) \quad (۴) \qquad \langle t_m t_n \rangle = \alpha \exp(-ln - m/b) \quad (۳)$$

۲۶۳ - در مساله قبل فاصله انتها به انتها برابر  $\mathbf{R}$  در شکل مشخص شده است. عبارت  $\langle \mathbf{R}^2 \rangle$  در حالتی سری که  $\langle \mathbf{N} \rangle = 1$  است، متناسب با کدام جمله از گزینه های زیر است ؟

$$\begin{aligned} \langle R^2 \rangle &= \alpha N^2 \cot\left(\frac{1}{2b}\right) \quad (۲) & \langle R^2 \rangle &= \alpha N \cot\left(\frac{1}{b}\right) \quad (۱) \\ \langle R^2 \rangle &= \alpha N^2 \coth\left(\frac{1}{b}\right) \quad (۴) & \langle R^2 \rangle &= \alpha N \coth\left(\frac{1}{2b}\right) \quad (۳) \end{aligned}$$

۲۶۴ - معادلات هیدرودینامیک حاصل از حفظ شماره ذره، گشتاور و انرژی در تصادم ها (در یک جعبه یکنواخت) چنین است :

$$\left\{ \begin{aligned} \partial_t n + \partial_\alpha (n u_\alpha) &= 0 \\ \partial_t u_\alpha + u_\beta \partial_\beta u_\alpha &= -\frac{1}{mn} \partial_\beta P_{\alpha\beta} \\ \partial_t \mathcal{E} + u_\alpha \partial_\alpha \mathcal{E} &= -\frac{1}{n} \partial_\alpha h_\alpha - \frac{1}{n} P_{\alpha\beta} u_{\alpha\beta} \end{aligned} \right.$$

که در آن  $\mathbf{n}$  چگالی محلی،  $\mathbf{u} = \langle \mathbf{p} / m \rangle$  و  $u_{\alpha\beta} = (\partial_\alpha u_\beta + \partial_\beta u_\alpha) / 2$  و  $\mathcal{E} = \langle mc^2 / 2 \rangle$  است

$$f_1^0(\mathbf{p}, \mathbf{q}, t) = \frac{n(\mathbf{q}, t)}{(2\pi m k_B T(\mathbf{q}, t))^{3/2}} \exp\left[-\frac{(\mathbf{p} - m\mathbf{u}(\mathbf{q}, t))^2}{2m k_B T(\mathbf{q}, t)}\right] \quad \text{برای چگالی مرتبه صفر}$$

تنسور فشار  $P_{\alpha\beta}^0 = mn \langle c_\alpha c_\beta \rangle$  برابر است با :

$$\begin{aligned} \frac{K_B T}{m} \delta_{\alpha\beta} \quad (۲) & \qquad n K_B T \delta_{\alpha\beta} \quad (۱) \\ \frac{m}{K_B T} \delta_{\alpha\beta} \quad (۴) & \qquad \frac{n K_B}{T} \delta_{\alpha\beta} \quad (۳) \end{aligned}$$

۲۶۵ - گازی متشکل از  $\mathbf{N}$  ذره کلاسیک به جرم  $\mathbf{m}$  را در تعادل با دمای  $\mathbf{T}$ ، در ظرفی به حجم  $\mathbf{V}$  در نظر بگیرید. تابع مشخصه مشترک (Joint Characteristic Function)،  $\langle \exp(-jk \cdot \mathbf{p}) \rangle$  را برای گشتاور بدست آورید.

راهنمایی :  $\langle x^n \rangle = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-jk)^n}{n!} \langle e^{-jkx} \rangle$ ،  $k_B$  ثابت بولتزمن است.

$$\begin{aligned} \exp\left(\frac{m k_B T}{2} k^2\right) \quad (۲) & \qquad \exp\left(-\frac{m T}{2 k_B} k^2\right) \quad (۱) \\ \exp\left(-\frac{m T}{2 k_B} k\right) \quad (۴) & \qquad \exp\left(-\frac{m k_B T}{2} k^2\right) \quad (۳) \end{aligned}$$

۲۶۶ - در این مساله با استفاده از نظریه جنبشی، تعادل بین اتمها و تشعشع مورد بررسی قرار می گیرد. فرض کنید که اتم ها یا در حالت زمین خود ( $a_0$ ) هستند یا در حالت تحریک شده ( $a_1$ ) که دارای انرژی بالاتر  $E$  است. با در نظر گرفتن اتم ها به صورت مجموعه ای از  $N$  سیستم دو حالتی ثابت با انرژی  $E$  (با صرف نظر از مختصات و گشتاور آنها) نسبت چگالی اتم ها در دو

حالت ( $\frac{n_1}{n_0}$ ) را به صورت تابعی از دمای  $T$  چگونه می توان نوشت ؟

راهنمایی : ثابت بولتزمن در گزینه ها با  $K_B$  نشان داده شده است .

$$\frac{n_1}{n_0} = \exp\left(-\frac{E}{K_B T}\right) \quad (۲) \qquad \frac{n_1}{n_0} = \exp(-EK_B T) \quad (۱)$$

$$\frac{n_1}{n_0} = \exp\left(-\frac{1}{EK_B T}\right) \quad (۴) \qquad \frac{n_1}{n_0} = \exp\left(-\frac{K_B T}{E}\right) \quad (۳)$$

۲۶۷ - در مساله قبل، فوتون های  $\gamma$  با فرکانس  $W=E/h$  و گشتاور  $|\vec{p}| = hw/c$  (که  $2\pi\hbar$  ثابت پلانک است) می توانند با اتم

ها در جریان فرآیندهای زیر میان کنش (**Interaction**) داشته باشند :

- انتشار خود بخودی :  $a_1 \rightarrow a_0 + \gamma$

- جذب :  $a_0 + \gamma \rightarrow a_1$

- انتشار تحریک شده :  $a_1 + \gamma \rightarrow a_1 + \gamma + \gamma$

فرض کنید که انتشار خودبخودی با احتمال  $\sigma_{sp}$  و جذب و انتشار تحریک شده به ترتیب دارای مقادیر ثابت  $\frac{\sigma_{st}}{4\pi}$  و  $\frac{\sigma_{ab}}{4\pi}$  مربوط باشند. معادله بولتزمن حاکم بر چگالی  $f$  گاز فوتون (با در نظر گرفتن اتم ها به عنوان پراکنده کننده های ثابت با چگالی های  $n$  و  $n_1$  کدام است ؟

$$\frac{\partial f}{\partial t} = -\sigma_{ab} n_0 c f + \sigma_{st} n_1 c f + \sigma_{sp} n_1 c f \quad (۱)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \vec{p} \cdot \frac{\partial f}{\partial \vec{q}} = -\sigma_{ab} n_0 c f + \sigma_{st} n_1 c f + \sigma_{sp} n_1 c f \quad (۲)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \vec{p} \cdot \frac{\partial f}{\partial \vec{q}} = -\sigma_{ab} n_0 c f + \sigma_{st} n_1 c f + \sigma_{sp} n_1 c f \quad (۳)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} = -\sigma_{ab} n_0 c f + \sigma_{st} n_1 c f + \sigma_{sp} n_1 c f \quad (۴)$$

۲۶۸ - بسیاری از فلزات در دمای کم  $T$  و میدان مغناطیسی  $B$ ، به صورت ابرهادی (**superconductor**) درمی آیند. ظرفیت

های گرمایی دو مرحله در میدان مغناطیسی صفر توسط روابط زیر مشخص می شود :

$$C_s(T) = V\alpha T^3 \quad :$$

$$C_n(T) = V[\beta T^3 + \gamma T] \quad :$$

که  $V$  مبین حجم و  $\{\alpha, \beta, \gamma\}$  مقادیر ثابت هستند. البته تغییر قابل توجهی در این گذار، در حجم ایجاد نشده و میتوان از کار مکانیکی در این مساله صرفنظر کرد.

با بکارگیری قانون سوم ترمودینامیک، آنتروپی های  $S_n(T)$  و  $S_s(T)$  در مرحله مذکور (ابر هادی و عادی) را در میدان صفر تعیین کنید .

$$S_n(T) = V \left[ \frac{\beta T^3}{3} + \gamma T \right] , \quad S_s(T) = V \frac{\alpha T^3}{3} \quad (۱)$$

$$S_n(T) = 3V [\beta T^3 + 3\gamma T] , \quad S_s(T) = 3V \alpha T^3 \quad (۲)$$

$$S_n(T) = V \left[ \frac{\beta T^2}{2} + \gamma T \right] , \quad S_s(T) = V \frac{\alpha T^2}{2} \quad (۳)$$

$$S_n(T) = 2V [\beta T^2 + 2\gamma T] , \quad S_s(T) = 2V \alpha T^2 \quad (۴)$$

۲۶۹- در مساله قبل، تجربیات نشان می دهد که هیچ گرمای نهانی برای گذار بین مرحله های عادی و ابرهادی در میدان صفر وجود ندارد. با استفاده از این اطلاعات، دمای گذار  $T_c$ ، به صورت تابعی از  $\alpha, \beta, \gamma$  برابر است با:

$$T_c = \frac{3\gamma}{\alpha - \beta} \quad (۲) \qquad T_c = \frac{\alpha - \beta}{3\gamma} \quad (۱)$$

$$T_c = \sqrt{\frac{3\gamma}{\alpha - \beta}} \quad (۴) \qquad T_c = \sqrt{\frac{\alpha - \beta}{3\gamma}} \quad (۳)$$

۲۷۰- ذرات نوع **A** یا **B** به صورت مستقل با احتمالات  $P_A$  و  $P_B$  انتخاب می شوند. احتمال  $P(N_A, N)$  که مبین اینکه  $N_A$  ذره از  $N$  ذره از نوع **A** باشند، برابر است با:

$$P(N_A, N) = \frac{N_A!(N - N_A)!}{N!} P_A^{N_A} P_B^{N - N_A} \quad (۱)$$

$$P(N_A, N) = \frac{N_A!(N - N_A)!}{N!} P_A^{N_A} P_B^{N - N_B} \quad (۲)$$

$$P(N_A, N) = \frac{N!}{N_A!(N - N_A)!} P_A^{N_A} P_B^{N - N_B} \quad (۳)$$

$$P(N_A, N) = \frac{N!}{N_A!(N - N_A)!} P_A^{N_B} P_B^{N - N_A} \quad (۴)$$