www.isijournal.net

273

F

273F

نام:
نام خانوادگی:
محل امضا:

«اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می‌شود.»
امام خمینی (ره)

صبح جمعه
۱۳۹۵/۱۲/۶
دفترچه شماره (۱)

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری
سازمان سنجش آموزش کشور

آزمون ورودی
دورهٔ دکتری (نیمه‌متمرکز) داخل ـ سال ۱۳۹۶

رشتهٔ امتحانی علوم و فناوری نانو ـ نانوفیزیک (کد ۲۲۳۷)

تعداد سؤال: ۴۵ — مدت پاسخگویی: ۱۵۰ دقیقه

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤالات

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	تا شماره
۱	مجموعهٔ دروس تخصصی (فیزیک پایه ۱، ۲ و ۳ (شامل کل کتاب فیزیک هالیدی آخرین ویرایش) ـ مکانیک کوانتومی پیشرفته ـ الکترودینامیک ـ مکانیک آماری پیشرفته۱ ـ مبانی نانوتکنولوژی)	۴۵	۱	۴۵

این آزمون نمرهٔ منفی دارد.

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

اسفندماه ـ سال ۱۳۹۵

حق چاپ، تکثیر و انتشار سؤالات به هر روش (الکترونیکی و ...) پس از برگزاری آزمون، برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز این سازمان مجاز می‌باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.

موسسه تحقیقات ارمان

www.isijournal.net

فیزیک پایه ۱ و ۲ و ۳:

۱- بردار سرعت حرکت سه بعدی یک ذره در زمان t به صورت تابع برداری زیر می‌باشد:

$$\vec{V}(t) = ۲t\hat{e}_x - t\hat{e}_y + (t^۲ + ۱)\hat{e}_z$$

زاویهٔ بین دو امتداد سرعت و شتاب این ذره در لحظهٔ $t = ۱\ s$ کدام است؟

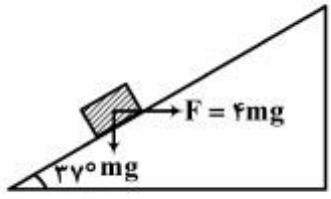
۱) $\frac{\pi}{۲}$

۲) $\frac{\pi}{۳}$

۳) $\frac{\pi}{۶}$

۴) صفر

۲- طبق شکل روی سطح شیبداری با زاویه ۳۷° نسبت به افق یک مکعب به وزن mg قرار دارد. ضریب اصطکاک جنبشی ۰/۵ می‌باشد. به این مکعب نیروی افقی $F = ۴mg$ وارد می‌شود. با توجه به اطلاعات داده شده شتاب حرکت این قطعه مکعب چقدر است؟ $\sin ۳۷^\circ = ۰/۶$



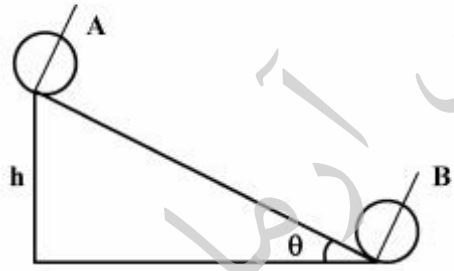
۱) $\frac{g}{۴}$

۲) $\frac{g}{۲}$

۳) g

۴) $۲g$

۳- کره‌ای به جرم m، شعاع r و لختی دورانی $۰/۵mr^۲$ (حول هر قطر دلخواه آن) از وضعیت A روی سطح شیب‌داری به شیب θ از حالت سکون رها می‌شود و با غلتش کامل پایین می‌آید. زمان رسیدن به وضعیت B کدام گزینه است؟



۱) $\frac{۱}{\sin\theta}\sqrt{\frac{۷h}{۲g}}$

۲) $\frac{۱}{\sin\theta}\sqrt{\frac{۳h}{g}}$

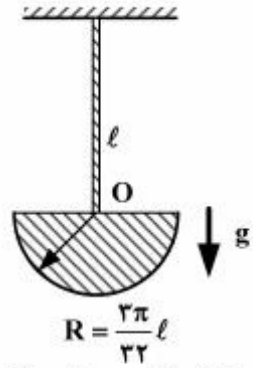
۳) $\frac{۱}{\sin\theta}\sqrt{\frac{۵h}{۲g}}$

۴) $\frac{۱}{\sin\theta}\sqrt{\frac{۲h}{g}}$

موسسه تحقیقاتی آرمان

www.isijournal.net

۴- آونگ ساعت دکوراسیون طبق شکل از یک میله مستقیم بسیار سبک به طول ℓ و یک صفحه نیم‌دایره به شعاع $\frac{۳\pi}{۳۲}\ell$ (با توزیع یکنواخت) تشکیل شده است. دوره تناوب نوسانات کم دامنه این آونگ برابر $T = ۲\pi\alpha\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ می‌باشد. عدد α کدام است؟



۱) ۱٫۱۱

۲) ۱٫۰۱

۳) ۱٫۱۶

۴) ۱٫۰۶

۵- دو ذره به جرم‌های m و M که ابتدا در حال سکون‌اند، به فاصلهٔ بی‌نهایت دور از هم قرار دارند. در اثر جاذبه گرانشی به سمت یکدیگر به حرکت در می‌آیند. در لحظه‌ای که فاصلهٔ آن‌ها از هم d است، سرعت نسبی آن‌ها برابر با کدام گزینه می‌باشد؟

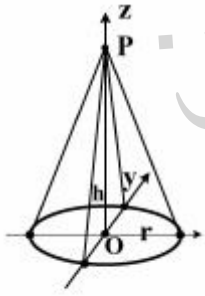
۱) $\sqrt{\frac{۲G(M+m)}{d}}$

۲) $\sqrt{\frac{G(M+m)}{d}}$

۳) $\sqrt{\frac{۲GMm}{(M+m)d}}$

۴) $\sqrt{\frac{GMm}{(M+m)d}}$

۶- مطابق شکل زیر، چهار گلوله لاستیکی باردار یکسان و مشابه هر یک با وزن mg و بار الکتریکی q از نقطه P به ارتفاع h از صفحه xoy بوسیله نخ‌های عایق به طول‌های یکسان معلق نگه داشته شده‌اند، به طوری که گلوله‌ها در چهار طرف یک دایره به شعاع r به صورت کاملاً متقارن و ساکن قرار می‌گیرند، اگر شعاع دایره از رابطه $r^۳ = \alpha\left(\frac{q^۲h}{۱۶\pi\varepsilon_۰ mg}\right)$ به دست آید، مقدار عددی α کدام است؟



۱) $۱+\sqrt{۲}$

۲) $۲+\sqrt{۲}$

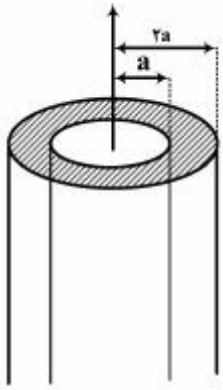
۳) $۱+۲\sqrt{۲}$

۴) $۲+۲\sqrt{۲}$

موسسه تحقیقاتی آرمان

www.isijournal.net

۷- یک پوسته استوانه‌ای قائم و طویل به شعاع‌های درونی a و بیرونی ۲a، دارای بار الکتریکی به مقدار λ در واحد طول با توزیع یکنواخت حجمی می‌باشد. اختلاف پتانسیل دو سطح جانبی داخلی و خارجی این پوسته استوانه‌ای کدام است؟



۱) $(\frac{\lambda}{۴\pi\varepsilon_۰})(۱-\frac{۲}{۳}\ln ۲)$

۲) $(\frac{\lambda}{۴\pi\varepsilon_۰})(۱+\frac{۲}{۳}\ln ۲)$

۳) $(\frac{\lambda}{۶\pi\varepsilon_۰})\ln ۲$

۴) $(\frac{\lambda}{۴\pi\varepsilon_۰})$

۸- ضریب خود القای واحد طول یک سیم مستقیم بسیار طویل به شعاع a که جریان به طور یکنواخت از سطح مقطع آن می‌گذرد کدام است؟

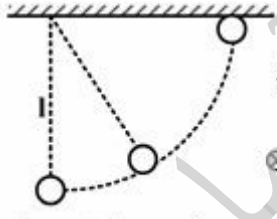
۱) $\frac{\mu_۰}{۱۶\pi}$

۲) $\frac{\mu_۰}{۸\pi}$

۳) $\frac{\mu_۰}{۴\pi}$

۴) $\frac{\mu_۰}{۲\pi}$

۹- گلوله‌ای کوچکی به جرم m و بار الکتریکی q توسط نخ نارسانای سبکی به طول l در نزدیکی سطح زمین از نقطه‌ای آویزان شده است. در این ناحیه یک میدان مغناطیسی یکنواخت B موازی سطح زمین مطابق شکل وجود دارد. آونگ را از حالت تعادل به سمت راست منحرف می‌کنیم تا جایی که نخ به صورت افقی درآید، سپس آن را از حال سکون رها می‌کنیم. وقتی که گلوله برای اولین بار از پایین‌ترین نقطه می‌گذرد، کشش نخ چقدر است؟



۱) $۲mg+qB\sqrt{۲gl}$

۲) $۳mg-qB\sqrt{۲gl}$

۳) $۳mg+qB\sqrt{۲gl}$

۴) $۲mg-qB\sqrt{۲gl}$

۱۰- توان تابشی خورشید $۳/۹\times۱۰^{+۲۶}W$ و فاصله ما از خورشید $۱/۵\times۱۰^{+۱۱}m$ است. ماکزیمم دامنه میدان الکتریکی $E_۰$ امواج الکترومغناطیسی دریافتی از خورشید روی زمین چند $\frac{V}{m}$ است؟

۱) ۷۲۰

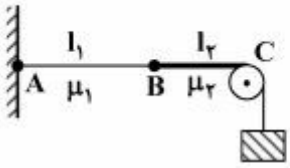
۲) ۱۰۲۰

۳) ۷۲

۴) ۱۰۲

www.isijournal.net

۱۱- مطابق شکل، دو سیم به طول l_1 و l_2 و چگالی جرم (در واحد طول) μ_1 و μ_2 بوسیله یک وزنه تحت کشش می‌باشند. اگر $\mu_2 = 2\mu_1$ و $l_2 = \frac{\sqrt{2}}{3} l_1$ باشد، کمترین تعداد شکم‌ها و گره‌های تشکیل شده در طول سیم ABC در وضعیتی که امواج ایستاده درون سیم ایجاد شده باشد، کدام است؟



۱) ۴ شکم و ۵ گره
۲) ۷ شکم و ۸ گره
۳) ۶ شکم و ۷ گره
۴) ۵ شکم و ۶ گره

۱۲- آمبولانسی در حال آژیر با صدایی که بسامد آن f_0 است به یک صخره بلند نزدیک می‌شود. در اثر تداخل صدای رفت آژیر و صدای بازتاب آن از روی صخره برای ناظر داخل آمبولانس، حالت ضربان بوجود می‌آید. هرگاه بسامد ضربان $\frac{8}{45} f_0$ باشد، تندی حرکت آمبولانس تقریباً چند کیلومتر بر ساعت است؟ (تندی انتشار امواج صوتی در هوا ۳۴۳ متر بر ثانیه می‌باشد.)

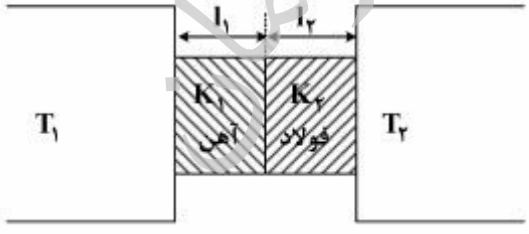
۱) ۱۰۱
۲) ۹۱
۳) ۱۱۱
۴) ۱۲۱

۱۳- دو استوانهٔ آهنی و فولادی با سطح مقطع‌های یکسان، طول‌های l_1 و l_2 و ضرایب رسانش گرمایی K_1 و K_2 در مجاورت دو منبع حرارتی T_1 و T_2 $(T_2 > T_1)$ قرار دارند. فرض کنید سطح جانبی دو استوانه با عایق حرارتی، کاملاً پوشانیده شده است. دمای سطح تماس دو استوانه چند درجه سانتی‌گراد است؟

$l_1 = 33\text{cm}, l_2 = 30\text{cm}$

$K_1 = 66\frac{W}{m.K}, K_2 = 15\frac{W}{m.K}$

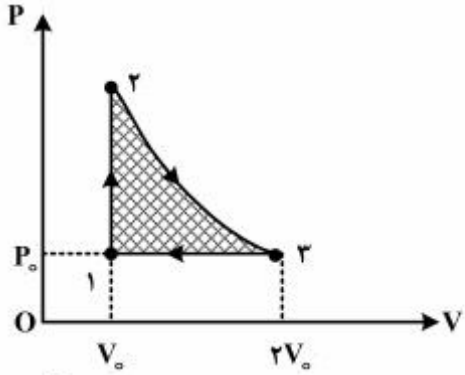
$T_1 = 7°C \; ; \; T_2 = 27°C$



۱) $17°C$
۲) $15°C$
۳) $13°C$
۴) $11°C$

www.isijournal.net

۱۴- مطابق شکل زیر، یک ماشین گرمایی در هر چرخه کار خود تحولات سه گانه تک حجم، تک دما و تک فشار را طی نموده، مقداری کار خالص انجام داده و به حالت اولیه خود برمی‌گردد. اگر این ماشین گرمایی با گاز ایده‌آل تک اتمی کار کند، بازده آن چقدر است؟



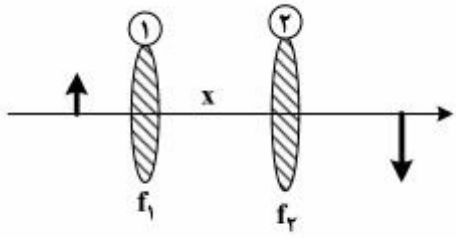
۱) $\frac{۲\ln ۲-۱}{۲\ln ۲+۱}$

۲) $\frac{۴\ln ۲-۲}{۴\ln ۲+۳}$

۳) $\frac{۴\ln ۲-۱}{۴\ln ۲+۳}$

۴) $\frac{۲\ln ۲-۱}{۲\ln ۲+۳}$

۱۵- طبق شکل دو عدسی همگرا به طور هم محور و موازی به فاصله x از یکدیگر قرار دارند. فواصل کانونی آنها به ترتیب $f_۱$ و $f_۲$ می‌باشد به طوری که $f_۲ > \frac{۲}{۳}f_۱$ است. هرگاه جسمی را در فاصله $\frac{f_۱}{۲}$ جلوی عدسی اول قرار دهیم، یک تصویر حقیقی وارونه در پشت عدسی دوم و چهار برابر بزرگتر از جسم مشاهده خواهیم کرد. فاصله x برحسب $f_۱$ و $f_۲$ کدام است؟



۱) $f_۲ - \frac{۲}{۳}f_۱$

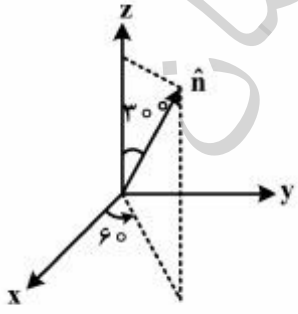
۲) $۳f_۲ - ۲f_۱$

۳) $\frac{۳}{۲}f_۲ - f_۱$

۴) $\frac{۳}{۴}f_۲ - \frac{۱}{۲}f_۱$

مکانیک کوانتومی پیشرفته:

۱۶- باریکه‌ای از ذرات دارای اسپین $\frac{۱}{۲}$ که تابع حالت آنها $|S_y,+\rangle$ است $\left(\hat{S}_y|S_y,+\rangle=\frac{h}{۲}|S_y,+\rangle\right)$ از دستگاه اشترن گرلاخ که میدان مغناطیسی آن در جهت $\hat{n}$ است عبور می‌کنند که راستای $\hat{n}$ در شکل نشان داده شده است. احتمال اینکه ذرات خروجی در حالت $\left(S_n=\vec{S}.\vec{n}\right)|S_n,+\rangle$ باشند چقدر است؟



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

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

۳) $\frac{۱}{۲}(۱-\frac{\sqrt{۳}}{۸})$

۴) $\frac{۱}{۲}(۱+\frac{\sqrt{۳}}{۸})$

www.isijournal.net

۱۷- اگر $\hat{x}$ و $\hat{P}$ عملگر مکان و تکانه و $|x'\rangle$ و $|P'\rangle$ پایه‌های فضای مکان و تکانه در یک بعد باشند، همهٔ موارد صحیح‌اند به غیر از:

۱) $e^{-i\hat{P}\frac{a}{\hbar}}\hat{f}(\hat{x})e^{+i\hat{P}\frac{a}{\hbar}}=\hat{f}(\hat{x}-a)$

۲) $Tr(\hat{x}\hat{P})=Tr(\hat{P}\hat{x})$

۳) $e^{i\hat{P}\frac{a}{\hbar}}|x'\rangle=|x'-a\rangle$

۴) $Tr\,(|x'\rangle\langle P'|)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}}e^{\frac{-iP'x'}{\hbar}}$

۱۸- تابع همبستگی زمانی در حالت n ام یک نوسانگر هم‌آهنگ یک بعدی ساده (به جرم m و بسامد زاویه‌ای ω) با تعریف $\langle n|x(t)x(0)|n\rangle$ کدام است؟ $x(t)$ عملگر مکان در تصویر هایزنبرگ و $x:=\sqrt{\frac{\hbar}{2m\omega}}(a+a^{\dagger})$ است.

۱) $\frac{\hbar}{m\omega}(n+\frac{1}{2})\cos\omega t$

۲) $\frac{\hbar}{m\omega}(n+\frac{1}{2})\sin\omega t$

۳) $\frac{\hbar}{m\omega}[(n+\frac{1}{2})\cos\omega t-\frac{i}{2}\sin\omega t]$

۴) $\frac{\hbar}{m\omega}[(n+\frac{1}{2})\sin\omega t+\frac{i}{2}\cos\omega t]$

۱۹- دوران‌یافتهٔ حالت $|S_x,+\rangle=\frac{1}{\sqrt{2}}(|+\rangle+|-\rangle)$ حول محور y به اندازهٔ $\phi=30^\circ$، کدام است؟

۱) $\frac{1}{2}(|+\rangle+\sqrt{3}|-\rangle)$

۲) $\frac{1}{7}(2|+\rangle+\sqrt{3}|-\rangle)$

۳) $\frac{1}{7}(\sqrt{3}|+\rangle+2|-\rangle)$

۴) $\frac{1}{2}(\sqrt{3}|+\rangle+|-\rangle)$

۲۰- کدام عبارت نادرست است؟

۱) یک سیستم کوانتومی دارای تقارن انتقال در یک شبکه است اگر هامیلتونی سیستم با تمام عملگرهای انتقال در شبکه جابه‌جا شود.

۲) طول بردارهای فضای هیلبرت یک سیستم کوانتومی تحت تأثیر عملگرهای دوران تغییری نمی‌کند.

۳) تکانه خطی، عملگر مولد انتقال‌های بسیار کوچک است.

۴) عملگر پاریته، عملگری پاد هرمیتی و خطی است.

موسسه تحقیقاتی آرمان

www.isijournal.net

۲۱- بزرگ‌ترین ویژه مقدار هامیلتونی زیر تا مرتبهٔ دوم اختلال بر حسب λ $(\lambda>0)$، کدام است؟

$$H=\hbar\omega\begin{pmatrix}1 & 2\lambda & 0\\ 2\lambda & 2+\lambda & 3\lambda\\ 0 & 3\lambda & 3+2\lambda\end{pmatrix}$$

۱) $\hbar\omega(3+2\lambda+9\lambda^2)$

۲) $\hbar\omega(3+\lambda+9\lambda^2)$

۳) $\hbar\omega(3+2\lambda+11\lambda^2)$

۴) $\hbar\omega(3+\lambda+11\lambda^2)$

۲۲- الکترون آزادی به جرم m و بار $-e$ در میدان مغناطیسی $\vec{B}(t)=B_0(\hat{z}+2\cos\omega_0 t\,\hat{x}+2\sin\omega_0 t\,\hat{y})$ در نظر بگیرید. هامیلتونی این دستگاه بر حسب $\omega_0=\frac{eB_0}{m}$ و در پایهٔ $|+\rangle$ و $|-\rangle$، کدام است؟

۱) $\frac{\hbar\omega_0}{4}(|+\rangle\langle+|-|-\rangle\langle-|)+\frac{\hbar\omega_0}{2}(e^{-i\omega_0 t}|+\rangle\langle-|+e^{i\omega_0 t}|-\rangle\langle+|)$

۲) $\frac{\hbar\omega_0}{4}(|+\rangle\langle+|-|-\rangle\langle-|)+\frac{i\hbar\omega_0}{2}(e^{-i\omega_0 t}|+\rangle\langle-|-e^{i\omega_0 t}|-\rangle\langle+|)$

۳) $\frac{\hbar\omega_0}{2}(|+\rangle\langle+|-|-\rangle\langle-|)+\hbar\omega_0(e^{-i\omega_0 t}|+\rangle\langle-|+e^{i\omega_0 t}|-\rangle\langle+|)$

۴) $\frac{\hbar\omega_0}{2}(|+\rangle\langle+|-|-\rangle\langle-|)+i\hbar\omega_0(e^{-i\omega_0 t}|+\rangle\langle-|-e^{i\omega_0 t}|-\rangle\langle+|)$

۲۳- یک سامانهٔ الکترونی شامل ۳۷ الکترون در یک چاه پتانسیل سه بعدی بی‌نهایت عمیق مکعبی به ضلع a در نظر بگیرید. الکترون‌ها با هم برهم‌کنش ندارند. اگر این سامانه در حالت پایهٔ انرژی خود باشد، انرژی میانگین هر الکترون بر حسب $\varepsilon_0=\frac{h^2}{8m_e a^2}$ کدام گزینه است؟

۱) $11/85\ \varepsilon_0$

۲) $12/75\ \varepsilon_0$

۳) $13/65\ \varepsilon_0$

۴) $10/95\ \varepsilon_0$

الکترودینامیک:

۲۴- دو خط بار نامتناهی با چگالی بار خطی $+\lambda$ و $-\lambda$ به ترتیب در $x=d$ و $x=-d$ موازی محور z را در خلاء در نظر بگیرید. معادلهٔ سطح هم‌پتانسیل با پتانسیل الکتریکی V_0 بر حسب $K=\frac{2\pi\varepsilon_0 V_0}{\lambda}$ کدام گزینه است؟

۱) $(x-d\tanh K)^2+y^2=(\frac{d}{\cosh K})^2$

۲) $(x-d\coth K)^2+y^2=(d\cosh K)^2$

۳) $(x-d\coth K)^2+y^2=(\frac{d}{\sinh K})^2$

۴) $(x-d\tanh K)^2+y^2=(d\sinh K)^2$

موسسه تحقیقاتی آرمان

www.isijournal.net

۲۵- یک پوسته استوانه‌ای فلزی بسیار طویل با شعاع R موازی یک صفحه فلزی تخت نامتناهی و در فاصلهٔ D (فاصلهٔ صفحهٔ فلزی از محور استوانه فلزی) از آن قرار دارد. ظرفیت الکتریکی در واحد طول این دستگاه کدام است؟

۱) $\frac{۴\pi\varepsilon_۰}{\ln\left(\frac{D}{R}+\sqrt{\frac{D^۲}{R^۲}+۱}\right)}$

۲) $\frac{۲\pi\varepsilon_۰}{\ln\left(\frac{D}{R}+\sqrt{\frac{D^۲}{R^۲}+۱}\right)}$

۳) $\frac{۴\pi\varepsilon_۰}{\ln\left(\frac{D}{R}+\sqrt{\frac{D^۲}{R^۲}-۱}\right)}$

۴) $\frac{۲\pi\varepsilon_۰}{\ln\left(\frac{D}{R}+\sqrt{\frac{D^۲}{R^۲}-۱}\right)}$

۲۶- ناحیهٔ استوانه‌ای به طول نامتناهی و محصور در $۰\le x\le ۱$ و $۰\le y\le ۱$ با بار حجمی یکنواخت که مقدار آن در واحد طول استوانه λ است پر شده است. اگر پتانسیل الکتریکی دیواره‌های استوانه صفر باشد، پتانسیل الکتریکی در داخل استوانه بر حسب $f_n(x,y)=\sin(n\pi x)\left(\sinh(n\pi)-\sinh(n\pi y)-\sinh n\pi(۱-y)\right)$ کدام است؟

۱) $\frac{\lambda}{\varepsilon_۰}\sum_{n=۱,۲,۳,\ldots}\frac{۴}{(n\pi)^۳\sinh(n\pi)}f_n(x,y)$

۲) $\frac{\lambda}{\varepsilon_۰}\sum_{n=۱,۳,۵,\ldots}\frac{۴}{(n\pi)^۳\sinh(n\pi)}f_n(x,y)$

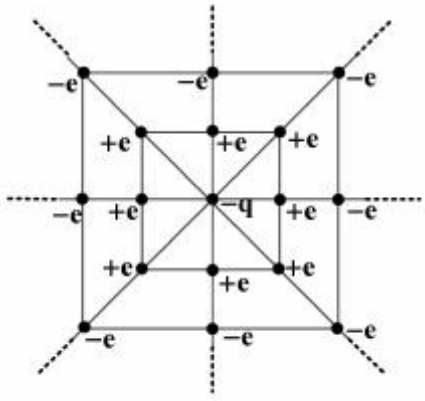
۳) $\frac{\lambda}{\varepsilon_۰}\sum_{n=۱,۳,۵,\ldots}\frac{۲}{(n\pi)^۳\sinh(\frac{n\pi}{۲})}f_{\frac{n}{۲}}(x,y)$

۴) $\frac{\lambda}{\varepsilon_۰}\sum_{n=۱,۲,۳,\ldots}\frac{۲}{(n\pi)^۳\sinh(\frac{n\pi}{۲})}f_{\frac{n}{۲}}(x,y)$

موسسه تحقیقاتی آرمان

www.isijournal.net

۲۷- بار نقطه‌ای $-q$ مطابق شکل زیر توسط یک مجموعه نامتناهی از بارهای نقطه‌ای احاطه شده است. به‌طوری که داخلی‌ترین مربع به ضلع $2s$ است. و روی رأس‌ها و وسط اضلاع آن بار نقطه‌ای $+e$ قرار دارد. در مربع بعدی به ضلع $4s$ بار نقطه‌ای $-e$ روی رأس‌ها و وسط اضلاعش قرار دارد و به همین ترتیب مربع‌های بعدی به ضلع ۳، ۴ و ... برابر ضلع مربع مرکزی و بارهای روی آنها یک در میان $+e$ و $-e$ است. انرژی پتانسیل بار نقطه $-q$ چقدر است؟ $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^{n+1}}{n}=\ln 2$



۱) $\frac{1/2\ln(\frac{1}{2})}{\pi}(\frac{eq}{s\varepsilon_0})$

۲) $\frac{-(1/2)\exp(\frac{-1}{2})}{\pi}(\frac{eq}{s\varepsilon_0})$

۳) $\frac{2\ln(\frac{1}{2})}{\pi}(\frac{eq}{s\varepsilon_0})$

۴) $\frac{-2\exp(\frac{-1}{2})}{\pi}(\frac{eq}{s\varepsilon_0})$

۲۸- شار مغناطیسی گذرنده از نیمکرهٔ شمالی یک کره به مرکز O (مرکز مختصات) و شعاع R_0 ناشی از میدان مغناطیسی که از پتانسیل برداری $\vec{A}=B_0 r\sin^2\frac{\theta}{2}\sin\frac{\varphi}{4}(\hat{r}+\theta\hat{\theta}+\varphi\hat{\varphi})$ به دست می‌آید کدام است؟

۱) $16R_0^2B_0$

۲) $\pi R_0^2B_0$

۳) $2\pi R_0^2B_0$

۴) $4\pi R_0^2B_0$

۲۹- فرض کنید تک‌قطبی مغناطیسی با بار مغناطیسی $\pm g$ $(\vec{\nabla}.\vec{B}=\rho_g)$ در طبیعت مانند تک بار الکتریکی مثبت و منفی $\pm e$ وجود دارد و رابطهٔ کوانتش دیراک به صورت $eg=h$ برقرار است. الکترون را کره‌ای فرض کنید که ممان مغناطیسی آن ناشی از وجود دو تک بار مغناطیسی $+g$ و $-g$ واقع در قطب شمال و جنوب آن است. شعاع الکترون r_e، بر حسب پارامترهای فوق، جرم الکترون m_e و سرعت نور در خلاء c از کدام رابطه به دست می‌آید؟

۱) $\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e}=m_e c^2$

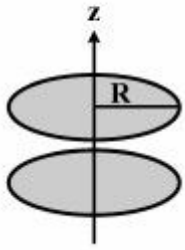
۲) $\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e}=\frac{1}{2}m_e c^2$

۳) $\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e}=\frac{1}{4}m_e c^2$

۴) $\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e}=2m_e c^2$

www.isijournal.net

۳۰- میدان الکتریکی و چگالی جریان متناوب درون یک خازن استوانه‌ای به شعاع R در مختصات استوانه‌ای $\vec{E}(r,t)=\frac{R}{r}E_\circ \sin(kr-\omega t)\hat{z}$ و $\vec{J}(\vec{r},t)=\frac{R}{r}J_\circ \sin(kr-\omega t)\hat{z}$ است، که r فاصلهٔ یک نقطه تا محور z است. بردار میدان مغناطیسی $\vec{B}(r,t)$ درون این خازن بر حسب $S(r,t)=\sin(\omega t)+\sin(kr-\omega t)$ و $C(r,t)=\cos(\omega t)-\cos(kr-\omega t)$ کدام است؟



۱) $\frac{R}{kr}[\mu_\circ J_\circ S(r,t)-\frac{E_\circ \omega}{c^2}C(r,t)]\hat{\varphi}$

۲) $\frac{R}{kr}[\mu_\circ J_\circ C(r,t)+\frac{E_\circ \omega}{c^2}S(r,t)]\hat{\varphi}$

۳) $\frac{R}{kr}[\mu_\circ J_\circ C(r,t)-\frac{E_\circ \omega}{c^2}S(r,t)]\hat{\varphi}$

۴) $\frac{R}{kr}[\mu_\circ J_\circ S(r,t)+\frac{E_\circ \omega}{c^2}C(r,t)]\hat{\varphi}$

مکانیک آماری پیشرفته:

۳۱- دو ظرف هر یک به حجم V حاوی گاز ایده‌آل تک اتمی یکسانی هستند. یک ظرف شامل N ذرهٔ گاز و دارای دمای $2T$ است و دیگری شامل $2N$ ذرهٔ گاز و دارای دمای T است. این دو ظرف را به هم متصل می‌کنیم و صبر می‌کنیم گاز در حجم کل $2V$ به تعادل ترمودینامیکی برسد. در این فرایند گرمایی با محیط مبادله نمی‌شود. دمای نهایی گاز و ظرفیت گرمایی در حجم ثابت گاز کدام است؟

۱) T ، $6k_BN$

۲) $\frac{4}{3}T$ ، $6k_BN$

۳) T ، $\frac{9}{2}k_BN$

۴) $\frac{4}{3}T$ ، $\frac{9}{2}k_BN$

۳۲- یک سامانهٔ حرارتی بسته شامل N ذره یکسان، قابل تمیز و بدون برهم‌کنش متقابل و دارای انرژی کل E می‌باشد. هر ذره می‌تواند در یکی از دو حالت انرژی ε_1 و ε_2 به سر برد. دمای تعادلی این سامانه بر حسب انرژی میانگین هر ذره، $\varepsilon=\frac{E}{N}$، کدام است؟

۱) $\frac{(\varepsilon_2-\varepsilon_1)}{k_B}\ln(\frac{\varepsilon_2-\varepsilon}{\varepsilon-\varepsilon_1})\varepsilon$

۲) $\frac{(\varepsilon_2-\varepsilon_1)}{k_B\ln(\frac{\varepsilon_2-\varepsilon}{\varepsilon-\varepsilon_1})}$

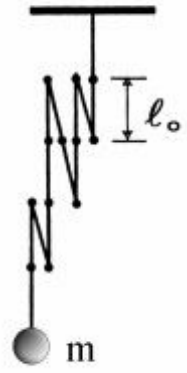
۳) $\frac{(\varepsilon_2-\varepsilon_1)}{k_B(\frac{\varepsilon_2-\varepsilon}{\varepsilon-\varepsilon_1})}$

۴) $\frac{(\varepsilon_2-\varepsilon_1)}{k_B}(\frac{\varepsilon_2-\varepsilon}{\varepsilon-\varepsilon_1})$

موسسه تحقیقاتی آرمان

www.isijournal.net

۳۳- مطابق شکل زنجیره‌ای متشکل از N سوزن ته‌گرد یکسان هر یک به طول l_0 و جرم ناچیز را که نوک هر سوزن به سر سوزن بعدی اتصال دارد در نظر بگیرید به یک سر زنجیره جسمی به جرم m چسبیده و سر دیگر آن به یک سقف متصل است. هر سوزن می‌تواند فقط در یکی از دو حالت رو به بالا و یا رو به پایین قرار گیرد. اگر انرژی حالت رو به بالا mgl_0 و انرژی حالت رو به پایین صفر باشد، طول میانگین این زنجیره در دمای T (که $T \gg \frac{mgl_0}{k_B}$) تقریباً چقدر است؟



۱) $Nl_0\left(1-\frac{mgl_0}{2k_BT}\right)$

۲) $\frac{Nl_0}{2}\left(1+\frac{mgl_0}{2k_BT}\right)$

۳) $\frac{Nl_0}{2}\left(1+\frac{mgl_0}{k_BT}\right)$

۴) $Nl_0\left(1-\frac{mgl_0}{k_BT}\right)$

۳۴- هیدروژن اتمی و مولکولی طبق واکنش $H_2 \rightleftarrows 2H$ در دمای T در ظرفی در حالت تعادل‌اند. هر دو را گاز ایده‌آل در نظر بگیرید. اگر انرژی آزاد داخلی یک مولکول هیدروژن F_{in} باشد، ثابت تعادل $K(T)$ برحسب $n_Q(m,T)=\left(\frac{mk_BT}{2\pi\hbar^2}\right)^{\frac{3}{2}}$ که m جرم ذره است، کدام است؟

۱) $\left(n_Q(m_{H_2},T)\right)^2 n_Q(m_H,T)\exp\left(-\frac{F_{in}}{k_BT}\right)$

۲) $n_Q(m_{H_2},T)\left(n_Q(m_H,T)\right)^2\exp\left(-\frac{F_{in}}{k_BT}\right)$

۳) $\left(n_Q(m_{H_2},T)\right)^{-2} n_Q(m_H,T)\exp\left(-\frac{F_{in}}{k_BT}\right)$

۴) $n_Q(m_{H_2},T)\left(n_Q(m_H,T)\right)^{-2}\exp\left(-\frac{F_{in}}{k_BT}\right)$

مؤسسه تحقیقاتی آرمان

www.isijournal.net

۳۵- هامیلتونی یک ذرهٔ آزاد به جرم m در حجم V، $H=\frac{\vec{P}.\vec{P}}{2m}$ است. $Tr(e^{-\beta H})$ برحسب β و $f(V)$ (تابعی فقط از حجم) کدام است؟ $(\beta=\frac{1}{k_B T})$

۱) $f(V)\left(\frac{\hbar^2\beta}{2mV^{\frac{2}{3}}}\right)^{+\frac{3}{2}}$

۲) $f(V)\exp\left(-\frac{\hbar^2\beta}{2mV^{\frac{2}{3}}}\right)$

۳) $f(V)\left(\frac{\hbar^2\beta}{2mV^{\frac{2}{3}}}\right)^{\frac{3}{2}}$

۴) $f(V)\exp\left(+\frac{\hbar^2\beta}{2mV^{\frac{2}{3}}}\right)$

۳۶- دستگاهی شامل N ذره یکسان بوزونی هر یک به جرم m در دمای T و در حجم V را در نظر بگیرید. اگر $N_0(T)$ تعداد ذرات در حالت پایه و $N_{ex}(T)=2/6V(\frac{2\pi m k_B T}{h^2})^{\frac{3}{2}}$ تعداد ذرات در حالت‌های برانگیخته باشد، در دمای (نزدیک صفر مطلق) $T=1K$ تقریباً چند درصد از اتم‌های هلیوم ^4_2He در حالت پایه قرار دارند؟ دمای بحرانی در چگالش بوز ـ اینشتین برای ^4_2He برابر $3K$ است.

۱) ۳۶

۲) ۴۸

۳) ۵۲

۴) ۶۴

www.isijournal.net

۳۷- دستگاهی شامل N فرمیون یکسان آزاد و بدون برهم‌کنش با اسپین $\frac{۱}{۲}$ در حجم V و دمای T را در نظر بگیرید. پتانسیل شیمیایی دستگاه از کدام رابطه قابل محاسبه است؟ $(\beta=\frac{۱}{k_B T})$

۱) $N=\frac{V}{\pi^۲}(\frac{۲m}{\hbar^۲})^{\frac{۳}{۲}}\int_۰^\infty \frac{x^۲dx}{۱+e^{\beta(x^۲-\mu)}}$

۲) $N=\frac{V}{\pi^۲}(\frac{۲m}{\hbar^۲})^{\frac{۳}{۲}}\int_۰^\infty \frac{dx}{۱+e^{\beta(x^۲-\mu)}}$

۳) $N=\frac{V}{۲\pi^۲}(\frac{۲m}{\hbar^۲})^{\frac{۳}{۲}}\int_۰^\infty \frac{x^۲dx}{۱+e^{\beta(x^۲-\mu)}}$

۴) $N=\frac{V}{۲\pi^۲}(\frac{۲m}{\hbar^۲})^{\frac{۳}{۲}}\int_۰^\infty \frac{dx}{۱+e^{\beta(x^۲-\mu)}}$

مبانی نانوتکنولوژی:

۳۸- همه فولرن‌های زیر متعلق به خانواده فولرن‌های پایدار هستند، به جز:

۱) $C_{۴۴+۶k}$ با $k=۱,۳,۵,\ldots$

۲) $C_{۶۰+۶k}$ با $k=۰,۲,۴,\ldots$

۳) $C_{۷۰+۳۰k}$ با $k=۰,۱,۲,\ldots$

۴) $C_{۸۴+۳۶k}$ با $k=۰,۱,۲,\ldots$

۳۹- همه عبارات زیر در مورد آئروسل درستند، به جز:

۱) این ذرات متشکل از ترکیبات مختلف از جمله سولفات‌ها، نیترات‌ها، آمونیوم، نمک دریا، مواد آلی و آب است.

۲) ذرات ریز جامد یا مایعی هستند که در یک گاز در حالت معلق به سر می‌برند.

۳) این ذرات در اتمسفر، نقش مهمی به عنوان هسته اولیه در پیوستن قطرات آب به یکدیگر و نهایتا تشکیل یک ابر دارند.

۴) در اتمسفر، بخش کوچکی از آئروسل، از نانو ذرات تشکیل شده است.

۴۰- اندازه نانوذرات طلا که به عنوان کاتالیزوری قوی در اکسیداسیونِ منواکسید کربن (CO) به کار می‌روند، در چه محدوده‌ای قرار دارد؟

۱) کمتر از ۵ nm

۲) ۵ nm تا ۱۰ nm

۳) ۲۰ nm تا ۳۰ nm

۴) ۳۰ nm تا ۵۰ nm

موسسه تحقیقات آرمان

www.isijournal.net

۴۱- **همه موارد در مورد پلاسمون پولاریتون سطحی (SPP) درست است به جز:**

۱) مرز دو محیط فلز ـ دی‌الکتریک برای SPPها همچون یک موج‌بر عمل می‌کند.

۲) دامنه SSP به شکل نمایی بر روی مرز دو محیط فلزـدی الکتریک به داخل آنها کاهش می‌یابد.

۳) SSPها به روش معمولی میدان دور (Far Field) قابل آشکارسازی هستند.

۴) SSP یک برانگیختگی (excition) الکترومغناطیسی است که به شکل موج در فصل مشترک فلزـ دی‌الکتریک منتشر می‌شود.

۴۲- **کدام نوع نیرو در فرایند خود-تجمعی/ خود-آرایه‌ای (self-assembly) نانوذرات عموماً نقش اساسی در تصحیح و سازماندهی آنها دارد؟**

۱) یونی

۲) واندروالس

۳) گرانشی

۴) کووالانسی

۴۳- **همه عبارات زیر در مورد میکروسکوپ نیرویی اتمی (Atomic Force Microscope) و میکروسکوپ تونلی روبشی (Scanning Tunneling Microscope) صحیح‌اند، به جز:**

۱) هر دو میکروسکوپ برای تصویربرداری از سطح یک نمونه جامد با قدرت تفکیک چند دهم نانومتر کاربرد دارند.

۲) در هر دو نوع تصویربرداری، همواره باید نمونه در محیطی با خلاء بالا قرار داشته باشد.

۳) در حین روبش، در AFM نیروی واندروالسی میان نوک پروب و سطح نمونه و در STM جریان الکتریکی تونلی، مانیتور می‌شود.

۴) AFM برای تصویربرداری از سطح هر نوع نمونه جامد به کار می‌رود اما STM فقط برای نمونه‌های فلزی و نیم‌رسانا قابلیت کاربرد دارد.

۴۴- **همه عبارت‌های زیر در مورد سنتز به روش بخار- مایع- جامد (Vapor-Liquid-Solid) درستند، به جز:**

۱) برای تولید نانوسیم‌ها و نانومیله‌ها به کار می‌رود.

۲) در فاز مایع، ذرات گاز درون مایعی که نقش کاتالیزور یا ناخالصی دارد نفوذ کرده و در آن حل می‌شوند.

۳) مستقل از نوع زیرلایه و شرایط رشد، محصول این روش همواره ساختاری آمورف دارد.

۴) پس از رسیدن ذرات حل شده در قطره مایع به حد اشباع، ذرات روی سطح یک زیر لایه رسوب کرده و به شکل جامد در می‌آیند.

۴۵- **همه عبارت‌های زیر در مورد طیف نگاری جذب اشعه ایکس (XAS) درستند، به جز:**

۱) لبه جذب K در این طیف نگاری مربوط به جذب پرتو ایکس توسط الکترون‌های تراز $n = 1$ اتمی یک عنصر معین در نمونه است.

۲) معمولا اشعه ایکس به کار رفته در این طیف نگاری از یک خط پرتو (beamline) در یک سینکروترون تامین می‌شود که طیفی پیوسته دارد.

۳) برای کسب اطلاع از محیط موضعی از جمله تعیین عدد مختصات (coordination number) در نانوذرات فلزی بسیار کارآمد است.

۴) این طیف نگاری فقط برای ساختارهای منظم استفاده می‌شود و نمی‌توان آن را برای ساختارهای نامنظم (disordered) به کار برد.

www.isijournal.net

موسسه تحقیقاتی آرمان