

کد کنترل

274

E

274E



دفترچه شماره (۱)

صبح جمعه

۹۸/۱۲/۹



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

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

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌متمرکز) – سال ۱۳۹۹

رشته علوم و فناوری نانو – نانوفیزیک – کد (۲۲۳۷)

مدت پاسخ‌گویی: ۱۵۰ دقیقه

تعداد سؤال: ۴۵

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤالات

| ردیف | مواد امتحانی | تعداد سؤال | از شماره | تا شماره |
|------|--|------------|----------|----------|
| ۱ | مجموعه دروس تخصصی: فیزیک پایه ۱، ۲ و ۳ (شامل کل کتاب فیزیک هالیدی آخرین ویرایش) – مکانیک کوانتومی و مکانیک کوانتومی پیشرفته – الکترومغناطیس و الکتروپنایمیک – ترمودینامیک و مکانیک آماری پیشرفته ۱ – مبانی نانو تکنولوژی | ۴۵ | ۱ | ۴۵ |

این آزمون نمره منفی دارد.

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

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 یا متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.

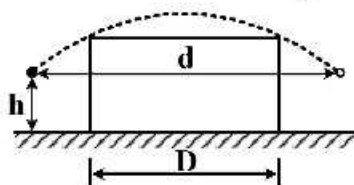
۱۳۹۹

* داوطلب گرامی، عدم درج مشخصات و امضا در مندرجات جدول ذیل، به منزله عدم حضور شما در جلسه آزمون است.

اینجانب با شماره داوطلبی با آگاهی کامل، یکسان بودن شماره صندلی خود را با شماره داوطلبی مندرج در بالای کارت ورود به جلسه، بالای پاسخ‌نامه و دفترچه سؤالات، نوع و کد کنترل درج شده بر روی دفترچه سؤالات و پائین پاسخ‌نامه‌ام را تأیید می‌نمایم.

امضا:

- ۱- مطابق شکل زیر به یک توپ بیسبال در ارتفاع $h = 1\text{ m}$ ضربه زده می‌شود و سپس در همان ارتفاع توپ گرفته می‌شود. توپ از پهلوی دیواری می‌گذرد و پس از ضربه خوردن ۲ ثانیه در پایین لبه دیوار رو به بالا حرکت کرده و در ادامه مدت ۵ ثانیه در بالای لبه دیوار حرکت کرده و در امتداد لبه دیواره به اندازه $D = 60\text{ m}$ جابه‌جا می‌شود. d فاصله افقی پیموده شده توسط توپ از لحظه ضربه خوردن تا لحظه گرفتن، چند متر است؟



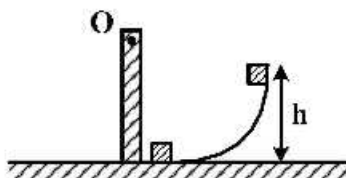
- (۱) ۷۵
(۲) ۱۰۸
(۳) ۱۳۰
(۴) ۱۶۸

- ۲- نیروی $\vec{F} = 2x\hat{i} + 3\hat{j}$ که در آن F برحسب نیوتن و x برحسب متر است به ذره‌ای در صفحه $x-y$ وارد می‌شود و ذره از نقطه $\vec{r}_i = 2\hat{i} + 3\hat{j}$ به نقطه $\vec{r}_f = -4\hat{i} - 3\hat{j}$ انتقال می‌یابد. کار انجام شده توسط نیروی \vec{F} در این جابه‌جایی برحسب ژول کدام است؟

- (۱) -۴۳
(۲) -۶
(۳) ۱۲
(۴) ۳۰

- ۳- مکعب کوچک به جرم 200 g از سطح بدون اصطکاک نشان داده در شکل زیر از ارتفاع $h = 30\text{ cm}$ از حال سکون به حرکت در می‌آید و در نهایت به میله یکنواختی به جرم 400 g و طول 45 cm برخورد کرده و به آن می‌چسبد. میله حول نقطه ثابت O می‌تواند آزادانه بچرخد. تندی خطی مکعب درست پس از لحظه برخورد چند

$$\frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ است؟ } (g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$



- (۱) $\frac{\sqrt{6}}{2}$
(۲) $\frac{2\sqrt{6}}{3}$
(۳) $\sqrt{6}$
(۴) $\frac{3\sqrt{6}}{5}$

۴- یک منظومه دو ستاره‌ای شامل دو ستاره نوترونی است که با دوره تناوب $8h$ حول مرکز جرم مشترک خود گردش می‌کنند. اگر جرم دو ستاره با هم برابر و مدارهای هر یک از آن‌ها دایره‌ای با شعاع $9 \times 10^8 m$ باشد، جرم هر

ستاره چند کیلوگرم است؟ $\left(G = 6.7 \times 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \right)$

(۱) 1.5×10^{26}

(۲) 4.2×10^{24}

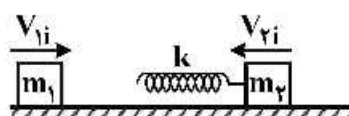
(۳) 7.6×10^{25}

(۴) 1.3×10^{29}

۵- بر روی یک سطح افقی بدون اصطکاکی دو مکعب هر یک به جرم $400g$ اولی با تندی $V_{1i} = 1 \frac{m}{s}$ و دومی با

تندی $V_{2i} = 4 \frac{m}{s}$ مطابق شکل به سمت هم در حرکتند. فنر افقی با ثابت فنر $20 \frac{N}{m}$ به مکعب دوم متصل است.

پس از برخورد دو مکعب به یکدیگر بیشینه فشردگی فنر چند سانتی‌متر است؟



(۱) ۵۸

(۲) ۵۰

(۳) ۳۰

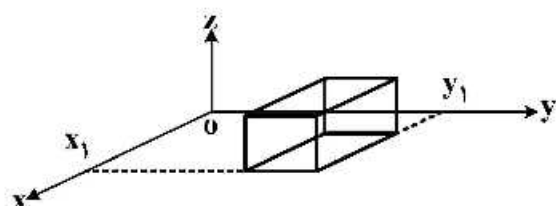
(۴) ۲۱

۶- شکل زیر سطح بسته گاوسی به شکل مکعب را نشان می‌دهد که هر ضلع آن $2m$ است و یکی از گوشه‌های آن در

نقطه $(x_1 = 5m, y_1 = 6m, z_1 = 0)$ قرار دارد. این مکعب در ناحیه‌ای با میدان الکتریکی $\vec{E} = -4x\hat{i} + 2\hat{k}$

قرار دارد که E بر حسب $\frac{N}{m}$ و x, y و z بر حسب متر هستند. بار خالص موجود در داخل این مکعب چند nC

است؟



(۱) $-\frac{8}{9\pi}$

(۲) $\frac{4}{3\pi}$

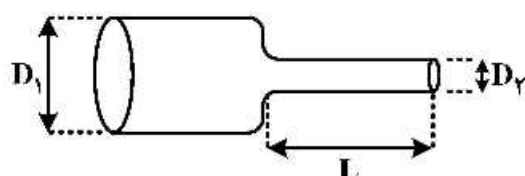
(۳) $-\frac{1}{9\pi}$

(۴) $\frac{22}{9\pi}$

۷- سیمی مطابق شکل از دو بخش یکی با قطر D_1 و دیگری با قطر $D_2 = \frac{D_1}{5}$ تشکیل شده است. سیم از جنس

مس با مقاومت ویژه $\Omega \cdot m \times 10^{-8} \times 1/7$ است و جریان الکتریکی از آن عبور می کند به طوری که افت پتانسیل در

طول $L = 4m$ برابر $68 \mu V$ است. چگالی جریان در بخش با قطر D_1 چند $\frac{A}{m^2}$ است؟



(۱) $2/5 \times 10^4$

(۲) ۲۰۰

(۳) $2/5 \times 10^7$

(۴) ۴۰

۸- یک مقاومت $4M\Omega$ و یک خازن $10 \mu F$ به طور متوالی به یک باتری با نیروی محرکه $\mathcal{E} = 12V$ بسته شده اند.

۲۰ ثانیه پس از اتصال، آهنگ انرژی تولید شده توسط باتری چند وات است؟ ($\sqrt{e} = 1/65$)

(۱) $7/2 \times 10^{-4}$

(۲) $1/3 \times 10^{-5}$

(۳) $2/3 \times 10^{-5}$

(۴) $3/6 \times 10^{-5}$

۹- حلقه جریانی به شکل دایره به شعاع $15cm$ در میدان مغناطیسی یکنواخت \vec{B} به شدت ۲ تسلا چنان قرار دارد

که \hat{N} بردار عمود بر صفحه حلقه با امتداد میدان زاویه 30° درجه می سازد. حلقه حول راستای میدان با بسامد

100 دور در ثانیه می چرخد، به طوری که بردار \vec{N} روی یک مخروط حول راستای میدان حرکت می کند. نیروی

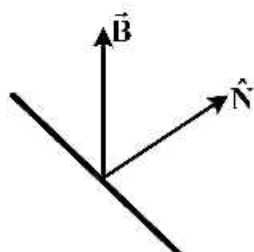
محرک القایی در حلقه جریان چند ولت است؟

(۱) صفر

(۲) $0/13$

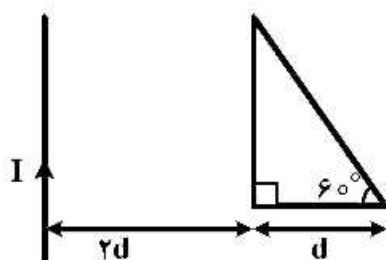
(۳) $0/50$

(۴) $0/85$



۱۰- سیم مستقیم طولی حامل جریان I مطابق شکل در مجاورت یک قاب مثلثی از جنس رسانا قرار دارد. مثلث از نوع

قائم الزاویه با زاویه حاده 60° و یک ضلع آن موازی سیم مستقیم است. القای متقابل این مجموعه کدام است؟



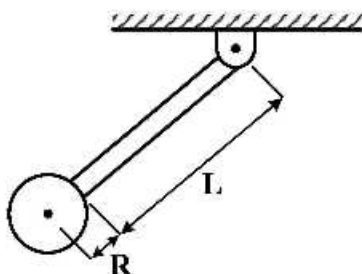
(۱) $\frac{\mu_0 d}{\sqrt{3} \pi} (2 \ln \frac{3}{2} + 1)$

(۲) $\frac{\sqrt{3} \mu_0 d}{2 \pi} (3 \ln 3 - 1)$

(۳) $\frac{\mu_0 d}{\sqrt{3} \pi} (3 \ln 3 + 2)$

(۴) $\frac{\sqrt{3} \mu_0 d}{2 \pi} (3 \ln \frac{3}{2} - 1)$

- ۱۱- یک آونگ شامل قرص یکنواختی به شعاع R و جرم m مطابق شکل به انتهای یک میله یکنواختی به طول L و جرم M متصل شده است. بسامد زاویه‌ای نوسانات کم دامنه این آونگ کدام است؟



$$\left[\frac{\left(\frac{ML}{2} + m(L+R) \right) g}{\frac{ML^2}{3} + m\left(\frac{2}{3}R^2 + L^2 + 2LR \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$\left[\frac{\left(\frac{ML}{2} + m(L+R) \right) g}{\frac{ML^2}{3} + m(2R^2 + L^2 + 2LR)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$\left[\frac{\left(\frac{ML}{2} + m(L+R) \right) g}{\frac{ML^2}{12} + m\left(\frac{2}{3}R^2 + L^2 + 2LR \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\left[\frac{(ML + m(L+R)) g}{\frac{ML^2}{12} + m(2R^2 + L^2 + 2LR)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

- ۱۲- در عمق 60 cm زیر سطح آب استخری یک گوی از حال سکون رها می‌شود. اگر چگالی گوی $4/3$ برابر چگالی آب و نیروی مقاوم وارد از آب به گوی ناچیز باشد، گوی پس از خروج از آب تا چه ارتفاعی از سطح آب بر حسب سانتی‌متر پرتاب می‌شود؟

$$40 \quad (1)$$

$$60 \quad (2)$$

$$90 \quad (3)$$

$$150 \quad (4)$$

- ۱۳- مقداری جیوه در فشار یک اتمسفر و دمای صفر درجه سانتی‌گراد موجود است. اگر در حجم ثابت دما را 10°C افزایش دهیم فشار جیوه تقریباً چند اتمسفر افزایش می‌یابد؟ (ضریب انبساط حجمی در فشار ثابت و ضریب تراکم هم دمای جیوه به ترتیب مقادیر ثابت $\beta_p = 1/9 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ و $K_T = 3/8 \times 10^{-11} \text{ Pa}^{-1}$ است.)

$$50 \quad (1)$$

$$2 \quad (2)$$

$$20 \quad (3)$$

$$500 \quad (4)$$

۱۴- پراشیدگی نور تک‌فام لیزری با طول موج $\lambda = 660 \text{ nm}$ از روی یک روزنه اولین می‌نیمم تاریک را دقیقاً در همان محلی می‌دهد که پراشیدگی نور تک‌فام لیزری با رنگ دیگر اولین ماکزیمم روشن را ایجاد می‌کند. طول موج لیزر دوم چند نانومتر است؟

(۱) ۳۳۰

(۲) ۴۴۰

(۳) ۹۹۰

(۴) ۱۳۲۰

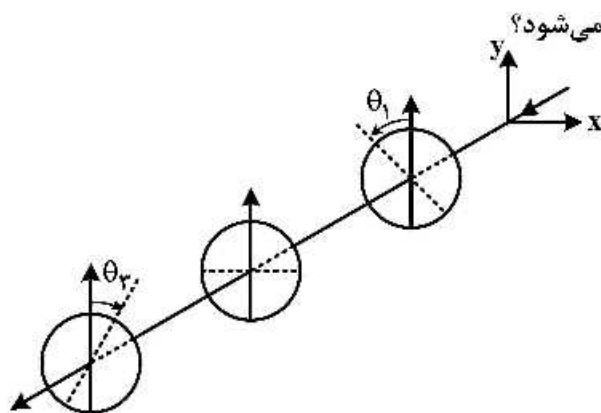
۱۵- مجموعه‌ای از ۳ صفحه قطبیده خطی موازی یکدیگر مطابق شکل چنان قرار گرفته‌اند که راستای قطبش صفحه اول $\theta_1 = 30^\circ$ (در جهت پاد ساعتگرد) و راستای قطبش صفحه دوم موازی راستای x و راستای قطبش صفحه سوم $\theta_3 = 60^\circ$ (در جهت ساعتگرد) است. پرتو نور غیر قطبیده‌ای به‌طور عمودی به این مجموعه وارد می‌شود. چه کسری از شدت نور تابشی ورودی از مجموعه خارج می‌شود؟

(۱) $\frac{\sqrt{3}}{4}$

(۲) $\frac{3}{16}$

(۳) $\sqrt{\frac{3}{8}}$

(۴) $\frac{3}{8}$



۱۶- دو عملگر \hat{A} و \hat{B} دارای خاصیت $\hat{A}f(q) = f(q + \ell)$ و $\hat{B}f(q) = f(-q)$ هستند. حاصل $\exp(\hat{A} \hat{B} \hat{A}^\dagger \hat{B} \hat{A})f(q)$ کدام است؟

(۱) $e^1 f(q)$

(۲) $e^{-1} f(q)$

(۳) $e^{\frac{q}{\ell}} f(q)$

(۴) $e^{-\frac{q}{\ell}} f(q)$

۱۷- هامیلتونی دستگاهی به‌صورت $H = \epsilon_1 a^\dagger a + \epsilon_2 b^\dagger b + \epsilon_{12} (a^\dagger b + b^\dagger a)$ است. عملگرهای a و b در روابط جابه‌جایی $[a, b] = [a, b^\dagger] = 0$ و پاد جابه‌جایی $\{a, a^\dagger\} = \{b, b^\dagger\} = 1$ و $\{a, a\} = \{b, b\} = 0$ صدق می‌کنند. اگر عملگر N به شکل $N = a^\dagger a + b^\dagger b$ تعریف شود، در تصویر هایزنبرگ حاصل $\frac{dN}{dt}$ کدام است؟

(۱) صفر

(۲) $\frac{i\epsilon_{12}}{\hbar} (a^\dagger b + b^\dagger a)$

(۳) $\frac{4i\epsilon_{12}}{\hbar} (a^\dagger a b^\dagger b)$

(۴) $\frac{i\epsilon_{12}}{\hbar} (a^\dagger b - b^\dagger a)$

۱۸- یک ذره با اسپین $\frac{1}{2}$ با ممان مغناطیسی μ در میدان مغناطیسی وابسته به زمان $\vec{B}(t)$ که در راستای z است قرار

می گیرد. اگر در لحظه $t = 0$ بردار حالت ذره $\begin{pmatrix} \cos\alpha e^{-i\beta} \\ \sin\alpha e^{i\beta} \end{pmatrix}$ باشد، راستای \hat{n} که اندازه گیری اسپین در آن راستا در

لحظه دلخواه $t > 0$ مقدار $\frac{\hbar}{2} + \frac{\hbar}{4}$ را نتیجه دهد، کدام است؟ $(\theta$ و φ راستای \hat{n} را در مختصات کروی مشخص می کنند.)

$$\theta = 2\alpha, \varphi = 2\beta + \frac{2\mu}{\hbar} B(t) \quad (1)$$

$$\theta = 2\alpha, \varphi = 2\beta + \frac{2\mu}{\hbar} \int_0^t B(t') dt' \quad (2)$$

$$\theta = \alpha, \varphi = \beta + \frac{\mu}{\hbar} B(t) \quad (3)$$

$$\theta = \alpha, \varphi = \beta + \frac{\mu}{\hbar} \int_0^t B(t') dt' \quad (4)$$

۱۹- ذره ای به جرم m درون استوانه ای به شعاع a و ارتفاع L محبوس است. در دستگاه مختصاتی که محور z منطبق بر محور استوانه و مبدأ مختصات منطبق بر مرکز قاعده پایین استوانه باشد، تابع موج ذره در مختصات استوانه ای کدام است؟ $(\Lambda$ ضریب بهنجارش، $J_m(x)$ و $N_m(x)$ توابع بسل و نویمن مرتبه m و k_{mv} برابر با v آمین صفر

$$\text{تابع } J_m(x) \text{ یا } N_m(x) \text{ است. } (\nabla^2 = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} (\rho \frac{\partial}{\partial \rho}) + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2})$$

$$\psi(\rho, \varphi, z) = A N_m \left(\frac{k_{mv}}{a} \rho \right) \sinh \left(\frac{n\pi z}{L} \right) \sin(m\varphi) \quad (1)$$

$$\psi(\rho, \varphi, z) = \Lambda J_m \left(\frac{k_{mv}}{a} \rho \right) \sinh \left(\frac{n\pi z}{L} \right) e^{im\varphi} \quad (2)$$

$$\psi(\rho, \varphi, z) = A N_m \left(\frac{k_{mv}}{a} \rho \right) \sin \left(\frac{n\pi z}{L} \right) \sin(m\varphi) \quad (3)$$

$$\psi(\rho, \varphi, z) = A J_m \left(\frac{k_{mv}}{a} \rho \right) \sin \left(\frac{n\pi z}{L} \right) e^{im\varphi} \quad (4)$$

۲۰- ویژه حالت تکانه زاویه ای مداری $|\ell = 2, m = 0\rangle$ را در نظر بگیرید. فرض کنید این حالت به اندازه θ حول محور

y دوران یابد. $p(m)$ احتمال به دست آوردن حالت های جدید در ± 2 و ± 1 و $m = 0$ کدام است؟

$$p(0) = \cos^2 \theta, \quad p(\pm 1) = \frac{1}{4} \sin^2 \theta \cos^2 \theta, \quad p(\pm 2) = \frac{1}{4} \sin^2 \theta \quad (1)$$

$$p(0) = \cos^2 0, \quad p(\pm 1) = \frac{1}{4} \sin^2 0 \cos^2 0, \quad p(\pm 2) = \frac{1}{4} \sin^2 0 \quad (2)$$

$$p(0) = \frac{1}{4} (\cos^2 \theta - 1)^2, \quad p(\pm 1) = \frac{3}{4} \sin^2 \theta \cos^2 \theta, \quad p(\pm 2) = \frac{3}{4} \sin^2 \theta \quad (3)$$

$$p(0) = \frac{1}{4} (\cos^2 \theta - 1)^2, \quad p(\pm 1) = \frac{3}{4} \sin^2 0 \cos^2 0, \quad p(\pm 2) = \frac{3}{4} \sin^2 0 \quad (4)$$

۲۱- اگر H هامیلتونی یک سیستم کوانتومی باشد، کدام سیستم دارای هر دو تقارن پاریته و وارونی زمان است؟
 $(\alpha, \beta, \gamma, \xi)$ و δ ضرایب حقیقی و \vec{r} عملگر مکان، \vec{p} عملگر تکانه خطی، \vec{L} عملگر تکانه زاویه‌ای مداری و \vec{S} عملگر اسپین ذاتی است.

$$H = \alpha \vec{p} \cdot \vec{r} - \frac{\gamma}{r} \vec{r} \cdot \vec{S} \quad (۱)$$

$$H = \frac{p^2}{2m} + \frac{\beta}{r} \vec{L} \cdot \vec{S} \quad (۲)$$

$$H = \alpha \vec{r} \cdot \vec{p} + \frac{\delta}{r^2} \vec{L} \cdot \vec{S} \quad (۳)$$

$$H = \frac{p^2}{2m} + \xi \vec{p} \cdot \vec{L} \quad (۴)$$

۲۲- ذره‌ای به جرم m در لحظه $t = 0$ ابتدا در حالت پایه چاه پتانسیل یک بعدی بی‌نهایت که دیواره‌هایش در $x = 0$ و $x = a$ است، قرار دارد. این ذره در بازه $0 \leq t < \infty$ تحت تأثیر پتانسیل اختلالی وابسته به زمان $V(x, t) = \beta x^2 e^{-t/\tau}$ قرار می‌گیرد که τ و β ثابت‌های مثبتی هستند. تا مرتبه اول اختلال وابسته به زمان، احتمال این که در $t \rightarrow \infty$ ذره در اولین حالت برانگیخته انرژی باشد، چقدر است؟ اگر $\langle x | 1 \rangle$ و $\langle x | 2 \rangle$ توابع

موج حالت پایه و اولین حالت برانگیخته ذره در چاه پتانسیل یک بعدی نامتناهی باشند $\left[\langle 2 | x^2 | 1 \rangle = -\frac{16}{9} \frac{a^2}{\pi^2} \right]$

$$\left(\frac{16a^2\tau\beta}{3\hbar\pi} \right)^2 \left(1 + \frac{3\hbar^2\pi^2\tau^2}{4m^2a^4} \right)^{-1} \quad (۱)$$

$$\left(\frac{4a^2\tau\beta}{9\hbar\pi^2} \right)^2 \left(1 + \frac{9\hbar^2\pi^2\tau^2}{2m^2a^4} \right)^{-1} \quad (۲)$$

$$\left(\frac{4a^2\tau\beta}{3\hbar\pi^2} \right)^2 \left(1 + \frac{3\hbar^2\pi^2\tau^2}{2m^2a^4} \right)^{-1} \quad (۳)$$

$$\left(\frac{16a^2\tau\beta}{9\hbar\pi^2} \right)^2 \left(1 + \frac{9\hbar^2\pi^2\tau^2}{4m^2a^4} \right)^{-1} \quad (۴)$$

۲۳- در پراکندگی کشسان ذره‌ای به جرم m با انرژی $E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$ و تکانه زاویه‌ای $\ell = 0$ (پراکندگی موج S) از

پتانسیل متقارن و کروی $V(r) = \begin{cases} -V_0 & 0 < r \leq a \\ 0 & r \geq a \end{cases}$ ($V_0 > 0$) تابع موج شعاعی در ناحیه $0 < r \leq a$

به صورت $R(r) = C_1 \frac{\sin(qr)}{r}$ و در ناحیه $r \geq a$ به صورت $R(r) = C_2 \frac{\sin(kr + \delta_0)}{r}$ است که

$q^2 = \frac{2m(E + V_0)}{\hbar^2}$. سطح مقطع کل پراکندگی در انرژی‌های پایین $E \ll V_0$ کدام است؟

$$\pi a^2 \left(\frac{\tan(qa)}{qa} + 1 \right)^2 \quad (1)$$

$$4\pi a^2 \left(\frac{\tan(qa)}{qa} + 1 \right)^2 \quad (2)$$

$$\pi a^2 \left(\frac{\tan(qa)}{qa} - 1 \right)^2 \quad (3)$$

$$4\pi a^2 \left(\frac{\tan(qa)}{qa} - 1 \right)^2 \quad (4)$$

۲۴- بار نقطه‌ای Q در فاصله d از مرکز یک پوسته رسانای کروی به شعاع R ($d > R$) که در پتانسیل صفر نگه داشته شده است، قرار دارد. کار لازم برای بردن بار نقطه‌ای Q به فاصله بی‌نهایت از مرکز پوسته کروی چقدر است؟

$$\frac{Q^2 R}{4\pi \epsilon_0 (d^2 - R^2)} \quad (1)$$

$$\frac{Q^2 R}{4\pi \epsilon_0 (d^2 - R^2)} \quad (2)$$

$$-\frac{Q^2 R}{4\pi \epsilon_0 (d^2 - R^2)} \quad (3)$$

$$-\frac{Q^2 R}{4\pi \epsilon_0 (d^2 - R^2)} \quad (4)$$

۲۵- پتانسیل الکتریکی در فضای بین دو صفحه تخت نامتناهی رسانا واقع در $z=0$ و $z=L$ که بار نقطه‌ای q در نقطه $z=z_0$ ($0 < z_0 < L$) از این فضا قرار دارد برحسب توابع بسل I_0 و K_0 کدام است؟ (دو صفحه تخت رسانا در پتانسیل الکتریکی صفر نگه داشته شده‌اند.)

$$\frac{q}{\pi \epsilon_0 L} \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{\gamma n \pi z_0}{L}\right) \sin\left(\frac{\gamma n \pi z}{L}\right) K_0\left(\frac{\gamma n \pi \rho}{L}\right) \quad (1)$$

$$\frac{q}{\pi \epsilon_0 L} \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{n \pi z_0}{L}\right) \sin\left(\frac{n \pi z}{L}\right) I_0\left(\frac{n \pi \rho}{L}\right) \quad (2)$$

$$\frac{q}{\pi \epsilon_0 L} \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{n \pi z_0}{L}\right) \sin\left(\frac{n \pi z}{L}\right) K_0\left(\frac{n \pi \rho}{L}\right) \quad (3)$$

$$\frac{q}{\pi \epsilon_0 L} \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{\gamma n \pi z_0}{L}\right) \sin\left(\frac{\gamma n \pi z}{L}\right) I_0\left(\frac{\gamma n \pi \rho}{L}\right) \quad (4)$$

۲۶- بار الکتریکی Q به صورت غیریکنواخت روی سطح کره‌ای به شعاع R متناسب با $\sin^2 \theta \cos \varphi$ توزیع شده است. θ و φ زاویه قطبی و سمتی در دستگاه مختصات کروی است که مبدأ آن منطبق بر مرکز کره است. بردار گشتاور دو قطبی الکتریکی وابسته به این توزیع بار کدام است؟

(۱) صفر

$$\frac{QR}{\lambda} (\hat{i} - \hat{j}) \quad (2)$$

$$\frac{QR}{\lambda} (\hat{i} + \hat{k}) \quad (3)$$

$$\frac{3QR}{4} \hat{i} \quad (4)$$

۲۷- برای یک توزیع بار حجمی در فضا با چگالی $\rho(\vec{r}) = \rho_0 \left(\frac{r}{R}\right)^2 e^{-\frac{r}{R}} \cos^2 \theta$ کدام یک از گشتاورهای چند قطبی کروی q_{lm} غیر صفراند؟ ((r, θ, φ) مختصات کروی یک نقطه از فضا است.)

$$Y_{00} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}}, \quad Y_{10} = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos \theta, \quad Y_{20} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{5}{4\pi}} (3 \cos^2 \theta - 1), \quad Y_{22} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{7}{4\pi}} (\Delta \cos^2 \theta - 3) \cos \theta$$

$$q_{2,0} \neq q_{1,0} \neq q_{0,0} \quad (1)$$

$$q_{2,0} \neq q_{1,0} \quad (2)$$

$$q_{2,0} \neq q_{2,2} \neq q_{1,0} \quad (3)$$

$$q_{2,0} \neq q_{0,0} \quad (4)$$

۲۸- اگر $\Phi(\vec{x}, t)$ و $\vec{A}(\vec{x}, t)$ به ترتیب پتانسیل‌های الکتریکی و مغناطیسی و $\rho(\vec{x}, t)$ چگالی حجمی بار الکتریکی باشند، در چه شرایطی رابطه $\nabla^2 \Phi = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$ در محیط خلأ برقرار است؟

(۱) به شرط آن که $\vec{\nabla} \cdot \vec{A} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \Phi}{\partial t} = 0$ باشد.

(۲) به شرط آن که $\vec{\nabla} \Phi + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} = 0$ باشد.

(۳) به شرط آن که $\vec{\nabla} \cdot \vec{A} = 0$ باشد.

(۴) همواره برقرار است.

۲۹- یک موج تخت الکترومغناطیسی با بسامد زاویه‌ای ω از فضای آزاد با ضریب شکست $n=1$ عمود بر سطح یک ماده غیرمغناطیسی ($\mu = \mu_0$) رسانا که رسانندگی آن σ است می‌تابد. ضریب شکست این ماده $n' = c\sqrt{\epsilon\mu}$ است که $\epsilon \approx \frac{i\sigma}{\omega}$. اگر E_0 دامنه موج فرودی و E''_0 دامنه موج بازتابی باشد، کدام عبارت بیانگر ضریب بازتاب

$$R = \left| \frac{E''_0}{E_0} \right|^2 \text{ بر حسب عمق پوسته } \delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \sigma \omega}} \text{ است؟}$$

$$(1) \frac{4c^2 + 2c^2 \delta^2 \omega^2}{(2c^2 + 2c\delta\omega + \delta^2 \omega^2)^2}$$

$$(2) \frac{2c^2 \delta^2 \omega^2 + \delta^4 \omega^4}{(2c^2 + 2c\delta\omega + \delta^2 \omega^2)^2}$$

$$(3) \frac{4c^2 + 2c^2 \delta^2 \omega^2 + \delta^4 \omega^4}{(2c^2 + 2c\delta\omega + \delta^2 \omega^2)^2}$$

$$(4) \frac{4c^2 + \delta^4 \omega^4}{(2c^2 + 2c\delta\omega + \delta^2 \omega^2)^2}$$

- ۳۰- سرعت الکترونی به جرم m و بار الکتریکی $-e$ از مقدار اولیه v_0 با شتاب کند شونده ثابت a به صفر می‌رسد. چه کسری از انرژی جنبشی اولیه آن به صورت تابش تلف می‌شود؟ (فرض کنید $v_0 \ll c$)

$$\frac{2e^2 \mu_0 a}{3\pi m v_0 c} \quad (1)$$

$$\frac{e^2 \mu_0 a}{3\pi m v_0 c} \quad (2)$$

$$\frac{c^2 a v_0}{3\pi \epsilon_0 c^3} \quad (3)$$

$$\frac{c^2 a v_0}{6\pi \epsilon_0 c^3} \quad (4)$$

- ۳۱- در دمای $T \geq T_0$ رابطه فشار و حجم یک گاز غیر ایده‌آل به شکل $P = P_0 \ln \frac{V}{V_0}$ است که P_0 و V_0 حجم و فشار

گاز در دمای T_0 هستند. اگر ضریب‌های $\beta_0 = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$ و $K_0 = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$ ثابت باشند، در دمای

$T > T_0$ رابطه فشار و دما کدام است؟

$$P = P_0 + \frac{\beta_0}{K_0} (T - T_0) \quad (1)$$

$$P = P_0 + \frac{2\beta_0 P_0}{K_0 P_0 + 1} (T - T_0) \quad (2)$$

$$P = P_0 + 2 \frac{\beta_0}{K_0} (T - T_0) \quad (3)$$

$$P = P_0 + \frac{\beta_0 P_0}{K_0 P_0 + 1} (T - T_0) \quad (4)$$

- ۳۲- تابع پارش یک ذره به جرم m در یک چاه پتانسیل نامتناهی یک بعدی به عرض L در دمای T به صورت

$$Z = \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\frac{\theta}{T} n^2} \quad \text{است که} \quad \theta = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2mL^2 k_B}$$

$T \ll \theta$ کدام است؟

$$2k_B \left(\frac{\theta}{T} \right) e^{-\theta/T} \quad (1)$$

$$4k_B \left(\frac{\theta}{T} \right)^2 e^{-2\theta/T} \quad (2)$$

$$9k_B \left(\frac{\theta}{T} \right)^2 e^{-3\theta/T} \quad (3)$$

$$2k_B \left(\frac{\theta}{T} \right) e^{-2\theta/T} \quad (4)$$

۳۳- تعداد N نوسانگر هماهنگ یک بعدی یکسان کوانتومی با بسامد زاویه‌ای ω_0 در دمای T را در نظر بگیرید. اگر $k_B T \gg \hbar \omega_0$ باشد و ذرات برهمکنشی با یکدیگر نداشته باشند، انرژی متوسط این مجموعه کدام است؟

$$Nk_B T \left[1 + \frac{1}{12} \left(\frac{\hbar \omega_0}{k_B T} \right)^2 \right] \quad (1)$$

$$Nk_B T \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{\hbar \omega_0}{k_B T} \right) \right] \quad (2)$$

$$Nk_B T \left[1 - \frac{1}{12} \left(\frac{\hbar \omega_0}{k_B T} \right)^2 \right] \quad (3)$$

$$Nk_B T \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\hbar \omega_0}{k_B T} \right) \right] \quad (4)$$

۳۴- یک گاز ایده‌آل کلاسیک متشکل از N مولکول دواتمی که هر یک ممان دوقطبی الکتریکی P_0 دارند ظرفی به حجم V را اشغال کرده‌اند. این گاز در یک میدان الکتریکی یکنواخت \vec{E}_0 قرار دارد. با چشم پوشی از برهمکنش میان مولکول‌ها، قطبش الکتریکی این گاز در دمای T کدام است؟ ($\beta = \frac{1}{k_B T}$)

$$\frac{NP_0}{V} \left[\cosh(\beta E_0 P_0) - \frac{1}{\beta E_0 P_0} \right] \quad (1)$$

$$\frac{NP_0}{V} \left[\coth(\beta E_0 P_0) + \frac{1}{\beta E_0 P_0} \right] \quad (2)$$

$$\frac{NP_0}{V} \left[\cosh(\beta E_0 P_0) + \frac{1}{\beta E_0 P_0} \right] \quad (3)$$

$$\frac{NP_0}{V} \left[\coth(\beta E_0 P_0) - \frac{1}{\beta E_0 P_0} \right] \quad (4)$$

۳۵- معادله منحنی تبخیر آمونیاک در نزدیکی نقطه سه‌گانه به صورت $\ln \frac{P}{P_0} = 24 - \frac{3000}{T}$ می‌باشد که T بر حسب

کلوین است. گرمای نهان تبخیر در نزدیکی نقطه سه‌گانه چند $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ است؟ ($R = 8.31 \frac{\text{J}}{\text{K.mol}}$)

(۱) ۲۵

(۲) ۳۰

(۳) ۷۵

(۴) ۹۰

۳۶- احتمال این‌که دو ذره یکسان بدون برهم‌کنش هر یک به جرم m که از تابع توزیع ماکسولی سرعت‌ها پیروی می‌کنند، یکی سرعتی بین \vec{V}_1 و $\vec{V}_1 + d\vec{V}_1$ و دیگری سرعتی بین \vec{V}_2 و $\vec{V}_2 + d\vec{V}_2$ داشته باشند به شکل

$$P(\vec{V}_1, \vec{V}_2) d^3V_1 d^3V_2 = \left(\frac{mk_B T}{2\pi\hbar^2} \right)^3 e^{-\frac{1}{2k_B T}(mV_1^2 + mV_2^2)} d^3V_1 d^3V_2$$

است. اگر $\vec{V} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$ بردار سرعت نسبی دو ذره باشد، مقدار متوسط $\langle V \rangle$ چقدر است؟ ($V = |\vec{V}|$)

$$\sqrt{\frac{4k_B T}{\pi m}} \quad (۱)$$

$$\sqrt{\frac{8k_B T}{\pi m}} \quad (۲)$$

$$\sqrt{\frac{16k_B T}{\pi m}} \quad (۳)$$

$$\sqrt{\frac{32k_B T}{\pi m}} \quad (۴)$$

۳۷- در دمای 1000 K تراز انرژی ϵ الکترون‌های اتم مس با احتمال 0.8 اشغال شده است. اگر $\epsilon_F = 7.00\text{ eV}$ باشد،

مقدار ϵ بر حسب eV کدام است؟ (ثابت بولتزمن $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ و $\ln 2 \approx 0.69$ است.)

$$6.31 \quad (۱)$$

$$7.12 \quad (۲)$$

$$6.88 \quad (۳)$$

$$7.69 \quad (۴)$$

۳۸- روش تشدید پارامغناطیسی الکترون (EPR) در چه موردی کاربرد ندارد؟

(۱) تعیین درصد عناصر شیمیایی نانوذررات کلونیدی

(۲) تشخیص وجود الکترون آزاد (جفت نشده) درون قفس یک فولرین

(۳) آشکارسازی حضور الکترون‌های رسانش در نانولوله‌ها برای تعیین فلزی یا نیمه‌رسانا بودن لوله‌ها

(۴) شناسایی حفره‌های اکسیژنی به دام افتاده در نانوخوشه‌های نیمه‌رسانای دی‌اکسید تیتانیوم

۳۹- کدام عبارت در مورد انباشت به روش کندوپاش کاتدی نادرست است؟

(تخلیه تابان = Glow discharge، کندوپاش = Sputtering)

(۱) در کندوپاش کاتدی با بسامد زیاد (hf)، کاتد می‌تواند از جنس عایق باشد.

(۲) ماده‌ای که باید کندوپاش شود به‌عنوان کاتد به ولتاژی در حدود چند کیلوولت متصل می‌شود.

(۳) فرایند کندوپاش در تخلیه تابان و در فشاری بین 10^{-3} torr تا 10^{-2} torr انجام می‌شود.

(۴) در تخلیه تابان، یک لفت کاتدی در ناحیه کاتد اتفاق می‌افتد که به نوع گاز و ماده کاتد بستگی ندارد.

- ۴۰- در سنتز شیمیایی نانوذرات کدام عامل بیشترین اثر را بر شکل ذرات تولید شده دارد؟
(پیرسازی = aging، فوق اشباع = supersaturation)
- (۱) سرعت جوانه‌زنی
 - (۲) درجه فوق اشباع
 - (۳) پایداری کلونیدی
 - (۴) تبلور مجدد و فرایند پیرسازی
- ۴۱- کدام روش برای به‌دست آوردن اطلاعات بلورشناسی لایه‌های سطح یک ماده معمولاً به کار گرفته نمی‌شود؟
- (۱) طیف‌سنجی پاشندگی انرژی پرتو ایکس (EDX)
 - (۲) پراش ناشی از انعکاس الکترون پراثرزی (RHEED)
 - (۳) پراش الکترون کم‌انرژی (LEED)
 - (۴) میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)
- ۴۲- کدام عبارت در مورد نانولوله‌های BN نادرست است؟ (کندوسوز = ablation)
- (۱) مدول یانگ بزرگ در حدود یک تراپاسکال دارند.
 - (۲) در تمام کایرالیته‌ها عایق الکتریکی باگافی در حدود $5/5\text{eV}$ هستند.
 - (۳) پایداری حرارتی - مکانیکی آن‌ها نسبت به نانولوله‌های کربنی بسیار ضعیف‌تر است.
 - (۴) ضریب هدایت حرارتی بزرگ در حدود $\frac{W}{m.K} \approx 3000$ دارند.
- ۴۳- نانوذرات کدام ترکیب در کامپوزیت‌هایی که برای ذخیره‌سازی هیدروژن ساخته شده‌اند، کاربردی ندارد؟
- | | |
|---------------------|-------------------------------|
| (۱) LaNi_5 | (۲) MgNi_2 |
| (۳) CoZr_2 | (۴) Mg_2FeH_6 |
- ۴۴- کدام عبارت در مورد فروشاره‌ها (Ferrofluids) نادرست است؟
- (۱) کلویدهایی از ذرات مغناطیسی نوعاً 10 نانومتری تک حوزه‌ای هستند.
 - (۲) مواد فرومغناطیس سختی هستند که میدان پسماند بزرگی دارند.
 - (۳) وقتی میدان مغناطیسی DC با شدت کافی عمود بر لایه شاره مغناطیسی اعمال شود، یک شبکه شش گوش دو بعدی از ستون‌های نانوذرات شکل می‌گیرد.
 - (۴) وقتی نور قطبیده خطی بر لایه شاره مغناطیسی که به آن یک میدان مغناطیسی DC موازی لایه اعمال می‌شود فرود آید، نور خروجی در سمت دیگر لایه قطبیده بیضوی است.
- ۴۵- کدام ویژگی در مورد سیلکون متخلخل (با تخلخل‌هایی در ابعاد 2 تا 50 نانومتر) نادرست است؟
- (۱) دارای خاصیت الکترولومیناس است به‌طوری‌که با اعمال ولتاژ به آن خاصیت لومینسانس نشان می‌دهد.
 - (۲) تحرک (موبیلیته) الکترون‌های آزاد در آن بسیار کم‌تر از سیلیکون حجیم (بدون تخلخل) است.
 - (۳) در دمای اتاق از خود یک فوتولومینانس قوی در محدوده فروسرخ تا فرابنفش نشان می‌دهد.
 - (۴) دارای یک فلورسانس ضعیف در بازه 96% تا $1/2$ الکترون ولت است.

