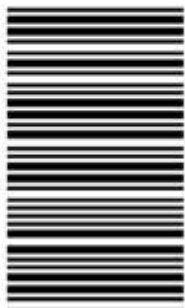


کد کنترل

674

A



674A

صبح جمعه

۹۷/۱۲/۳

دفترچه شماره (۱)



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 (نیمه متمرکز) - سال ۱۳۹۸

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 الکترودینامیک - ترمودینامیک و مکانیک آماری پیشرفته (۱) - مبانی نانو تکنولوژی	۴۵	۱	۴۵

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

این آزمون نمره منفی دارد.

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.

۱۳۹۸

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

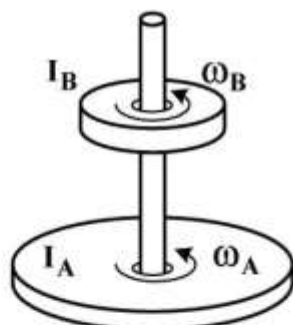
اینجانب با شماره داوطلبی در جلسه این آزمون شرکت می‌نمایم.

امضا:

۱- ماهواره‌ای در مدار دایره‌ای به شعاع R_1 به دور زمین می‌چرخد. اگر شعاع مدار ماهواره ۳ برابر شود، انرژی جنبشی آن چند برابر می‌شود؟

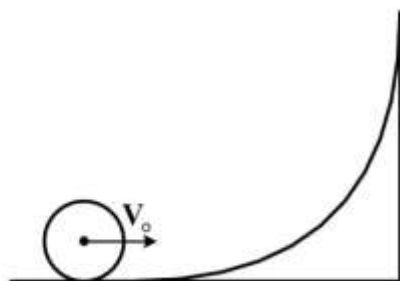
- (۱) $\frac{1}{3}$
- (۲) $\sqrt{3}$
- (۳) $\frac{1}{\sqrt{3}}$
- (۴) ۳

۲- در شکل زیر، لختی دورانی قرص A دو برابر لختی دورانی قرص B است. در ابتدا سرعت زاویه‌ای قرص A نصف سرعت زاویه‌ای قرص B است. با سقوط قرص B بر روی قرص A و چسبیدن آن‌ها به هم سرعت زاویه‌ای مجموعه چند برابر سرعت زاویه‌ای اولیه قرص A می‌شود؟



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

۳- جسم کوچکی با چگالی جرمی یکنواخت روی سطح قوسی شکل با سرعت اولیه V_0 می‌غلتد تا مرکز جرم آن به بیشینه ارتفاع $\frac{3V_0^2}{4g}$ نسبت به موقعیت اولیه خود برسد. این جسم به چه شکل است؟



- (۱) کره توخالی
- (۲) استوانه توخالی
- (۳) کره توپُر
- (۴) استوانه توپُر

۴- چگالی پروتون‌ها در باد خورشیدی در نزدیکی زمین برابر 9 cm^{-3} و تندی آن‌ها $500 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ است. چگالی جریان

این پروتون‌ها چند $\frac{\text{A}}{\text{m}^2}$ است؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

(۱) 7.2×10^{-10}

(۲) 2.8×10^{-9}

(۳) 7.2×10^{-7}

(۴) 2.8×10^{-6}

۵- ذره‌ای به جرم 2 kg در امتداد x تحت تأثیر نیروی $F(x)$ حرکت می‌کند. انرژی پتانسیل مربوط به این نیرو با

رابطه $U(x) = -4xe^{\frac{x}{4}}$ نشان داده می‌شود، که x برحسب متر و U برحسب ژول است. تندی ذره در مکان

$x = 8 \text{ m}$ برابر $3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است. بیشینه انرژی جنبشی ذره چند ژول است؟ ($e^{-1} \cong 0.37$)

(۱) 10.46

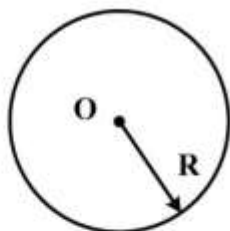
(۲) 11.8

(۳) 14.7

(۴) 15.1

۶- در شکل زیر ناحیه‌ای دایروی به شعاع $R = 3 \text{ cm}$ را نشان می‌دهد که از آن یک شار الکتریکی یکنواخت عمود

بر صفحه کاغذ و به سمت خارج می‌گذرد. شار کل گذرنده از این ناحیه به صورت $\Phi_E = 3 \times 10^{-3} \text{ t}$ است که Φ برحسب V.m و t برحسب s است. میدان مغناطیسی القایی B در نقطه‌ای به فاصله $r = 2 \text{ cm}$ از مرکز دایره چند گاوس است؟



(۱) 1.8×10^{-15}

(۲) 3.3×10^{-18}

(۳) 1.2×10^{-15}

(۴) 5.0×10^{-18}

۷- در ناحیه‌ای از فضا میدان الکتریکی به صورت $\vec{E} = 4x\hat{i} - 3y^2\hat{j}$ وجود دارد که x و y برحسب متر و \vec{E} برحسب

$\frac{\text{V}}{\text{m}}$ است. نقطه A روی محور x در مکان $x = 2 \text{ m}$ و نقطه B روی محور y در مکان $y = 3 \text{ m}$ قرار دارند. اختلاف

پتانسیل الکتریکی $V_B - V_A$ چند ولت است؟

(۱) -35

(۲) -19

(۳) $+19$

(۴) $+35$

۸- میدان مغناطیسی در فضای میان ستاره‌ای در کهکشان راه شیری 10^{-10} T است. انرژی مغناطیسی ذخیره شده در

کره‌ای به شعاع 10 سال نوری تقریباً چند ژول است؟ $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A})$

(۱) 10^{28}

(۲) 10^{31}

(۳) 10^{24}

(۴) 10^{37}

۹- تراز صوتی یک چشمه صوتی معین به اندازه 40 dB افزایش می‌یابد، شدت و دامنه فشار این چشمه از راست به چپ چند برابر شده است؟

(۱) $10 - 10^2$

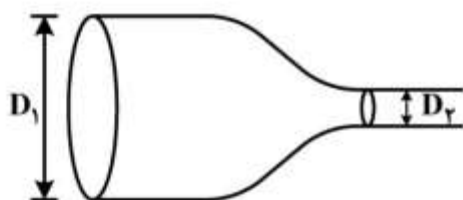
(۲) $40 - 400$

(۳) $20 - 40$

(۴) $10^2 - 10^4$

۱۰- قطر یک لوله افقی به قطر $D_1 = 20$ cm مطابق شکل به آرامی به قطر $D_2 = 8$ cm کاهش یافته است. اگر فشار مایع در قسمت اول $P_1 = 80$ kPa و در قسمت دوم $P_2 = 50$ kPa باشد، آهنگ شارش مایع در لوله بر حسب

$\frac{kg}{s}$ تقریباً کدام است؟ چگالی مایع $\frac{g}{cm^3} = 0.9$ است.



(۱) $5/3$

(۲) $7/5$

(۳) 12

(۴) 25

۱۱- تلسکوپ با قطر دهانه 5 m از روی زمین دو نقطه روی سطح ماه را رصد می‌کنند. فاصله زمین تا ماه 3.8×10^8 km و طول موج نور 550 nm فرض شود. با توجه به معیار ریلی، حداقل فاصله دو نقطه چندمتر باشد تا از یکدیگر قابل تفکیک باشند؟

(۱) 21

(۲) 42

(۳) 51

(۴) 62

۱۲- نوری با طول موج 560 nm به طور عمودی به حباب صابونی با ضریب شکست $1/4$ که در هوا معلق است می‌تابد. حداقل ضخامت حباب صابون چند نانومتر باشد تا پرتوهای بازتابی از آن تداخل سازنده داشته باشند؟

(۱) 50

(۲) 100

(۳) 150

(۴) 200

۱۳- فشار، P ، حجم V و دمای T یک ماده معین در رابطه $P = \frac{AT - BT^2}{V}$ صدق می‌کنند که A و B ضرایب ثابتی هستند، مقدار کاری که توسط این ماده در فرایندی تک فشار که دمای آن از T_0 به $3T_0$ تغییر می‌کند کدام است؟

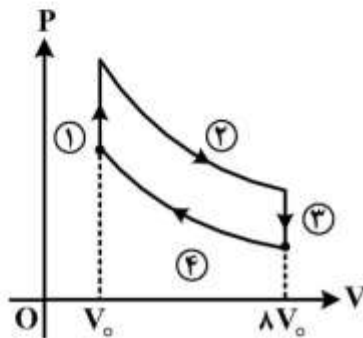
(۱) $2AT_0 - 8BT_0^2$

(۲) $\frac{2}{PV}(AT_0 - 8BT_0^2)^2$

(۳) $4AT_0 - 16BT_0^2$

(۴) $\frac{1}{PV}(2AT_0 - 4BT_0^2)^2$

۱۴- در نمودار PV چرخه شکل زیر به وسیله گاز ایدئال هلیوم با دو تحول تک حجم و دو تحول بی‌دررو (آدیاباتیکی) صورت می‌پذیرد. ضریب بهره‌وری (راندمان) چرخه کدام است؟



(۱) ۲۵

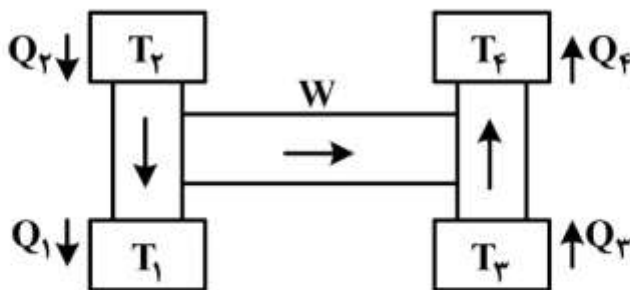
(۲) ۳۷/۵

(۳) ۵۰

(۴) ۷۵

۱۵- در نمودار زیر، از کار یک ماشین کارنو که بین دو چشمه با دماهای $T_1 = 300^\circ K$ و $T_2 = 400^\circ K$ کار می‌کند استفاده نموده و یک یخچال کارنو که بین دو چشمه با دماهای $T_3 = 250^\circ K$ و $T_4 = 300^\circ K$ کار می‌کند، به

راه می‌افتد. بدون اینکه هیچ اتلاف انرژی داشته باشیم، نسبت عددی $\frac{Q_2}{Q_3}$ کدام است؟



ماشین کارنو

یخچال کارنو

(۱) $\frac{4}{5}$

(۲) $\frac{5}{8}$

(۳) $\frac{2}{3}$

(۴) ۱

۱۶- هامیلتونی یک دستگاه کوانتومی $H = \frac{ch}{\lambda} (a_0 I + \vec{a} \cdot \vec{\sigma})$ است که I و $\vec{\sigma} = (\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z)$ به ترتیب ماتریس واحد و ماتریس های پاولی در فضای هیلبرت با بعد ۲ هستند. λ, a_0 و $\vec{a} = (a_x, a_y, a_z)$ ثابت اند. اگر این دستگاه گسیل الکترومغناطیسی انجام دهد، طول موج آن چقدر است؟ (h ثابت پلانک و c سرعت نور در خلأ است).

$$(1) \frac{\lambda}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}}$$

$$(2) \frac{\lambda}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}}$$

$$(3) \frac{\lambda a_0}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}}$$

$$(4) \frac{\lambda a_0}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}}$$

۱۷- هامیلتونی یک دستگاه کوانتومی در پایه های راست هنجار $\{|+\rangle, |-\rangle\}$ به صورت $H = \hbar\omega(|+\rangle\langle+| - i\sqrt{5}|+\rangle\langle-| + i\sqrt{5}|-\rangle\langle+| - 3|-\rangle\langle-|)$ است. در لحظه $t=0$ دستگاه در حالت $|+\rangle$ است احتمال این که این دستگاه در لحظه $t > 0$ در حالت مانای متناظر با ویژه مقدار بزرگ تر انرژی باشد، چقدر است؟

$$(1) \frac{11}{36}$$

$$(2) \frac{5}{6}$$

$$(3) \frac{1}{6}$$

$$(4) \frac{25}{36}$$

۱۸- هامیلتونی سیستمی متشکل از دو نوسانگر هماهنگ ساده یک بعدی جفت شده به صورت

$$H = \frac{p_x^2}{2m} + \frac{p_y^2}{2m} + \frac{1}{2} m\omega^2 (x^2 + y^2) + \frac{1}{2} m\omega^2 xy$$

$$(1) \sqrt{\frac{3}{\lambda}} (1 + \sqrt{2}) \hbar\omega$$

$$(2) \frac{3}{\sqrt{\lambda}} (1 + \sqrt{3}) \hbar\omega$$

$$(3) \sqrt{\frac{3}{\lambda}} (1 + \sqrt{3}) \hbar\omega$$

$$(4) \frac{3}{\sqrt{\lambda}} (1 + \sqrt{2}) \hbar\omega$$

۱۹- اگر $\hat{D}^{(j=\frac{1}{2})}(\hat{n}, \phi)$ عملگر دوران یک دستگاه کوانتومی حول محور $\hat{j} = \sqrt{\frac{2}{3}}\hat{j} + \frac{1}{\sqrt{3}}\hat{i}$ به اندازه زاویه $\phi = +60^\circ$ باشد. دوران یافته حالت $|+\rangle$ تحت این عملگر کدام است؟ $(|\pm\rangle)$ ویژه بردارهای ماتریس پاولی σ_z و \hat{i}, \hat{j} بردارهای یکه در جهت محورهای x و y هستند.

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

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

$$(3) \frac{1}{\sqrt{6}}(\sqrt{3}|+\rangle + (\sqrt{2}+i)|-\rangle)$$

$$(4) \frac{1}{\sqrt{6}}((\sqrt{2}+i)|+\rangle + \sqrt{3}|-\rangle)$$

۲۰- مجموعه‌ای متشکل از دو ذره هر یک با اسپین یک $(s_1=1, s_2=1)$ در نظر بگیرید. ویژه مقدار \hat{S}_z مجموعه برابر \hbar است که $\hat{S}_z = \hat{S}_{1z} \otimes \hat{I}_2 + \hat{I}_1 \otimes \hat{S}_{2z}$ است. اگر P_2 احتمال این که اسپین کل مجموعه $s=2$ و P_1 احتمال این که اسپین کل آن $s=1$ باشد، مقدار $\frac{P_2}{P_1}$ کدام است؟

$$(1) 1$$

$$(2) \frac{1}{2}$$

$$(3) \frac{3}{5}$$

$$(4) \frac{1}{4}$$

۲۱- اگر ψ_{ℓ}^{j, m_j} ویژه تابع مشترک عملگرهای J^2, L^2, J_z به ترتیب با ویژه مقادیر $\hbar^2 j(j+1), \hbar^2 \ell(\ell+1), m_j \hbar$ باشد، کدام عبارت در مورد توابع

$$\phi_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\psi_{\ell}^{\frac{5}{2}, \frac{3}{2}} + i \psi_{\ell}^{\frac{5}{2}, -\frac{3}{2}} \right) \text{ و } \phi_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\psi_{\ell}^{\frac{5}{2}, 2} - \psi_{\ell}^{\frac{5}{2}, -2} \right)$$

(۱) ϕ_2 ویژه تابع مشترک عملگرهای پارته و وارونی زمان است.

(۲) ϕ_1 ویژه تابع مشترک عملگرهای پارته و وارونی زمان است.

(۳) ϕ_1 و ϕ_2 هر دو ویژه تابع عملگر وارونی زمان هستند اما ϕ_1 ویژه تابع عملگر پارته نیست.

(۴) ϕ_1 و ϕ_2 هر دو ویژه تابع عملگر پارته هستند اما هیچ‌یک ویژه تابع عملگر وارونی زمان نیستند.

۲۲- اتم هیدروژنی در حالت برانگیخته $|n\ell m\rangle$ توسط میدان الکتریکی یکنواخت \vec{E}_0 مختل می‌شود به طوری که انرژی

پتانسیل برهمکنش به شکل $V(t) = \begin{cases} e\vec{E}_0 \cdot \vec{r} \sin(\omega t) & 0 \leq t \leq T \\ 0 & t < 0, t > T \end{cases}$ است. با استفاده از نظریه اختلال وابسته

به زمان مرتبه اول، گذار به کدام حالت‌های نهایی $|n'\ell'm'\rangle$ امکان پذیر است؟ $(\Delta m = m' - m, \Delta \ell = \ell' - \ell)$

$$\Delta m = 0, \pm 1, \Delta \ell = 0 \quad (1)$$

$$\Delta m = 0, \pm 1, \Delta \ell = \pm 1 \quad (2)$$

$$\Delta m = \pm 1, \pm 2, \Delta \ell = 0, \pm 1 \quad (3)$$

$$\Delta m = \pm 1, \pm 2, \Delta \ell = \pm 1, \pm 2 \quad (4)$$

۲۳- اگر دامنه پراکندگی ذره‌ای به جرم m از یک چاه پتانسیل کروی به عرض a و عمق $-V_0$ تا مرتبه اول تقریب

بورن به شکل $f(k, \theta) = -\frac{\gamma m V_0 a}{q^2 \hbar^2} \left[\cos(qa) - \frac{\sin(qa)}{qa} \right]$ باشد، جابه‌جایی فاز برای پراکندگی موج S در

انرژی‌های پایین $(ka \ll 1)$ کدام است؟ $(q = \gamma k \sin \frac{\theta}{2})$ که در آن θ زاویه پراکندگی نسبت به راستای ذره

تابشی و $E_i = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$ انرژی ذره تابشی است.)

$$\delta_0 \approx \frac{\hbar^2}{\gamma m V_0 k a^2} \left(1 - \frac{\sin(\gamma k a)}{\gamma k a} \right) \quad (1)$$

$$\delta_0 \approx \frac{\gamma m V_0 k a^2}{\hbar^2} \left(1 - \frac{\sin(\gamma k a)}{\gamma k a} \right) \quad (2)$$

$$\delta_0 \approx \frac{\hbar^2}{\gamma m V_0 k a^2} \left(\cos(\gamma k a) - \frac{\sin(\gamma k a)}{\gamma k a} \right) \quad (3)$$

$$\delta_0 \approx \frac{\gamma m V_0 k a^2}{\hbar^2} \left(\cos(\gamma k a) - \frac{\sin(\gamma k a)}{\gamma k a} \right) \quad (4)$$

۲۴- در ناحیه‌ای از فضا شامل مبدأ مختصات میدان الکتریکی به شکل $\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} (1 - e^{-\frac{r}{R}}) \frac{\hat{r}}{r^2}$ وجود دارد که در آن

R و q ثابت و r فاصله از مبدأ مختصات است. بار الکتریکی موجود در پوسته کروی با شعاع داخلی $R_1 = R$ و

شعاع خارجی $R_2 = 2R$ کدام است؟ $(\hat{r}$ بردار یگانه در امتداد بردار مکان یک نقطه و مرکز پوسته کروی منطبق

بر مبدأ مختصات است.)

$$q \left(\frac{1}{2} + \frac{\sinh(\frac{1}{2})}{\exp(1/2)} \right) \quad (1)$$

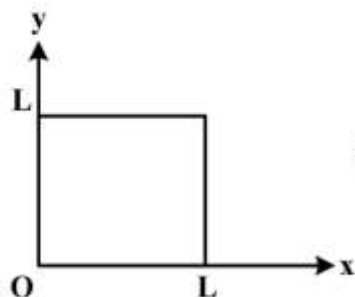
$$q \left(1 + \frac{\sinh(\frac{1}{2})}{\exp(1/2)} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\gamma q \sinh(\frac{1}{2})}{\exp(1/2)} \quad (3)$$

$$\frac{q \sinh(\frac{1}{2})}{\exp(1/2)} \quad (4)$$

۲۵- در شکل زیر مقطع یک چهار وجهی که در امتداد z دارای گسترش نامتناهی است نشان داده شده است. حجم داخل چهار وجهی با بار حجمی با چگالی یکنواخت ρ پر شده و وجوه آن در پتانسیل الکتریکی صفر نگه داشته شده‌اند. پتانسیل الکتریکی در نقطه (x, y) داخل چهار وجهی کدام است؟

$$\phi(x, y) = \frac{\rho L^{\gamma}}{\pi^{\gamma} \epsilon_0} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin(\gamma m + 1) \pi x / L}{(\gamma m + 1)^{\gamma}} \left(1 - \frac{\cosh(\gamma m + 1) \pi \left(\frac{y}{L} - \frac{1}{\gamma} \right)}{\cosh(\gamma m + 1) \frac{\pi}{\gamma}} \right) \quad (۱)$$



$$\phi(x, y) = \frac{\rho L^{\gamma}}{\pi^{\gamma} \epsilon_0} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin(\gamma m + 1) \pi x / L}{(\gamma m + 1)^{\gamma}} \left(1 - \frac{\sinh(\gamma m + 1) \pi \frac{y}{L}}{\sinh(\gamma m + 1) \pi} \right) \quad (۲)$$

$$\phi(x, y) = \frac{\rho L^{\gamma}}{\pi^{\gamma} \epsilon_0} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin(\gamma m + 1) \pi x / L}{(\gamma m + 1)^{\gamma}} \frac{\sinh(\gamma m + 1) \frac{\pi y}{L}}{\sinh(\gamma m + 1) \pi} \quad (۳)$$

$$\phi(x, y) = \frac{\rho L^{\gamma}}{\pi^{\gamma} \epsilon_0} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin(\gamma m + 1) \pi x / L}{(\gamma m + 1)^{\gamma}} \left(1 - \frac{\cosh(\gamma m + 1) \pi \left(\frac{y}{L} - \frac{1}{\gamma} \right)}{\cosh(\gamma m + 1) \frac{\pi}{\gamma}} \right) \quad (۴)$$

۲۶- در ناحیه‌ای از فضا میدان مغناطیسی ثابت $\vec{B} = B_0 \hat{j}$ موجود است. کره رسانای کامل بدون باری با سرعت غیرنسبیتی $\vec{v} = v_0 \hat{i}$ در این ناحیه در حرکت است. چگالی بار القایی روی سطح این کره کدام است؟ (پتانسیل الکتریکی در خارج از یک پوسته کروی رسانای بدون بار به شعاع a در میدان الکتریکی یکنواخت $E_0 \hat{k}$ به صورت

$$\phi = -E_0 r \cos \theta \left(1 - \frac{a^{\gamma}}{r^{\gamma}} \right) + \phi_0$$

$$\gamma \epsilon_0 B_0 V_0 \cos \theta \quad (۱)$$

$$\gamma \epsilon_0 B_0 V_0 \sin \theta \quad (۲)$$

$$\gamma \epsilon_0 B_0 V_0 \cos^{\gamma} \theta \quad (۳)$$

$$\gamma \epsilon_0 B_0 V_0 \sin \theta \cos \theta \quad (۴)$$

۲۷- سیملوله‌ای طویل به شعاع R که در واحد طول آن n دور سیم حامل جریان $I_0 \cos \omega t$ پیچیده شده است در نظر بگیرید. متوسط زمانی انرژی الکترومغناطیسی در بازه $0 \leq t \leq \frac{2\pi}{\omega}$ در واحد طول سیملوله چقدر است؟

$$\frac{\mu_0}{2} \pi R^2 n^2 I_0^2 \left(1 + \frac{\omega^2 R^2}{\lambda c^2} \right) \quad (۱)$$

$$\frac{\mu_0}{4} \pi R^2 n^2 I_0^2 \left(1 + \frac{\omega^2 R^2}{\lambda c^2} \right) \quad (۲)$$

$$\frac{\mu_0}{2} \pi R^2 n^2 I_0^2 \left(1 + \frac{\omega^2 R^2}{\lambda c^2} \right) \quad (۳)$$

$$\frac{\mu_0}{4} \pi R^2 n^2 I_0^2 \left(1 + \frac{\omega^2 R^2}{\lambda c^2} \right) \quad (۴)$$

۲۸- اگر در یک موجبر با ضریب شکست n بسامدهای زاویه‌ای قابل انتشار برای امواج الکترومغناطیسی با طول موج

λ به شکل $\lambda = \frac{c}{\omega_m} \sqrt{\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2}$ ($m = 1, 2, 3, \dots$) باشد، سرعت گروه هر کدام از این مدها کدام

است؟ c سرعت نور در خلأ و a عدد ثابتی است.

$$\frac{c}{n} \left[1 + \left(\frac{m\lambda}{2a} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (۱)$$

$$\frac{c}{2n} \left[1 + \left(\frac{m\lambda}{2a} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (۲)$$

$$\frac{c}{n} \left[1 + \left(\frac{m\lambda}{2a} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (۳)$$

$$\frac{2c}{n} \left[1 + \left(\frac{m\lambda}{2a} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (۴)$$

۲۹- محیط شفاف فعالی را در نظر بگیرید که ضریب شکست آن برای نور با قطبش دایروی راستگرد برابر $n_+ = n + \beta$ و برای نور با قطبش دایروی چپگرد برابر $n_- = n - \beta$ است (β, n اعداد حقیقی مثبتند). نوری با قطبش خطی و بسامد زاویه‌ای ω وارد این محیط می‌شود پس از طی کردن فاصله d درون این محیط مقدار زاویه‌ای که قطبش نور می‌چرخد کدام است؟

$$\frac{\omega}{c} \beta d \quad (۱)$$

$$\frac{\omega}{c} n \beta d \quad (۲)$$

$$\frac{\omega}{c} \beta d \quad (۳)$$

$$\frac{\omega}{c} n \beta d \quad (۴)$$

۳۰- ذره‌ای به جرم m و بار q تحت تأثیر نیروی کولنی ذره ثابتی با بار $-q$ در حرکت است. اگر در لحظه $t = 0$ ذره m در مداری تقریباً دایروی به شعاع R حول ذره ثابت در حرکت باشد. در چه زمانی فاصله ذره متحرک از ذره ثابت به $\frac{R}{\gamma}$ کاهش می‌یابد؟ توان تابشی کل لحظه‌ای از یک بار نقطه‌ای q که با شتاب \vec{a} حرکت می‌کند برابر با

$$\frac{q^2 |\vec{a}|^2}{6\pi\epsilon_0 c^3} \text{ است. (} c \text{ سرعت نور در خلأ است.)}$$

$$\frac{\gamma\pi^2 \epsilon_0^2 c^2 R^2 m^2}{2q^4} \quad (۱)$$

$$\frac{\gamma\pi^2 \epsilon_0^2 c^2 R^2 m^2}{4q^4} \quad (۲)$$

$$\frac{\gamma\pi^2 \epsilon_0^2 c^2 R^2 m^2}{6q^4} \quad (۳)$$

$$\frac{\gamma\pi^2 \epsilon_0^2 c^2 R^2 m^2}{2q^4} \quad (۴)$$

۳۱- سیالی درون ظرفی به صورت تک‌دما فشرده می‌شود. این فرایند به آرامی انجام می‌شود و معادله سیال در این فرایند به شکل $\ln \frac{V}{V_0} = -A(P - P_0)$ است که P و V فشار و حجم سیال و A ، P_0 و V_0 مقادیر ثابت مثبتی هستند.

اگر حجم سیال از $V_1 = \alpha V_0$ به $V_2 = \beta V_0$ تغییر کند، کار انجام شده در این فرایند کدام است؟

$$P_0 V_0 (\beta - \alpha) + \frac{V_0}{A} \ln\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \quad (۱)$$

$$P_0 V_0 (\beta - \alpha) + \frac{V_0}{A} (\alpha \ln \alpha - \beta \ln \beta) \quad (۲)$$

$$\left(P_0 + \frac{1}{A}\right) (\beta - \alpha) V_0 + \frac{V_0}{A} \ln\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \quad (۳)$$

$$\left(P_0 + \frac{1}{A}\right) (\beta - \alpha) V_0 + \frac{V_0}{A} (\alpha \ln \alpha - \beta \ln \beta) \quad (۴)$$

۳۲- یک گاز ایدئال تک اتمی از یک حالت تعادل اولیه طی دو فرایند مستقل، از دمای T_1 به دمای T_2 تحول می‌یابد. اگر

تحول تک فشار باشد تغییر آنترپپی ΔS_p و اگر تحول تک حجم باشد تغییر آنترپپی ΔS_v است. نسبت $\frac{\Delta S_v}{\Delta S_p}$

کدام است؟

(۱) ۰٫۴

(۲) ۰٫۶

(۳) ۰٫۸

(۴) ۱

۳۳- انرژی یک دستگاه بسته شامل N نوسانگر هماهنگ سه بعدی همسانگرد با بسامد زاویه‌ای یکسان ω ، برابر U

است. در حد ترمودینامیکی، دمای منتسب به این دستگاه در کدام رابطه صدق می‌کند؟

$$\frac{h\omega}{k_B T} = \ln\left(\frac{U + \frac{1}{2}N h\omega}{U - \frac{1}{2}N h\omega}\right) \quad (1)$$

$$\frac{h\omega}{k_B T} = \ln\left(\frac{\frac{1}{2}U + \frac{1}{2}N h\omega}{U - \frac{1}{2}N h\omega}\right) \quad (2)$$

$$\frac{h\omega}{k_B T} = \ln\left(\frac{U + \frac{1}{2}N h\omega}{\frac{1}{2}U - \frac{1}{2}N h\omega}\right) \quad (3)$$

$$\frac{h\omega}{k_B T} = \ln\left(\frac{\frac{1}{2}U + \frac{1}{2}N h\omega}{\frac{1}{2}U - \frac{1}{2}N h\omega}\right) \quad (4)$$

۳۴- یک دستگاه ترمودینامیکی شامل N نوسانگر هماهنگ و همسانگرد سه بعدی هر یک به جرم m ، بار q و بسامد

زاویه‌ای ω تحت تأثیر میدان الکتریکی $\vec{E} = E_0 \hat{z}$ در نظر بگیرید. تابع پارش این دستگاه کدام است؟ $\beta = \frac{1}{k_B T}$

$$\frac{e^{\beta N q^2 E_0^2 / 2 m \omega^2}}{\left(2 \sinh\left(\frac{\beta \hbar \omega}{2}\right)\right)^{3N}} \quad (1)$$

$$\frac{e^{-\beta N q^2 E_0^2 / 2 m \omega^2}}{\left[2 \sinh(\beta \hbar \omega)\right]^N} \quad (2)$$

$$\frac{e^{2 \beta N q^2 E_0^2 / 2 m \omega^2}}{\left(2 \sinh\left(\frac{\beta \hbar \omega}{2}\right)\right)^{3N}} \quad (3)$$

$$\frac{e^{-\beta N q^2 E_0^2 / 2 m \omega^2}}{\left[2 \sinh(\beta \hbar \omega)\right]^N} \quad (4)$$

۳۵- کاواکی به حجم V_0 در دمای T_0 در نظر بگیرید. اگر حجم این کاواک به آرامی (برگشت پذیر) و بی دررو افزایش یافته و به $2V_0$ برسد، دمای نهایی کاواک چند برابر T_0 است؟ (کاواک را جسم سیاه در نظر بگیرید).

$$(1) \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$(2) \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

$$(3) \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$(4) \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

۳۶- معادله حالت n مول گاز واندر والس به شکل $(P + \frac{an^2}{V^2})(V - nb) = nRT$ است. اگر C_p و C_v به ترتیب ظرفیت گرمایی گاز در فشار و حجم ثابت باشند، حاصل $(C_p - C_v)$ کدام است؟

$$(1) nR \left(1 - \frac{2ab^2 n^2}{V^2 RT} \right)^{-1}$$

$$(2) nR \left(1 + \frac{2ab^2 n^2}{V^2 RT} \right)$$

$$(3) nR \left(1 + \frac{2an(V - nb)^2}{V^2 RT} \right)$$

$$(4) nR \left(1 - \frac{2an(V - nb)^2}{V^2 RT} \right)^{-1}$$

۳۷- برای یک گاز فرمیونی با چگالی حالت‌های $g(\epsilon)$ ، رابطه $\mu(T)$ انرژی پتانسیل شیمیایی در دمای T برحسب انرژی فرمی (ϵ_F) کدام است؟ ($g'(\epsilon_F)$ مشتق تابع $g(\epsilon)$ در نقطه $\epsilon = \epsilon_F$ است).

$$(1) \mu(T) = \epsilon_F + \frac{\pi^2}{6} (k_B T)^2 \frac{g'(\epsilon_F)}{g(\epsilon_F)}$$

$$(2) \mu(T) = \epsilon_F - \frac{\pi^2}{6} \epsilon_F (k_B T) \frac{g'(\epsilon_F)}{g(\epsilon_F)}$$

$$(3) \mu(T) = \epsilon_F + \frac{\pi^2}{6} \epsilon_F (k_B T) \frac{g'(\epsilon_F)}{g(\epsilon_F)}$$

$$(4) \mu(T) = \epsilon_F - \frac{\pi^2}{6} (k_B T)^2 \frac{g'(\epsilon_F)}{g(\epsilon_F)}$$

- ۳۸- کدام عبارت در مورد روش پلی یول (polyol) درست است؟
 (۱) روش سنتز غیرآبی نانوذرات است.
 (۲) شیوه مفیدی در سنتز آلیاژها و خوشه‌های دو فلزی نانوکریستال است.
 (۳) برای تولید نانوذرات فلزی کاربردی ندارد.
 (۴) گزینه‌های ۱ و ۲
- ۳۹- مکانیزم غالب در سینترینگ نانوپودرها کدام است؟
 (۱) نفوذ سطحی
 (۲) لغزش مرزدانه‌ها
 (۳) حرکت نابجایی‌ها
 (۴) چرخش دانه‌ها
- ۴۰- کدام عبارت در مورد سیلیکای ریز تخلخل (mesoporous) نادرست است؟
 (۱) دیواره‌های سیلیکاتی حفره‌ها ساختار بلوری منظم دارد.
 (۲) به‌عنوان حل کننده دارو و سستور حیاتی کاربرد فراوانی دارند.
 (۳) ساختار تخلخلی منظم با حفره‌هایی به اندازه ۲ نانومتر تا ۲۰ نانومتر دارند.
 (۴) مساحت سطح بسیار بزرگ (معمولاً بیش از $\frac{m^2}{g}$ ۱۰۰۰) دارند.
- ۴۱- کدام عبارت در مورد (۱) طیف گسیلی از نانوذرات کلئیدی نیم‌رسانا و مورد (۲) طیف جذبی نانوذرات کلئیدی فلزی درست است؟
 (۱) هر دو مورد به شدت به ابعاد نانوذره بستگی دارند.
 (۲) مورد (۱) تقریباً مستقل از ابعاد نانوذره است اما مورد (۲) به شدت به ابعاد نانوذره بستگی دارد.
 (۳) مورد (۱) به شدت به ابعاد نانوذره بستگی دارد اما مورد (۲) تقریباً مستقل از ابعاد نانوذره است.
 (۴) هر دو مورد تقریباً مستقل از ابعاد نانوذره هستند.
- ۴۲- کدام ترکیب، یک ماده فرومغناطیس آلی غیر پلیمری است؟
 (۱) ترکیب مولکول C_{60} با مولکول تولوئن
 (۲) ترکیب نانولوله کربنی با مولکول تولوئن
 (۳) ترکیب مولکول C_{60} با مولکول دی‌متیل آمینواتیلن (TDAE)
 (۴) ترکیب نانو لوله کربنی با مولکول دی‌متیل آمینواتیلن (TDAE)
- ۴۳- کدام عبارت در مورد گرافن (Graphene) نادرست است؟
 (۱) استحکام کششی (tensile strength) آن ده‌ها بار بیشتر از فولاد است.
 (۲) صفحه‌ای به ضخامت حدود 0.35 نانومتر از کربن با شبکه بلوری از نوع لانه زنبوری است.
 (۳) رابطه پاشندگی (ساختار نواری) آن در نقاط دیراک خطی و جرم موثر الکترون‌های رسانش صفر است.
 (۴) نیمه‌رسانایی با گاف نواری 1eV است و موبیلیته الکترون‌ها در دمای اتاق ناچیز است.
- ۴۴- نقاط کوانتومی کدام ماده به‌عنوان حسگر زیستی (bio sensor) مناسب‌تر است؟
 (۱) CdS_e (۲) ZnO (۳) $CdTe$ (۴) ZnS

۴۵- کدام فاز نانوذرات TiO_2 در کاربردهای فوتوکاتالیست یا سلول‌های خورشیدی (dye-sensitized) کاربرد بهتری دارد؟

(۲) آناتاز (anatase)

(۱) بروکایت (brookite)

(۴) ورتسایت (wurtzite)

(۳) روتایل (rutile)

