

# پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

کد کنترل



274E

274

E

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 می شود.»  
امام خمینی (ره)

## آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمترکز) – سال ۱۳۹۹

### رشته علوم و فناوری نانو – فانوفیزیک – کد (۲۲۳۷)

مدت پاسخ‌گویی: ۱۵۰ دقیقه

تعداد سؤال: ۴۵

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سوالات

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 نانوتکنولوژی	۴۵	۱	۴۵

این آزمون نمره منفی دارد.

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

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

۱۳۹۹

آخرین اخبار و اطلاعات آزمون دکتری در وب سایت پی اچ دی تست

# پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۲

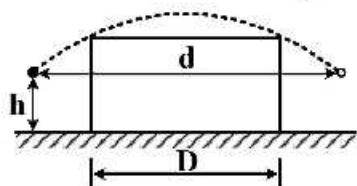
آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه متمرکز) – کد (۲۲۳۷) – ۲۷۴E

\* داوطلب گرامی، عدم درج مشخصات و امضا در مندرجات جدول ذیل، بهمنزله 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 پاسخ نامه و دفترچه سوالات، نوع و کد کنترل درج شده بر روی دفترچه سوالات و پائین پاسخ نامه ام را تأیید می نمایم.

امضا:

-۱ مطابق شکل زیر به یک توپ بیسبال در ارتفاع  $h = 1m$  ضربه زده می شود و سپس در همان ارتفاع توپ گرفته می شود. توپ از پهلوی دیواری می گذرد 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 دیوار به اندازه  $D = 60\text{ m}$  جابه جا می شود.  $d$  فاصله افقی پیموده شده توپ از لحظه ضربه خوردن تا لحظه گرفتن، چند متر است؟

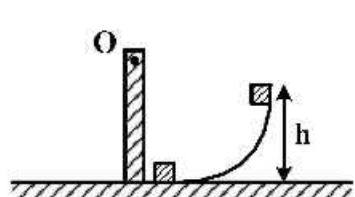


- (۱) ۷۵  
(۲) ۱۰۸  
(۳) ۱۳۰  
(۴) ۱۶۸

-۲ نیروی  $\vec{F} = 2x\hat{i} + 3\hat{j}$  که در آن  $F$  بر حسب نیوتون و  $x$  بر حسب متر است به ذره ای در صفحه  $y - x$  وارد می شود و ذره از نقطه  $\vec{r}_1 = 2\hat{i} + 3\hat{j}$  به نقطه  $\vec{r}_2 = -4\hat{i} - 3\hat{j}$  منتقال می یابد. کار انجام شده توسط نیروی  $\vec{F}$  در این جابه جایی بر حسب ژول کدام است؟

- (۱) -۴۳  
(۲) -۶  
(۳) ۱۲  
(۴) ۳۰

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



- $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$  است؟  
(۱)  $\frac{\sqrt{6}}{2}$   
(۲)  $\frac{2\sqrt{6}}{3}$   
(۳)  $\sqrt{6}$   
(۴)  $\frac{3\sqrt{6}}{5}$

# پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۳

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تممرکز) – کد (۲۲۳۷) – ۲۷۴E

-۴ یک منظومه دو ستاره‌ای شامل دو ستاره نوترونی است که با دورهٔ 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

$$G = 6.7 \times 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

ستاره چند کیلوگرم است؟

۱)  $1.5 \times 10^{26}$  (۱)

۲)  $4.2 \times 10^{24}$  (۲)

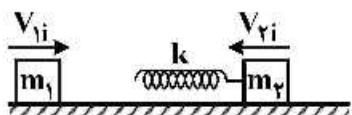
۳)  $7.6 \times 10^{25}$  (۳)

۴)  $1.3 \times 10^{29}$  (۴)

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

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

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



۱) ۵۸

۲) ۵۰

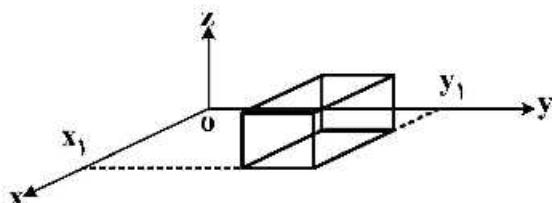
۳) ۳۰

۴) ۲۱

-۶ شکل زیر سطح بسته گاووسی به شکل مکعب را نشان می‌دهد که هر صلع آن  $2m$  است و یکی از گوشه‌های آن در نقطه  $(x_1 = 0, z_1 = 0, y_1 = 6m)$  قرار دارد. این مکعب در ناحیه‌ای با میدان الکتریکی  $\vec{E} = -4\hat{x} + 2\hat{k} N/C$

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

است؟



۱)  $-\frac{8}{9\pi}$

۲)  $-\frac{4}{3\pi}$

۳)  $-\frac{1}{9\pi}$

۴)  $\frac{22}{9\pi}$

# پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

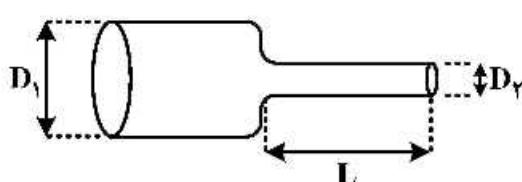
صفحه ۴

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه متمرکز) – کد (۲۲۳۷) – ۲۷۴E

-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  $\Omega \cdot m^{-1} \times 10^{-8}$  است و جریان الکتریکی از آن عبور می‌کند به طوری که افت پتانسیل در

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



(۱)  $2.5 \times 10^4$

(۲) ۲۰۰

(۳)  $2.5 \times 10^7$

(۴) ۴۰

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

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 ۱۵cm 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  $30^\circ$  درجه می‌سازد. حلقه حول راستای میدان با بسامد ۱۰۰ دور در ثانیه می‌چرخد، به طوری که بردار  $\hat{N}$  روی یک مخروط حول راستای میدان حرکت می‌کند. نیروی محرک القایی در حلقه جریان چند ولت است؟



(۱) صفر

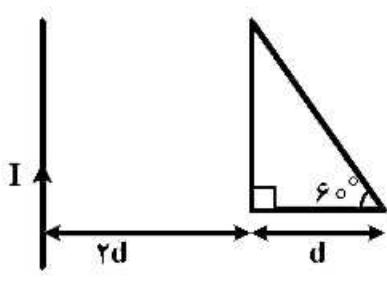
(۲)  $0.13$

(۳)  $0.50$

(۴)  $0.85$

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

قائم الزاویه با زاویه حاده  $60^\circ$  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)  $\frac{\mu_0 d}{\sqrt{3}\pi} (3 \ln 3 + 2)$

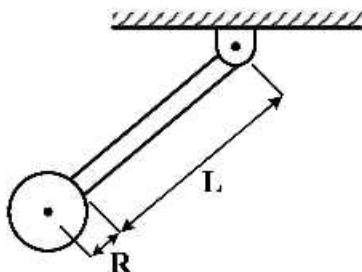
(۴)  $\frac{\sqrt{3} \mu_0 d}{2\pi} (3 \ln \frac{3}{2} - 1)$

# پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۵

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تممرکز) – کد (۲۲۳۷) – ۲۷۴E

- 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؟



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

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

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

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

- ۱۲- در عمق  $60\text{ cm}$  زیر سطح آب استخراج یک گوی از حال سکون رها می‌شود. اگر چگالی گوی  $0.4$  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؟

(۱) ۴۰

(۲) ۶۰

(۳) ۹۰

(۴) ۱۵۰

- ۱۳- مقداری جیوه در فشار یک اتمسفر و دمای صفر درجه سانتی‌گراد موجود است. اگر در حجم ثابت دما را  $10^\circ\text{C}$  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  $K_T = 3/8 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  و  $\beta_p = 1/9 \times 10^{-4} \text{ Pa}^{-1}$  است.)

(۱) ۵°

(۲) ۲

(۳) ۲۰

(۴) ۵۰۰

# پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۶

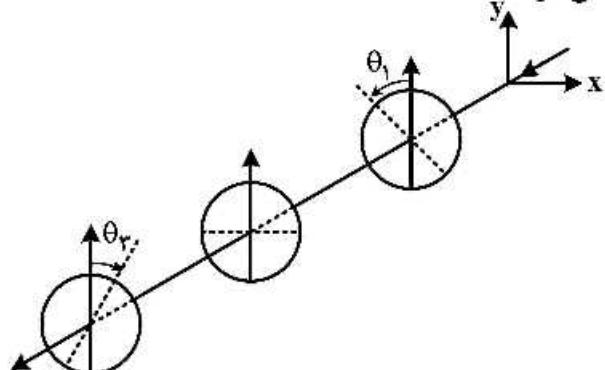
آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تممرکز) – کد (۲۲۳۷) – ۲۷۴E

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

- (۱) ۳۳۰
- (۲) ۴۴۰
- (۳) ۹۹۰
- (۴) ۱۳۲۰

- ۱۵ مجموعه‌ای از ۳ صفحه قطبینده خطی موازی یکدیگر مطابق شکل چنان قرار گرفته‌اند که راستای قطبش صفحه اول  $\theta_1 = 20^\circ$  (در جهت پاد ساعتگرد) و راستای قطبش صفحه دوم موازی راستای  $x$  و راستای قطبش صفحه سوم  $\theta_2 = 60^\circ$  (در جهت ساعتگرد) است. برتو نور غیرقطبیده‌ای 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)  $\frac{\sqrt{3}}{8}$
- (۴)  $\frac{3}{8}$

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

- (۱)  $e^{\ell} f(q)$
- (۲)  $e^{-\ell} f(q)$
- (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 جابه‌جاگری  $[a, a^\dagger] = [b, b^\dagger] = 0$  و  $[a, b] = [b, a^\dagger] = 0$  صدق می‌کنند. اگر عملگر  $N = a^\dagger a + b^\dagger b$  تعریف شود، در تصویر هایزنبیرگ 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)  $\frac{i\epsilon_{12}}{\hbar} (a^\dagger b - b^\dagger a)$

# پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

- ۱۸- یک ذره با اسپین  $\frac{1}{2}$  با مامان مغناطیسی  $\mu$  در میدان مغناطیسی وابسته به زمان  $(t)$   $\vec{B}$  که در راستای  $z$  است قرار می‌گیرد. اگر در لحظه  $t = 0$  بردار حالت ذره  $\hat{n}$  که اندازه‌گیری اسپین در آن راستا در

لحظه دلخواه  $t > 0$  مقدار  $\frac{\hbar}{2} + \text{رانتیجه دهد، کدام است؟}$  ( $\theta$  و  $\phi$  راستای  $\hat{n}$  را در مختصات کروی مشخص می‌کنند).

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

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

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

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

- ۱۹- ذره‌ای به جرم  $m$  درون استوانه‌ای 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 استوانه‌ای کدام است؟ ( $\Lambda$ ) ضریب بهنجارش،  $N_m(x)$  و  $J_m(x)$  توابع بسل و نویمن مرتبه  $m$  و  $m_{\text{inv}}$  برابر با ۷ آمین صفر

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

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

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

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

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

- ۲۰- ویژه حالت تکانه زاویه‌ای مداری  $\langle \ell = 2, m = 0 | \rangle$  را در نظر بگیرید. فرض کنید این حالت به اندازه  $\theta$  حول محور  $y$  دوران یابد.  $p(m)$  احتمال به دست آوردن حالت‌های جدید در  $\pm 2$  و  $\pm 1$  و  $m = 0$  کدام است؟

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

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

$$p(0) = \frac{1}{4} (2 \cos^2 \theta - 1)^2, \quad p(\pm 1) = \frac{3}{4} \sin^2 \theta \cos^2 \theta, \quad p(\pm 2) = \frac{3}{8} \sin^2 \theta \quad (3)$$

$$p(0) = \frac{1}{4} (2 \cos^2 0 - 1)^2, \quad p(\pm 1) = \frac{3}{8} \sin^2 0 \cos^2 0, \quad p(\pm 2) = \frac{3}{4} \sin^2 0 \quad (4)$$

# پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

- ۲۱ اگر  $H$  هامیلتونی یک سیستم کوانتومی باشد، کدام سیستم دارای هر دو تقارن پاریته و وارونی زمان است؟  
 (  $\alpha, \beta, \gamma$  و  $\delta$  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).

$$H = \alpha \vec{p} \cdot \vec{r} - \frac{\gamma}{r} \vec{r} \cdot \vec{S} \quad (1)$$

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

$$H = \alpha \vec{r} \cdot \vec{p} + \frac{\delta}{r^y} \vec{L} \cdot \vec{S} \quad (3)$$

$$H = \frac{p^x}{\gamma m} + \xi \vec{p} \cdot \vec{L} \quad (4)$$

- ۲۲ ذره‌ای به جرم  $m$  در لحظه  $t=0$  ابتدا در حالت پایه چاه پتانسیل یک بعدی بی‌نهایت که دیواره‌هاش 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  $\tau$  و  $\beta$  ثابت‌های مثبتی هستند. تا مرتبه اول اختلال وابسته به زمان، احتمال این که در  $\infty \rightarrow t$  ذره در اولین حالت برانگیخته انرژی باشد، چقدر است؟ [اگر  $\langle 1 | x | 1 \rangle$  و  $\langle 2 | x | 1 \rangle$  توابع موج حالت پایه و اولین حالت برانگیخته ذره در چاه پتانسیل یک بعدی نامتناهی باشند]
- $$\left[ \langle 2 | x^2 | 1 \rangle = -\frac{16a^2}{9\pi^2} \right]$$

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

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

$$\left( \frac{4a^2 \tau \beta}{9\hbar\pi^2} \right)^{\frac{1}{2}} \left( 1 + \frac{9\hbar^2 \pi^2 \tau^2}{4m^2 a^4} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

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

# پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۹

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) – کد (۲۲۳۷) – ۲۷۴E

- 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  $V(r) = \begin{cases} -V_0 & 0 < r \leq a \\ 0 & r \geq a \end{cases}$  تابع موج شعاعی در ناحیه  $r \leq a$  به صورت  $R(r) = C_1 \frac{\sin(kr + \delta_0)}{r}$  و در ناحیه  $r \geq a$  به صورت  $R(r) = \frac{\sin(qr + \delta_0)}{r} = \frac{2m(E + V_0)}{\hbar^2}$  است که سطح مقطع کل پراکندگی در انرژی‌های پایین  $V_0 \ll E$  کدام است؟

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

$$4\pi a^3 \left( \frac{\tan(qa)}{qa} + 1 \right)^{-1} \quad (2)$$

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

$$4\pi a^3 \left( \frac{\tan(qa)}{qa} - 1 \right)^{-1} \quad (4)$$

- 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؟

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

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

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

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

# پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۰

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تممرکز) – کد (۲۲۳۷) – ۲۷۴E

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

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

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

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

$$\frac{q}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{2n\pi z_0}{L}\right) \sin\left(\frac{2n\pi z}{L}\right) I_n\left(\frac{2n\pi\rho}{L}\right) \quad (4)$$

- ۲۶- بار الکتریکی  $Q$  به صورت غیریکنواخت روی سطح کره‌ای به شعاع  $R$  متناسب با  $\varphi^2 \sin^2 \theta \cos^2 \theta$  توزیع شده است.  $\theta$  و  $\varphi$  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

$$\frac{QR}{\lambda} (3\hat{i} - 2\hat{j}) \quad (2)$$

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

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

- ۲۷- برای یک توزیع بار حجمی در فضا با چگالی  $\rho(r) = \rho_0 \left(\frac{r}{R}\right)^4 e^{-\frac{r}{R}} \cos^2 \theta$ ، کدام یک از گشتاورهای چند قطبی کروی  $q_{lm}$  غیر صفر است؟ ( $r, \theta, \varphi$ ) مختصات کروی یک نقطه از فضا است.

$$Y_{00} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}}, \quad Y_{10} = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos\theta, \quad Y_{20} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{5}{4\pi}} (2\cos^2\theta - 1), \quad Y_{30} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{7}{4\pi}} (5\cos^2\theta - 3)\cos\theta$$

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

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

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

$$q_{2,0}, q_{00} \quad (4)$$

# پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۱

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) – کد (۲۲۳۷) – ۲۷۴E

- ۲۸- اگر  $(\vec{A}, t)$  و  $\Phi(\vec{x}, t)$  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 خلا برقرار است؟

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

$$(2) \text{ به شرط آن که } \vec{\nabla} \Phi + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} = 0 \text{ باشد.}$$

$$(3) \text{ به شرط آن که } \vec{\nabla} \cdot \vec{A} = 0 \text{ باشد.}$$

(4) همواره برقرار است.

- ۲۹- یک موج تخت الکترومغناطیسی با بسامد زاویه‌ای  $\sigma$  از فضای آزاد با ضریب شکست  $n = 1$  عمود بر سطح یک ماده غیرمغناطیسی ( $\mu_r = \mu_0$ ) رسانا که رسانندگی آن  $\sigma$  است می‌تابد. ضریب شکست این ماده  $n' = \sqrt{\mu_r}$  است که  $\frac{i\sigma}{\omega}$ . اگر  $E_o$  دامنه موج فرودی و  $E''_o$  دامنه موج بازنگری باشد، کدام عبارت بیانگر ضریب بازنگر است؟

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \sigma \omega}} \quad \text{بر حسب عمق پوسته} \quad R = \left| \frac{E''_o}{E_o} \right|^2$$

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

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

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

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

# پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۲

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) – کد (۲۲۳۷) – ۲۷۴E

- 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  $e \ll m$ )

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

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

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

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

- 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  $V_0$  و  $P_0$  حجم و فشار گاز در دمای  $T_0$  هستند. اگر ضریب‌های  $K_0 = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$  و  $\beta_0 = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$  ثابت باشند، در دمای  $T > T_0$  رابطه فشار و دما کدام است؟

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

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

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

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

- ۳۲ تابع پارش یک ذره به جرم  $m$  در یک چاه پتانسیل نامتناهی یک بعدی به عرض  $L$  در دمای  $T$  به صورت  $Z = \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\frac{\theta n^2}{T}}$  است که  $\theta = \frac{\pi^2 \hbar^2}{4mL^2 k_B}$ . گرمای ویژه در حجم ثابت این دستگاه در حد دماهای پایین کدام است؟  $T \ll \theta$

$$4k_B \left( \frac{\theta}{T} \right) e^{-\frac{\theta}{T}} \quad (1)$$

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

$$4k_B \left( \frac{0}{T} \right)^2 e^{-\frac{\theta}{T}} \quad (3)$$

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

# پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۳

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌مت مرکز) – کد (۲۲۳۷) – ۲۷۴E

- ۳۳ - تعداد  $N$  نوسانگ هماهنگ یک بعدی یکسان کوانتومی با بسامد زاویه‌ای  $\omega_0$  در دمای  $T$  را درنظر 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 متتشکل از  $N$  مولکول دواتمی که هر یک میان دوقطبی الکتریکی  $P_e$  دارند ظرفی به حجم  $V$  را اشغال کرده‌اند. این گاز در یک میدان الکتریکی یکنواخت  $E_0$  قرار دارد. با چشم پوشی از برهمکنش میان مولکول‌ها، قطبش الکتریکی این گاز در دمای  $T$  کدام است؟

$$\beta = \frac{1}{k_B T} \quad (5)$$

$$\frac{NP_e}{V} \left[ \text{Cosh}(\beta E_0 P_e) - \frac{1}{\beta E_0 P_e} \right] \quad (1)$$

$$\frac{NP_e}{V} \left[ \text{Coth}(\beta E_0 P_e) + \frac{1}{\beta E_0 P_e} \right] \quad (2)$$

$$\frac{NP_e}{V} \left[ \text{Cosh}(\beta E_0 P_e) + \frac{1}{\beta E_0 P_e} \right] \quad (3)$$

$$\frac{NP_e}{V} \left[ \text{Coth}(\beta E_0 P_e) - \frac{1}{\beta E_0 P_e} \right] \quad (4)$$

- ۳۵ - معادله منحنی تبخیر آمونیاک در نزدیکی نقطه سه‌گانه به صورت  $\ln \frac{P}{P_0} = ۲۴ - \frac{۳۰۰۰}{T}$  می‌باشد که  $T$  بر حسب

$$\left( R = ۸/۳ \frac{J}{K \cdot mol} \right) \quad \frac{kJ}{mol} \quad \text{است؟}$$

۲۵ (۱)

۳۰ (۲)

۷۵ (۳)

۹۰ (۴)

# پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۴

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌مت مرکز) – کد (۲۲۳۷) – ۲۷۴E

- 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  $\vec{V}_2 + d\vec{V}_1$  و دیگری سرعتی بین  $\vec{V}_2$  و  $\vec{V}_2 + d\vec{V}_2$  داشته باشند به شکل

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

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

(۱)  $\sqrt{\frac{4k_B T}{\pi m}}$

(۲)  $\sqrt{\frac{8k_B T}{\pi m}}$

(۳)  $\sqrt{\frac{16k_B T}{\pi m}}$

(۴)  $\sqrt{\frac{32k_B T}{\pi m}}$

- ۳۷- در دمای  $1000\text{ K}$  تراز انرژی  $\in_F$  الکترون‌های اتم مس با احتمال  $8 \times 10^{-5}$  اشغال شده است. اگر  $V_F = 700\text{ eV}$  باشد،

مقدار  $eV$  بر حسب  $k_B$  کدام است؟ (ثابت بولتزمن  $J/K = 1.38 \times 10^{-23}$  و  $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \ln 2 \approx 0.00138$  است).

(۱)  $6.31$

(۲)  $7.12$

(۳)  $6.88$

(۴)  $7.69$

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

(۱) تعیین درصد عناظر شیمیایی نانوذرات کلوئیدی

(۲) تشخیص وجود الکترون ازad (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 ناتو خوش‌های نیمه‌رسانا دی‌اکسید تیتانیوم

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

(۱)  $\text{Tخلیه تابان} = \text{Glow discharge}$ ,  $\text{کندوپاش} = \text{Sputtering}$

(۲) در کندوپاش کاتدی با سامد زیاد ( $hf$ ), کاتد می‌تواند از جنس عایق باشد.

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

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

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

# پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۵

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) – کد (۲۲۳۷) – ۲۷۴E

- 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 کلوئیدی  
۴) تبلور مجدد و فرایند پیرسازی
- ۴۱- کدام روش برای بدست 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 پرانرژی (RHEED)  
۳) پراش الکترون کم انرژی (LEED)  
۴) میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)
- ۴۲- کدام عبارت در مورد نانولوله‌های BN نادرست است؟ (کندوسوز = ablation)
- ۱) مدول بانگ 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 تسبیت به نانولوله‌های کربنی بسیار ضعیفتر است.  
۴) ضریب هدایت حرارتی بزرگ در حدود  $3000 \frac{\text{W}}{\text{m.K}}$  دارند.
- ۴۳- نانوذرات کدام ترکیب در کامپوزیت‌هایی که برای ذخیره‌سازی هیدروژن ساخته شده‌اند، کاربردی ندارد؟
- ۱)  $\text{LaNi}_5$   
۲)  $\text{MgNi}_2$   
۳)  $\text{CoZr}_2$   
۴)  $\text{Mg}_2\text{FeH}_6$
- ۴۴- کدام عبارت در مورد فروشاره‌ها (Ferrofluids) نادرست است؟
- ۱) کلوییدهایی 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 درمورد سیلیکون متخلخل (با تخلخل‌هایی در ابعاد  $2$  تا  $50$  نانومتر) نادرست است؟
- ۱) دارای خاصیت الکترولومینسانس است به طوری که 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 فوتولومینسانس قوی در محدوده فروسرخ تا فرابینکش نشان می‌دهد.  
۴) دارای یک فلورسانس ضعیف در بازه  $96\% / 2$  الکترون ولت است.

# پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۶

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌متاخر) – کد (۲۲۳۷) – ۲۷۴E