



478F

کد کنترل

478

F

## آزمون (نیمه‌تمرکز) ورود به دوره‌های دکتری – سال ۱۴۰۲

دفترچه شماره (۱)

صبح پنج‌شنبه

۱۴۰۱/۱۲/۱۱



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

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

### فوتونیک (کد ۲۲۳۹)

زمان پاسخ‌گویی: ۱۳۵ دقیقه

تعداد سؤال: ۴۵

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سوالات

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	نا شماره
۱	مجموعه دروس تخصصی: – فیزیک مدرن – مکانیک کوانتومی و مکانیک کوانتومی پیشرفت – الکترومغناطیس و الکترودینامیک	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 تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز این سازمان مجاز می‌باشد و با مخالفین برای مرورات رفتار می‌شود.

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

صفحه ۲

( 478F )

فوتونیک (کد ۲۲۳۹)

\* داوطلب گرامی، عدم درج مشخصات و امضا در مندرجات جدول زیر، بهمنزله عدم حضور شما در جلسه آزمون است.

اینجانب ..... با شماره داوطلبی ..... با آگاهی کامل، یکسان بودن شماره صندلی خود با شماره داوطلبی مندرج در بالای کارت ورود به جلسه، بالای پاسخ نامه و دفترچه سؤالات، نوع و کد کنترل درج شده بر روی جلد دفترچه سؤالات و پایین پاسخ نامه ام را تأیید می نمایم.

امضا:

مجموعه دروس تخصصی (فیزیک مدرن - مکانیک کوانتومی و مکانیک کوانتومی پیشرفتی - الکترومغناطیس و الکترودینامیک):

-۱ انرژی جنبشی یک الکترون آزاد  $J = 10^{-13} \times 1/6$  است. مقدار سرعت آن تقریباً چند  $\frac{m}{s}$  است؟ (انرژی سکون

الکترون را  $eV = 5 \times 10^5$  فرض کنید).

(۱)  $2/1 \times 10^6$

(۲)  $4/8 \times 10^6$

(۳)  $1/5 \times 10^8$

(۴)  $2/8 \times 10^8$

-۲ اگر فاصله فضا - زمانی دو رویداد معین A و B نسبت به یک ناظر اینرسی خاص فضاغونه باشد، کدام عبارت

همواره درست است؟

(۱) فاصله فضا - زمانی A و B نسبت به یک ناظر اینرسی معین می تواند نورگونه باشد.

(۲) فاصله فضا - زمانی A و B نسبت به دیگر ناظرهای اینرسی می تواند زمان گونه باشد.

(۳) ترتیب زمانی رخ دادن A و B نسبت به تمام ناظرهای اینرسی یکسان است.

(۴) ترتیب زمانی رخ دادن A و B نسبت به ناظرهای اینرسی مختلف می تواند تغییر کند.

-۳ یک هسته رادیواکتیو با تندی  $\frac{c}{3}$  به سمت زمین در حرکت است و در همان راستایی که در حرکت است الکترونی

با تندی  $\frac{c}{4}$  نسبت به هسته رادیواکتیو به سمت زمین پرتاب می کند. تندی الکترون نسبت به زمین، کدام است؟

(۱)  $\frac{2}{3}c$

(۲)  $\frac{6}{7}c$

(۳)  $\frac{2}{7}c$

(۴)  $\frac{2}{9}c$

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

صفحه ۳

( 478F )

فوتونیک (کد ۲۲۳۹)

- ۴ طول موج گسیلی از یک اتم در حال سکون برابر  $600\text{ nm}$  است. اگر این اتم با تندی  $7.5 \times 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  از شما دور شود انرژی هر فوتونی که به شما می‌رسد، به تقریب چند eV است؟
- (۱) ۱/۲۴ (۲) ۱/۶۰ (۳) ۲/۰۷ (۴) ۲/۶۸
- ۵ فوتونی با انرژی  $15\text{ keV}$  تحت پراکنده‌گی کامپتون به اندازه  $60^\circ$  از مسیر اولیه خود انحراف می‌یابد. پس از پراکنده‌گی طول موج این فوتون تقریباً چند درصد تغییر یافته است؟
- (۱) ۳/۰ (۲) ۳۰ (۳) ۱/۵ (۴) ۱۵
- ۶ دو حفره سیاه ایده‌آل در نظر بگیرید. بیشینه تابش برای حفره اول در طول موج  $600\text{ nm}$  و برای حفره دوم در طول موج  $400\text{ nm}$  رخ می‌دهد. در مقایسه با حفره سیاه دوم کدام عبارت در مورد شدت تابش گسیلی از حفره سیاه اول، درست است؟
- (۱) در تمام طول موج‌ها شدت تابش بیشتر است.  
(۲) در تمام طول موج‌ها شدت تابش کمتر است.  
(۳) در طول موج‌های کوتاه شدت تابش کمتر و در طول موج‌های بزرگ شدت تابش بیشتر است.  
(۴) در طول موج‌های کوتاه شدت تابش بیشتر و در طول موج‌های بزرگ شدت تابش کمتر است.
- ۷ در فضای میان ستاره‌ای اتم‌های هیدروژنی در حالت برانگیخته با عدد کوانتمی اصلی  $n = 720$  پیدا شده است. شعاع مداری الکترون در این اتم، به تقریب چقدر است؟
- (۱)  $3/8\text{ nm}$  (۲)  $38\text{ nm}$  (۳)  $27/5\mu\text{m}$  (۴)  $2/8\mu\text{m}$
- ۸ الکترونی در یک جعبه یک‌بعدی به طول  $5\text{ nm}$  محبوس است. اگر الکترون از حالت برانگیخته اول به حالت پایه گذار کند، طول موج فوتون گسیلی، چند متر است؟
- (۱)  $2/7 \times 10^{-5}$  (۲)  $8/1 \times 10^{-4}$  (۳)  $2/7 \times 10^{-6}$  (۴)  $8/1 \times 10^{-7}$
- ۹ معان اینرسی مولکول HCl برابر  $kg \cdot m^{-47} \times 10^{-3}$  است. انرژی اولین حالت برانگیخته دورانی این مولکول چند eV است؟
- (۱)  $2/3 \times 10^{-3}$  (۲)  $4/6 \times 10^{-3}$  (۳)  $2/1 \times 10^{-6}$  (۴)  $1/1 \times 10^{-6}$

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

صفحه ۴

( 478F )

فوتونیک (کد ۲۲۳۹)

- ۱۰- کدام عبارت، در مورد واپاشی بتا، نادرست است؟
- ۱) در این واپاشی قوانین پایستاری بار الکتریکی، ممنتوم خطی و ممنتوم زاویه‌ای برقرار است.  
۲) درون هسته یک نوترون به پروتون تبدیل و یک الکترون تولید می‌شود.  
۳) در این واپاشی علاوه بر الکترون‌های آزاد، ذرات پادنوتروینو هم تولید می‌شوند.  
۴) یک الکترون از یکی از ترازهای اتمی به داخل هسته سقوط کرده و یک پروتون و نوترون آزاد می‌شود.
- ۱۱- اگر در واپاشی هر هسته  $U^{238}$  مقدار  $200 \text{ MeV}$  انرژی آزاد شود. در واپاشی  $1 \text{ kg}$  از این ماده چند ژول انرژی آزاد می‌شود؟ (جرم مولی اورانیوم  $238 \text{ g/mol}$  است.)
- ۱)  $1.9 \times 10^9$   
۲)  $1.9 \times 10^{13}$   
۳)  $8.1 \times 10^9$   
۴)  $8.1 \times 10^{13}$
- ۱۲- تقارن پاریته در کدام نوع از برهمکنش‌های بنیادی نقض می‌شود؟
- ۱) هسته‌ای قوی  
۲) هسته‌ای ضعیف  
۳) الکترومغناطیسی  
۴) گرانش
- ۱۳- بنابر مشاهدات انجام شده جهان کنونی در چه وضعیتی است و بنابر نظریه استاندارد کیهان‌شناسی عامل آن چیست؟
- ۱) در حال انقباض شتابدار - وجود انرژی تاریک  
۲) در حال انبساط شتابدار - وجود انرژی تاریک  
۳) در حال انبساط با تندری ثابت - وجود ماده تاریک  
۴) در حال سکون پایدار - وقوع مهبانگ در ابتدای تولد کیهان
- ۱۴- ذره مزون  $\pi^0$  در حالت سکون به دو فوتون تلاشی می‌یابد:  $\gamma + \gamma \rightarrow \pi^0$ . طول موج هر یک از دو فوتون بر حسب متر کدام است؟ (جرم سکون  $\pi^0$  برابر  $135 \text{ MeV}/c^2$  است.)
- ۱)  $1.8 \times 10^{-14}$   
۲)  $9.2 \times 10^{-15}$   
۳)  $8.9 \times 10^{-26}$   
۴)  $2.8 \times 10^{-8}$
- ۱۵- در پراکندگی ذرات آلفا از یک ورقه نازک نقره تعداد ذرات آلفا که در هر ثانیه در زاویه پراکندگی  $\theta = 60^\circ$  آشکار می‌شوند چند برابر تعداد ذرات آلفا است که در زاویه پراکندگی  $\theta = 90^\circ$  آشکار می‌شوند؟
- ۱)  $\frac{16}{9}$   
۲)  $\frac{4}{3}$   
۳)  $\frac{4}{2}$   
۴)  $\frac{2}{1}$

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

صفحه ۵

( 478F )

فوتونیک (کد ۲۲۳۹)

- ۱۶- تابع موج یک سیستم کوانتومی که در راستای  $x$  حرکت می‌کند در لحظه به شکل زیر است:  
 $\psi(x,t) = A e^{-\lambda|x|} e^{-i\omega t}$

که در آن  $\lambda$ ,  $A$  و  $\omega$  ضریب‌های ثابت حقیقی مثبتی هستند. مقدار چشم‌داشتی عملگر  $\hat{x}$  در این حالت، کدام است؟

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

$$\frac{1}{4\lambda} \quad (2)$$

$$-\frac{1}{4\lambda} \quad (3)$$

$$-\frac{1}{2\lambda} \quad (4)$$

- ۱۷- اگر در مسئله یک بعدی، انرژی پتانسیل تابع زوجی از مختصه مکان  $x$  باشد، کدام عبارت در مورد حل‌های معادله شرودهینگر مستقل از زمان درست است؟

(۱) این حل‌ها را می‌توان فقط توابعی زوج از مختصه  $x$  اختیار کرد.

(۲) این حل‌ها را می‌توان توابعی زوج یا فرد از مختصه  $x$  اختیار کرد.

(۳) این حل‌ها همواره توابعی زوج یا فرد از مختصه  $x$  هستند.

(۴) این حل‌ها همواره توابعی زوج از مختصه  $x$  هستند.

- ۱۸- کدام عبارت، در مورد ویژه مقدار متناظر با هر ویژه تابع بهنجارش پذیر عملگر انرژی درست است؟

(۱) این ویژه مقدار از مقدار بیشینه مطلق تابع انرژی پتانسیل همواره بیشتر است.

(۲) این ویژه مقدار از مقدار بیشینه مطلق تابع انرژی پتانسیل همواره کمتر است.

(۳) این ویژه مقدار از مقدار کمینه مطلق تابع انرژی پتانسیل می‌تواند کمتر باشد.

(۴) این ویژه مقدار از مقدار کمینه مطلق تابع انرژی پتانسیل همواره بیشتر است.

- ۱۹- تابع موج یک نوسانگر هماهنگ یک‌بعدی با بسامد زاویه‌ای  $\omega$  در لحظه  $t=0$  به شکل  $\psi(x,0) = A [3u_1 - 4u_2]$  است که در آن  $A$  ضریبی ثابت و  $(x)u_n$  ها ویژه توابع بهنجار انرژی این نوسانگر با انرژی  $E_n$  هستند. احتمال آن که در لحظه  $t > 0$  در اندازه‌گیری انرژی نوسانگر مقدار  $E_2$  به دست آید، کدام است؟

$$\frac{16}{25} \quad (1)$$

$$\frac{4}{5} \quad (2)$$

$$\frac{16}{25} \cos^2(2\omega t) \quad (3)$$

$$\frac{4}{5} \cos(2\omega t) \quad (4)$$

- ۲۰- نوسانگر هماهنگ یک‌بعدی در لحظه  $t=0$  در یک حالت همدوس قرار دارد. کدام ویژگی برای تابع حالت نوسانگر در لحظه دلخواه  $t > 0$  نادرست است؟

(۱) این تابع در تمام زمان‌ها ویژه تابع عملگر تعداد  $N = a^\dagger a$  نیست.

(۲) تابع حالت نوسانگر در تمام زمان‌ها ویژه تابع عملگر پایین بر  $a$  است.

(۳) مقدار چشم‌داشتی عملگر مکان در تمام لحظه‌ها برابر صفر است.

(۴) رابطه عدم قطعیت مکان و ممنتوم خطی در تمام لحظه‌ها مقدار کمینه خود را دارد.

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

صفحه ۶

( 478F )

فوتونیک (کد ۲۲۳۹)

- ۲۱ اگر  $A$  عملگر تانسور کروی از مرتبه ۳ و  $B$  عملگر تانسور کروی از مرتبه ۱ باشد، کدام عبارت درست است؟

۱) از مجموع حاصل ضرب مؤلفه های این دو عملگر با ضرایب کلبش - گوردن مناسب می توان تانسورهای کروی از مرتبه های ۲، ۳ و ۴ ساخت.

۲) از مجموع حاصل ضرب مؤلفه های این دو عملگر با ضرایب کلبش - گوردن مناسب می توان فقط تانسور کروی از مرتبه ۴ ساخت.

۳) عملگر  $AB$  تانسوری کروی از مرتبه ۲ است.

۴) عملگر  $AB$  تانسوری کروی از مرتبه ۴ است.

- ۲۲- یک ذره اسپین  $\frac{1}{2}$  در حالت  $\left| \chi \right\rangle = \begin{pmatrix} \sqrt{3}-i \\ 1 \end{pmatrix}$  قرار دارد. مقدار عدم قطعیت در اندازه گیری عملگر  $S_x$  در این

حالت، کدام است؟

$$\frac{\hbar\sqrt{2}}{5} \quad (1)$$

$$\frac{\hbar\sqrt{13}}{10} \quad (2)$$

$$\frac{\hbar\sqrt{11}}{2} \quad (3)$$

$$\frac{\hbar}{2\sqrt{3}} \quad (4)$$

- ۲۳- دو ذره غیربرهمکنشی یکسان در داخل یک چاه بی نهایت یک بعدی قرار دارند. اگر دو ذره بوزون باشند، کدام عبارت در مورد تابع حالت پایه و اولین حالت برانگیخته این مجموعه، درست است؟

۱) حالت پایه تبھگن مرتبه ۲ و حالت برانگیخته اول غیرتبھگن است.

۲) حالت پایه غیرتبھگن و حالت برانگیخته اول تبھگن مرتبه ۲ است.

۳) حالت پایه و حالت برانگیخته اول هر دو غیرتبھگن هستند.

۴) حالت پایه و حالت برانگیخته اول هر دو تبھگن مرتبه ۲ هستند.

- ۲۴- کدام عبارت در مورد فرمول بندی انتگرال مسیری مکانیک کوانتمی نادرست است؟

۱) در این فرمول بندی کمیت های فیزیکی، کمیت هایی کلاسیکی و نه عملگر هایی در فضای هیلبرت هستند.

۲) برای انجام محاسبات در سیستم های کوانتمی با بی نهایت درجه آزادی این فرمول بندی بسیار مناسب تر است.

۳) در محاسبه انتشار گر از نقطه  $i\vec{z}_f$  به نقطه  $i\vec{z}_i$  نه تنها مسیر کلاسیک بلکه تمام مسیرها میان این دو نقطه سهم دارند.

۴) این فرمول بندی، کاملاً معادل فرمول بندی شرودینگری نیست و فقط در مواردی که هامیلتونی سیستم مستقل از زمان است کاربرد دارد.

- ۲۵- حاصل جابه جاگر  $[L_x^2, L_z]$  چیست؟ ( $x, y$  و  $z$  عملگرهای مکان، و  $L_x^2 + L_y^2 + L_z^2 = L^2$  مربع عملگر ممتوном زاویه مداری است).

$$2i\hbar(xL_y + yL_x + i\hbar z) \quad (1)$$

$$2i\hbar(xL_y - yL_x - i\hbar z) \quad (2)$$

$$2i\hbar(xL_y + yL_x - i\hbar z) \quad (3)$$

$$2i\hbar(xL_y - yL_x + i\hbar z) \quad (4)$$

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

- ۲۶- عملگر وارونی زمان چه نوع عملگری است؟

- (۱) یکانی
- (۲) هرمیتی
- (۳) پادیکانی
- (۴) پادهرمیتی

- ۲۷- اگر  $\chi$  یک اسپینور دو مؤلفه‌ای دلخواه و  $\sigma_k$  ها ( $k = 1, 2, 3$ ) ماتریس‌های پاؤلی باشند، کدام عبارت درست است؟

- (۱) مجموعه سه ماتریس  $\sigma_k$  تحت دوران یک عملگر تانسور دکارتی مرتبه یک تشکیل می‌دهند.

- (۲) مجموعه سه کمیت  $\chi^\dagger \sigma_k \chi$  تحت دوران یک عملگر تانسور دکارتی مرتبه یک تشکیل می‌دهند.

- (۳) مجموعه سه کمیت  $\chi^\dagger \sigma_k \chi$  تحت دوران یک عملگر تانسور کروی مرتبه دو تشکیل می‌دهند.

- (۴) مجموعه سه ماتریس  $\sigma_k$  تحت دوران یک عملگر تانسور کروی مرتبه دو تشکیل می‌دهند.

- ۲۸- اگر جمله اصلاح نسبیتی به هامیلتونی اتم هیدروژن به شکل  $H_r = -\frac{p^4}{8m^3c^2}$  باشد، مقدار تغییر تراز انرژی

در اولین مرتبه اختلال، کدام است؟  $E_n$

$$-\frac{1}{2mc^2} \left[ E_n^2 + 2E_n \left( \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right) \left\langle \frac{1}{r} \right\rangle + \left( \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \left\langle \frac{1}{r^2} \right\rangle \right] \quad (1)$$

$$-\frac{1}{2mc^2} \left[ E_n^2 - 2E_n \left( \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right) \left\langle \frac{1}{r} \right\rangle + \left( \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \left\langle \frac{1}{r^2} \right\rangle \right] \quad (2)$$

$$-\frac{1}{2mc^2} \left[ 2E_n \left( \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right) \left\langle \frac{1}{r} \right\rangle + \left( \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \left\langle \frac{1}{r^2} \right\rangle \right] \quad (3)$$

$$-\frac{1}{2mc^2} \left[ 2E_n \left( \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right) \left\langle \frac{1}{r} \right\rangle - \left( \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \left\langle \frac{1}{r^2} \right\rangle \right] \quad (4)$$

- ۲۹- هامیلتونی یک ذره اسپین  $\frac{1}{2}$  به شکل  $H = \hbar\Omega\sigma_z + \hbar\omega(\sigma_x \cos\alpha t + \sigma_y \sin\alpha t)$  است. اگر بردار حالت ذره

در لحظه  $t = 0$  برابر  $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$  باشد، احتمال آن که در لحظه  $t > 0$  بردار حالت ذره  $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$  باشد کدام است؟

$$\frac{4\omega^2}{(\Omega + \alpha)^2 + 4\omega^2} \sin^2 \left( \sqrt{(\Omega + \alpha)^2 + 4\omega^2} t \right) \quad (1)$$

$$\frac{2\omega^2}{(\Omega + \alpha)^2 + 4\omega^2} \sin^2 ((\Omega + \alpha)t) \quad (2)$$

$$\frac{2\omega^2}{(\Omega - \alpha)^2 + 4\omega^2} \sin^2 \left( \sqrt{(\Omega - \alpha)^2 + 4\omega^2} t \right) \quad (3)$$

$$\frac{4\omega^2}{(2\Omega + \alpha)^2 + 4\omega^2} \sin^2 ((2\Omega + \alpha)t) \quad (4)$$

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

- ۳۰ در نظریه پراکندگی (scattering)، کدام عبارت درباره قضیه اپتیکی  $\sigma_{\text{tot}} = \frac{4\pi}{k} \text{Im}(f(\theta=0))$  درست است؟

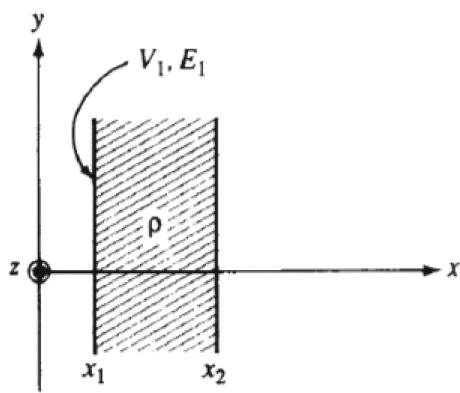
۱) این قضیه فقط در تقریب اول بورن برقرار است و در پراکندگی از هر نوع پتانسیل کاربرد دارد.

۲) قضیه‌ای دقیق است که در پراکندگی از هر نوع پتانسیل کاربرد دارد.

۳) این قضیه فقط در تقریب اول بورن برقرار است و فقط در پراکندگی از پتانسیل‌های مرکزی صادق است.

۴) قضیه‌ای دقیق است اما فقط در پراکندگی از پتانسیل‌های مرکزی (با تقارن کروی) صادق است.

- ۳۱ درون یک تیغه بزرگ بار الکتریکی با چگالی حجمی یکنواخت  $\rho$  توزیع شده است. مطابق شکل زیر در مرز  $x = x_1$  پتانسیل و میدان الکتریکی به ترتیب مقدارهای ثابت  $V_1$  و  $E_1$  را دارند. پتانسیل الکتریکی در نقطه‌ای داخل تیغه با مختصات  $(x, y, z)$  کدام است؟



$$-\frac{\rho}{3\epsilon_0}(x - x_1)^3 + E_1(x - x_1) + V_1 \quad (1)$$

$$-\frac{\rho}{3\epsilon_0}(x - x_1)^3 - E_1(x - x_1) + V_1 \quad (2)$$

$$-\frac{\rho}{2\epsilon_0}(x - x_1) + E_1(x - x_1)^3 + V_1 \quad (3)$$

$$-\frac{\rho}{2\epsilon_0}(x - x_1)^3 - E_1(x - x_1) + V_1 \quad (4)$$

- ۳۲ دو صفحه رسانای تخت بی‌نهایت ۱ و ۲ به فاصله  $d$  موازی هم قرار دارند. بار نقطه‌ای  $q$  در فضای میان دو صفحه و

به فاصله  $\frac{d}{3}$  از صفحه ۱ قرار دارد. بار القایی روی صفحه ۲ کدام است؟

$$-\frac{3q}{4} \quad (1)$$

$$-\frac{2q}{3} \quad (2)$$

$$-\frac{q}{3} \quad (3)$$

$$-\frac{q}{4} \quad (4)$$

- ۳۳ داخل یک دی الکتریک با ضریب گذردهی  $\epsilon$  میدان جابه‌جایی  $\vec{D}$  در نقطه‌ای با مختصات استوانه‌ای  $(r, \phi, z)$

توسط رابطه  $\vec{D} = r \sin \phi \hat{r} + r^2 \cos \phi \hat{\phi} + 2r e^{-2z} \hat{k}$  تعیین می‌شود. چگالی بار الکتریکی در

نقطه  $(\frac{2\pi}{3}, \frac{2\pi}{3})$  داخل دی الکتریک، کدام است؟

$$-13 \quad (1)$$

$$-9 \quad (2)$$

$$-\frac{14}{\epsilon} \quad (3)$$

$$-7\epsilon \quad (4)$$

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

صفحه ۹

( 478F )

فوتونیک (کد ۲۲۳۹)

- ۳۴- ماده‌ای با ضریب گذردهی  $\epsilon$  و ضریب هدايت الکتریکی  $\sigma$  تحت تأثیر میدان الکتریکی متنابی با بسامد زاویه‌ای  $\omega$  قرار دارد. نسبت اندازه چگالی جریان رسانش  $|\tilde{J}_C|$  به اندازه چگالی جریان جابه‌جایی  $|\tilde{J}_D|$  کدام است؟

$$\frac{\epsilon \omega}{\sigma} \quad (1)$$

$$\frac{\sigma \omega}{\epsilon} \quad (2)$$

$$\frac{\sigma}{\epsilon \omega} \quad (3)$$

$$\frac{\epsilon}{\sigma \omega} \quad (4)$$

- ۳۵- مرکز سه کره رسانا منطبق بر رأس‌های یک مثلث متساوی‌الاضلاع است. طول ضلع این مثلث  $L = 48\text{ cm}$ . شعاع سه کره به ترتیب  $r_3 = L/12$ ،  $r_2 = L/6$  و  $r_1 = L/24$  و پتانسیل سه کره به ترتیب  $\phi_1 = 1\text{ V}$ ،  $\phi_2 = 4\text{ V}$  و  $\phi_3 = 10\text{ V}$  است. ماتریس ضرایب پتانسیل این مجموعه، کدام است؟

$$\frac{25}{48\pi\epsilon_0} \begin{pmatrix} 24 & 1 & 10 \\ 1 & 12 & 4 \\ 10 & 4 & 6 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\frac{5}{8\pi\epsilon_0} \begin{pmatrix} 12 & 1 & 10 \\ 1 & 6 & 4 \\ 10 & 4 & 3 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\frac{25}{48\pi\epsilon_0} \begin{pmatrix} 24 & 1 & 1 \\ 1 & 12 & 1 \\ 1 & 1 & 6 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$\frac{15}{8\pi\epsilon_0} \begin{pmatrix} 12 & 2 & 2 \\ 2 & 6 & 0 \\ 2 & 0 & 3 \end{pmatrix} \quad (3)$$

- ۳۶- میدان مغناطیسی  $H$  درون یک رسانای استوانه‌ای با رابطه  $\hat{H} = 4r^3 \hat{\phi}$  داده می‌شود. چگالی جریان داخل این رسانا کدام است؟

$$r^4 \hat{r} \quad (1)$$

$$16r^3 \hat{k} \quad (2)$$

$$16r^2 \hat{k} \quad (3)$$

$$r^7 \cos\phi \hat{r} \quad (4)$$

- ۳۷- یک موج بر مستطیلی پر از هوا در فرکانس  $30\text{ GHz}$  کار می‌کند. با فرض آن که فرکانس قطع مد  $TM_{21}$  برابر  $18\text{ GHz}$  باشد، طول موج این مد چند  $\text{cm}$  است؟

$$1/25 \quad (1)$$

$$2/50 \quad (2)$$

$$0/8 \quad (3)$$

$$0/4 \quad (4)$$

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

صفحه ۱۰

( ۴۷۸F )

فوتونیک (کد ۲۲۳۹)

- ۳۸ - میدان الکتریکی موجی که در امتداد محور  $z$  انتشار یافته  $\vec{E} = E_0 \left( e^{-ikz} - i\frac{1}{\omega} e^{ikz+\phi} \right) e^{i\omega t} \hat{e}_x$  است که  $E_0$ ,  $\phi$  و  $\omega$  کمیت‌های ثابت حقیقی هستند. متوسط توانی که واحد سطح عمود بر جهت انتشار این موج دریافت می‌کند کدام است؟

$$\frac{24E_0^2 k}{5\pi\epsilon_0\omega} \quad (1)$$

$$\frac{24E_0^2 k}{25\epsilon_0\omega} \quad (2)$$

$$\frac{24E_0^2 k}{25\mu_0\omega} \quad (3)$$

$$\frac{24E_0^2 k}{5\mu_0\omega} \quad (4)$$

- ۳۹ - برای ماده رسانایی با ضریب تراوایی مغناطیسی  $\mu$  و ضریب هدایت الکتریکی  $\sigma$  مؤلفه‌های میدان مغناطیسی  $H_i$  برای  $i = 1, 2, 3$  در کدام رابطه صدق می‌کنند؟

$$\nabla^2 H_i = \frac{\sigma}{\mu} \frac{\partial^2 H_i}{\partial t^2} \quad (1)$$

$$\nabla^2 H_i = \frac{\mu}{\sigma} \frac{\partial H_i}{\partial t} \quad (2)$$

$$\nabla^2 H_i = \mu\sigma \frac{\partial H_i}{\partial t} \quad (3)$$

$$\nabla^2 H_i = \mu\sigma \frac{\partial^2 H_i}{\partial t^2} \quad (4)$$

- ۴۰ - بار نقطه‌ای  $q$  در صفحه  $y - x$  در مسیری دایره‌ای به شعاع  $R$  حول مبدأ مختصات با سرعت زاویه‌ای ثابت  $\omega$  می‌چرخد. کدام چگالی بار حجمی مشخص کننده این توزیع بار در مختصات کروی است؟

$$\frac{q}{R^2} \delta(r - R) \delta(\sin\theta) \delta(\phi - \omega t) \quad (1)$$

$$\frac{q}{R^2} \delta(r - R) \delta(\cos\theta) \delta(\phi - \omega t) \quad (2)$$

$$\frac{q\omega}{2\pi R} \delta(r - R) \delta(\cos\theta) \delta(\phi - \omega t) \quad (3)$$

$$\frac{q \sin\theta}{\omega R} \delta(r - R) \delta(\theta) \delta(\phi - \omega t) \quad (4)$$

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

صفحه ۱۱

( ۴۷۸F )

فوتونیک (کد ۲۲۳۹)

- ۴۱- بار نقطه‌ای  $q$  داخل کرده رسانای متصل به زمین به شعاع  $a$  قرار دارد. فاصله بار نقطه‌ای تا مرکز کره  $\frac{3}{4}a$  است. اندازه نیروی وارد بر این بار کدام است؟

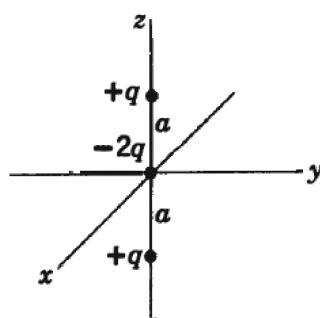
$$\frac{q^2}{48\pi\epsilon_0 a^2} \quad (1)$$

$$\frac{27q^2}{256\pi\epsilon_0 a^2} \quad (2)$$

$$\frac{3q^2}{16\pi\epsilon_0 a^2} \quad (3)$$

$$\frac{9q^2}{8\pi\epsilon_0 a^2} \quad (4)$$

- ۴۲- ممان‌های چندقطبی  $q_{\ell m}$  غیرصفر برای توزیع بار نشان داده در شکل زیر کدام هستند؟



$$q_{\ell 0} = \sqrt{(2\ell+1)/4\pi} q a^{\ell+2}, \quad \ell = 2, 4, 6, \dots \quad (1)$$

$$q_{\ell 0} = \sqrt{(2\ell+1)/4\pi} q a^{\ell+2}, \quad \ell = 1, 3, 5, \dots \quad (2)$$

$$q_{\ell 0} = \sqrt{(2\ell+1)/\pi} q a^{\ell}, \quad \ell = 2, 4, 6, \dots \quad (3)$$

$$q_{\ell 0} = \sqrt{(2\ell+1)/\pi} q a^{\ell}, \quad \ell = 1, 3, 5, \dots \quad (4)$$

- ۴۳- پتانسیل اسکالر مغناطیسی برای یک پوسته استوانه‌ای بسیار بلند به شعاع داخلی  $a$  و شعاع خارجی  $b$  و ضریب نفوذپذیری  $\mu$  در مختصات استوانه‌ای به شکل زیر داده شده است:

$$\phi_M(\rho, \varphi) = \begin{cases} \left( \alpha_1 \rho + \frac{\alpha_2}{\rho} \right) \cos \varphi & \rho > b \\ \left( \beta_1 \rho + \frac{\beta_2}{\rho} \right) \cos \varphi & a < \rho < b \\ \gamma_1 \rho \cos \varphi & \rho < a \end{cases}$$

و محور  $z$  منطبق بر محور استوانه است. شرایط مرزی مگنتواستاتیک برای میدان مغناطیسی  $\bar{H}$  و  $\bar{B}$  منجر به کدام روابط میان ضرایب ثابت  $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \gamma_1$  و  $\gamma_2$  می‌شوند؟

$$\alpha_1 - \beta_1 = b^2 (\beta_2 - \alpha_2), \quad a^2 (\gamma_1 - \beta_2) = \beta_1, \quad \mu (\beta_2 a^2 - \beta_1) = \mu_0 a^2 \gamma_1 \quad (1)$$

$$\alpha_1 + \beta_1 = b^2 (\beta_2 - \alpha_2), \quad \gamma_1 - \beta_1 = a^2 \beta_2, \quad \mu (\alpha_1 b^2 - \alpha_2) = \mu_0 (\beta_1 b^2 - \beta_2) \quad (2)$$

$$b^2 (\alpha_1 - \beta_1) = \beta_2 + \alpha_2, \quad a^2 (\gamma_1 + \beta_1) = \beta_2, \quad \mu_0 (\alpha_1 b^2 - \alpha_2) = \mu (\beta_1 b^2 - \beta_2) \quad (3)$$

$$b^2 (\alpha_1 - \beta_1) = \beta_2 - \alpha_2, \quad a^2 (\gamma_1 - \beta_1) = \beta_2, \quad \mu (\beta_1 a^2 - \beta_2) = \mu_0 a^2 \gamma_1 \quad (4)$$

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

۴۴- یک مدار الکتریکی شامل یک پوسته استوانه‌ای نازک رسانا به شعاع  $a$  و یک پوسته نازک رسانای داخلی جهت بازگشت جریان به شعاع  $b$  و هم محور با پوسته خارجی است ( $a < b$ ). خودالقایی در واحد طول این مجموعه کدام است؟

$$\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{a}{b} \ln\left(\frac{a}{b}\right) \quad (1)$$

$$\frac{\mu_0}{4\pi} \ln\left(\frac{a}{b}\right) \quad (2)$$

$$\frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{a}{b}\right) \quad (3)$$

$$\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{b}{a} \ln\left(\frac{a}{b}\right) \quad (4)$$

۴۵- توان کل تابشی از یک چهارقطبی الکتریکی با چه توانی از  $\omega$  بسامد زاویه‌ای موج تابشی متناسب است؟

$$\omega^6 \quad (1)$$

$$\omega^5 \quad (2)$$

$$\omega^4 \quad (3)$$

$$\omega^3 \quad (4)$$