

113F

نام :

نام خانوادگی :

محل امضاء :

صبح جمعه

۹۲/۱۲/۱۶

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
دوره‌های دکتری (نیمه متمرکز) داخل
سال ۱۳۹۳**

فوتونیک (کد ۲۲۳۹)

مدت پاسخگویی: ۱۵۰ دقیقه

تعداد سؤال: ۴۵

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤالات

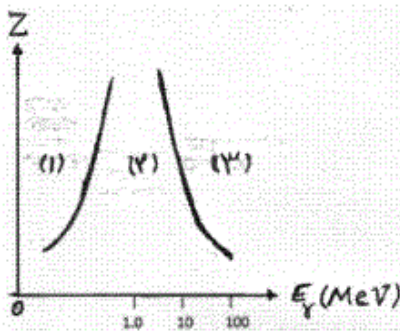
ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	تا شماره
۱	مجموعه دروس تخصصی (فیزیک مدرن - مکانیک کوانتومی بیشرفته، الکتروپنایمیک)	۴۵	۱	۴۵

اسفندماه سال ۱۳۹۲

این آزمون نمره منفی دارد.

استفاده از ماشین حساب مجاز نمی‌باشد.

۱- در نمودار زیر محور افقی انرژی فوتون تابشی (E_γ) و محور عمودی عدد اتمی فلزی که نور به آن تابیده است (Z) است. در سه ناحیه (۱)، (۲) و (۳) به ترتیب از راست به چپ کدام پدیده غالب است؟



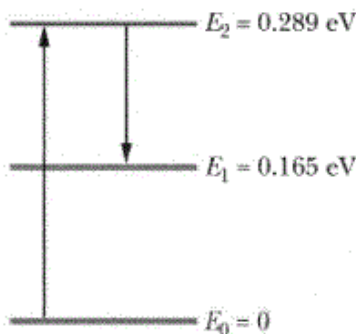
- (۱) کامپتون- فوتوالکتریک - تولید زوج
- (۲) فوتوالکتریک - کامپتون - تولید زوج
- (۳) کامپتون- تولید زوج- فوتوالکتریک
- (۴) فوتوالکتریک- تولید زوج- کامپتون

۲- یک هدف تنگستن ($Z = 74$) با الکترونهاي موجود در یک لوله

اشعه ایکس بمباران می‌شود. انرژی ترازهای K، L و M تنگستن به ترتیب $69/5$ ، $11/3$ و $2/3$ کیلو الکترون ولت است. حداقل پتانسیل شتابدهنده الکترون‌ها چند کیلوولت باشد تا خط‌های طیفی K_β و K_α تنگستن تولید شوند؟

- (۱) $11/3$
- (۲) $58/2$
- (۳) $67/2$
- (۴) $69/5$

۳- وقتی خورشید به اتمسفر مریخ می‌تابد مولکول‌های CO_2 در ارتفاع 75 km یک لیزر طبیعی ایجاد می‌کنند. در شکل زیر ترازهای انرژی که در عمل لیز کردن دخالت دارند نشان داده شده‌اند. جمعیت وارون بین ترازهای E_1 و E_2 رخ می‌دهد. چه طول موجی از خورشید بر حسب میکرون این مولکول‌ها را به لیز کردن وامی‌دارد؟



- (۱) $4/3$
- (۲) $7/5$
- (۳) 10
- (۴) $6/9$

۴- در لیزری با طول موج 550nm اگر پمپاژ خاموش شود در چه دمایی بر حسب کلوین نسبت جمعیت تراز

بالایی به جمعیت تراز پایینی برابر $\frac{1}{10}$ خواهد شد؟ $\ln 10 = 2.3$ و $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

(۱) 1.14×10^4

(۲) 2.61×10^4

(۳) 6.03×10^3

(۴) 3.41×10^5

۵- کدام یک از گذارهای زیر برای گذار دوقطبی الکتریکی ممنوع است؟

(۱) ${}^2D_1 \rightarrow {}^2F_3$

(۲) ${}^2D_1 \rightarrow {}^2S_1$

(۳) ${}^2P_{3/2} \rightarrow {}^2S_{1/2}$

(۴) ${}^2P_{1/2} \rightarrow {}^2S_{1/2}$

۶- یون ${}^9\text{Be}^+$ هسته‌ای با اسپین $I = 3/2$ دارد. عدد کوانتومی فوق ظریف F برای تراز الکترونی

${}^2S_{1/2}$ فقط چه مقدارهایی می‌تواند اختیار کند؟

(۱) $\frac{5}{2}, \frac{3}{2}, \frac{1}{2}$

(۲) $3, 2, 1, 0$

(۳) $2, 1, 0$

(۴) $\frac{7}{2}, \frac{5}{2}, \frac{3}{2}, \frac{1}{2}$

۷- یک خط گذار اتمی با طول موج 350nm در طیف مشاهده شده از نور ساطع شده از یک لکه خورشیدی

به سه خط تجزیه شده است. فاصله خطوط مجاور هم 1.7pm است. شدت میدان مغناطیسی در این لکه

خورشیدی تقریباً چند تسلا است؟ $\mu_B = 9.17 \times 10^{-24} \text{ J T}^{-1}$

(۱) 0.15

(۲) 0.3

(۳) 15

(۴) 30

۸- برای آن که خط 546nm در جیوه تحریک شود به یک پتانسیل 7.7V نیاز است. اگر عمیق ترین خط در طیف جیوه در 84181cm^{-1} قرار داشته باشد قدرمطلق انرژی دو ترازوی که در گسیل خط 546nm دخالت دارند تقریباً بر حسب الکترون ولت کدامند؟

- (۱) $18/15$ ، $20/42$
 (۲) $18/15$ ، $10/45$
 (۳) $15/88$ ، $18/15$
 (۴) $12/73$ ، $10/45$

۹- در مولکول هیدروژن-دوتریم (HD) طول موج مربوط به تشعشع ناشی از گذار میان پایین ترین ترازهای چرخشی این مولکول چند میکرون است؟ جرم پروتون $938\text{MeV}/c^2$ است.

- (۱) ۳۴۰
 (۲) ۲۲۶
 (۳) ۱۷۰
 (۴) ۱۱۳

۱۰- چارچوب S' نسبت به چارچوب S در راستای x حرکت می کند. سرعت یک ذره آزاد در چارچوب S برابر $\vec{u} = (c/2, c/2, 0)$ و در چارچوب S' برابر $\vec{u}' = (-c/2, c/2, 0)$ اندازه گیری می شود. سرعت چارچوب S' نسبت به چارچوب S کدام است؟

- (۱) $\frac{\sqrt{2}}{3}c$
 (۲) $\frac{3}{5}c$
 (۳) $\frac{4}{5}c$
 (۴) $\frac{2\sqrt{2}}{3}c$

۱۱- در تلاشی ذره پیون به مئون $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ ، انرژی ذره نوترینو ν_μ در چارچوب سکون ذره پیون کدام است؟ (جرم سکون ν_μ را صفر فرض کنید).

$$\frac{m_\pi^2 - m_\mu^2}{2m_\pi} c^2 \quad (1)$$

$$\frac{m_\pi^2 - m_\mu^2}{m_\pi} c^2 \quad (2)$$

$$\frac{1}{2}(m_\pi - m_\mu) c^2 \quad (3)$$

$$(m_\pi - m_\mu) c^2 \quad (4)$$

۱۲- فوتونی که با انرژی E در راستای $+x$ در حال حرکت است با الکترونی به جرم سکون m که در جهت $-x$ در حرکت است برخورد کشسان می‌کند. پس از برخورد، فوتون در جهت $-x$ و با همان انرژی E حرکت می‌کند. تندی قبل از برخورد الکترون کدام است؟

$$\frac{c/2}{\sqrt{1+(mc^2/E)^2}} \quad (1)$$

$$\frac{c}{\sqrt{1+(2mc^2/E)^2}} \quad (2)$$

$$\frac{c}{\sqrt{1+(mc^2/2E)^2}} \quad (3)$$

$$\frac{c}{\sqrt{1+(mc^2/E)^2}} \quad (4)$$

۱۳- چشمه‌ای که خط سدیم 5890 \AA گسیل می‌کند با تندی ثابت $0.5c$ روی یک دایره می‌چرخد. ناظری که روی مرکز دایره ساکن است طول موج ساطع شده از این چشمه را چند آنگستروم اندازه می‌گیرد؟

$$5882.64 \quad (1)$$

$$5595.5 \quad (2)$$

$$5897.36 \quad (3)$$

$$6184.5 \quad (4)$$

۱۴- یک سفینه فضایی در حال دور شدن از زمین با تندی $0.6c$ است. وقتی این سفینه در فاصله $6 \times 10^8 \text{ km}$ از زمین قرار دارد یک علامت رادیویی از طرف زمین به سمت سفینه فرستاده می‌شود. از دید ناظر ساکن در زمین این علامت پس از چند ثانیه به سفینه می‌رسد؟

- (۱) ۱۲۵۰
 (۲) ۱۶۰۰
 (۳) ۳۳۳۳
 (۴) ۵۰۰۰

۱۵- در چارچوب مدل الکترونی آزاد برای یک قطعه فلز در سه بعد کدام رابطه نادرست است؟ n چگالی الکترون‌های رسانش، $N(E)$ چگالی حالت‌های الکترونی در واحد حجم نمونه، E_F انرژی فرمی، ρ مقاومت ویژه و τ متوسط زمان دو برخورد متوالی است.

(۱) احتمال آن که در دمای T تراز انرژی E اشغال شود برابر با $\left(e^{(E-E_F)/kT} + 1 \right)^{-1}$ است.

(۲) $\rho = \frac{m_e}{e^2 n \tau}$

(۳) $E_F = \frac{\hbar^2}{2m_e} \left(\frac{3}{2} \pi^2 n \right)^{2/3}$

(۴) $N(E) = \frac{4\sqrt{2} \pi m^{3/2}}{h^3} E^{1/2}$

۱۶- اگر $|\vec{r}'\rangle$ ویژه بردار عملگرهای مکان، \vec{p} عملگر برداری تکانه خطی و \vec{a} بردار ثابتی باشد، کدام رابطه نادرست است؟

(۱) $\langle \vec{r}' | p_i | \vec{p}' \rangle = \frac{p'_i}{(\sqrt{2\pi\hbar})^3} e^{\frac{i}{\hbar} \vec{p}' \cdot \vec{r}'}$

(۲) $|\alpha\rangle = \int d^3r' |\vec{r}'\rangle \langle \vec{r}' | \alpha \rangle$

(۳) $\langle \vec{r}' | e^{-\frac{i}{\hbar} \vec{a} \cdot \vec{p}} | \vec{r}'' \rangle = \langle \vec{r}' + \vec{a} | \vec{r}'' \rangle$

(۴) $\langle \vec{r}' | p_z | \vec{r}'' \rangle = (-i\hbar) \delta(x' - x'') \delta(y' - y'') \frac{\partial}{\partial z'} \delta(z' - z'')$

۱۷- اگر $|\beta\rangle$ برداری دلخواه باشد مقدار عبارت $\text{tr}(|\beta\rangle\langle\beta|)$ همواره کدام است؟

(۱) صفر

(۲) $\langle\beta|\beta\rangle^2$

(۳) $\langle\beta|\beta\rangle$

(۴) $\sqrt{\langle\beta|\beta\rangle}$

۱۸- برای یک نوسانگر هماهنگ یک بعدی مقدار متوسط عملگر $e^{i\lambda(a-a^\dagger)}$ در حالت پایه نوسانگر کدام است؟ λ ضریب ثابت حقیقی و a عملگر پایین برنده است.

(۱) $e^{-\lambda^2/2}$

(۲) $e^{\lambda^2/2}$

(۳) $e^{2\lambda}$

(۴) $e^{\lambda - (\lambda^2/2)}$

۱۹- اگر A_1 عملگر پایین بر برای نوسانگر هماهنگ یک بعدی اول و A_2 عملگر پایین بر برای نوسانگر هماهنگ یک بعدی دوم باشد، در آن صورت شرط آن که عملگر $C = \alpha A_1 + \beta A_2$ (که در آن α و β ضرایب ثابت مختلطی هستند) در رابطه $[C, C^\dagger] = 1$ صدق کند کدام است؟

(۱) $|\alpha|^2 - |\beta|^2 = 1$

(۲) $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$

(۳) $|\alpha|^2 - |\beta|^2 + \alpha\beta^* + \alpha^*\beta = 1$

(۴) $|\alpha|^2 + |\beta|^2 + \alpha\beta^* + \alpha^*\beta = 1$

۲۰- هامیلتونی یک سامانه کوانتومی دو ترازه در پایه $|+\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ و $|-\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ به شکل

$$H = \epsilon_0 \begin{pmatrix} 2 & \sqrt{2} \\ \sqrt{2} & 3 \end{pmatrix}$$

است. اگر این سامانه در لحظه $t = 0$ در حالت $|+\rangle$ باشد احتمال آن که در لحظه $t > 0$ در حالت $|-\rangle$ قرار داشته باشد کدام است؟

$$\frac{\lambda}{9} \sin^2 \left(\frac{\sqrt{2} \epsilon_0 t}{\hbar} \right) \quad (1)$$

$$\frac{1}{9} \left(5 + \frac{1}{4} \cos \frac{\Delta \epsilon_0 t}{\hbar} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\lambda}{9} \cos^2 \left(\frac{\sqrt{2} \epsilon_0 t}{\hbar} \right) \quad (3)$$

$$\frac{1}{9} \left(3 + \frac{1}{4} \sin \frac{\Delta \epsilon_0 t}{\hbar} \right) \quad (4)$$

۲۱- هامیلتونی سیستمی با فضای هیلبرت دوبعدی به شکل $H = \beta [|a_1\rangle\langle a_2| + |a_2\rangle\langle a_1|]$ است که در آن

β ضریب ثابت حقیقی و $|a_i\rangle$ ویژه بردار عملگر هرمیتی A با ویژه مقدار متناظر a_i است. نمایش عملگر A

در پایه متشکل از ویژه بردارهای انرژی کدام است؟

$$\begin{pmatrix} a_1 & 0 \\ 0 & a_2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} a_1 & a_1 - a_2 \\ a_1 - a_2 & a_2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} a_1 + a_2 & a_1 - a_2 \\ a_1 - a_2 & a_1 + a_2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{pmatrix} \beta & a_1 - a_2 \\ a_1 - a_2 & \beta \end{pmatrix} \quad (4)$$

۲۲- اگر $\vec{S} \cdot \hat{n}$ عملگر اسپین در راستای بردار یکه $\hat{n} = \sin \theta \cos \phi \hat{i} + \sin \theta \sin \phi \hat{j} + \cos \theta \hat{k}$ باشد در آن

صورت حاصل عبارت $\langle + | \vec{S} \cdot \hat{n} | + \rangle - \langle - | \vec{S} \cdot \hat{n} | - \rangle$ که در آن $|\pm\rangle$ ویژه بردارهای عملگر S_z هستند، کدام

است؟

$$\hbar \cos \theta \quad (1)$$

$$2\hbar \cos \theta \quad (2)$$

$$\hbar (\cos \theta + \sin \phi \sin \theta) \quad (3)$$

$$2\hbar (\cos \theta - \sin \phi \sin \theta) \quad (4)$$

۲۳- اگر L_i مولفه‌های عملگر تکانه زاویه‌ای مداری و x_j مولفه‌های عملگر مکان باشند، حاصل جابجاگر

$[L_i, x_j]$ کدام است؟

(۱) $-i\hbar \varepsilon_{ijm} p_m$

(۲) $-i\hbar \varepsilon_{ijm} x_m$

(۳) $i\hbar \varepsilon_{ijm} x_m$

(۴) $i\hbar \varepsilon_{ijm} p_m$

۲۴- هامیلتونی ذره‌ای با اسپین صفر و تکانه زاویه مداری $\ell = 1$ به شکل $H = \alpha\hbar L_x + \beta L_z^2$ است که در آن L_x و L_z مولفه‌های x و z عملگر تکانه زاویه‌ای مداری و α و β ضرایب ثابت حقیقی هستند. نمایش این

هامیلتونی در پایه $|\ell, m\rangle$ ها (ویژه حالت‌های مشترک عملگرهای L_z و L^2) کدام است؟ $\gamma = \frac{\alpha}{\sqrt{2}}$

(۱) $\hbar^2 \begin{pmatrix} -\beta & \gamma & 0 \\ \gamma & 0 & \gamma \\ 0 & \gamma & \beta \end{pmatrix}$

(۲) $\hbar^2 \begin{pmatrix} \beta & \gamma & 0 \\ \gamma & 0 & \gamma \\ 0 & \gamma & \beta \end{pmatrix}$

(۳) $\hbar^2 \begin{pmatrix} \beta & \gamma & \gamma \\ \gamma & -\beta & \gamma \\ \gamma & \gamma & \beta \end{pmatrix}$

(۴) $\hbar^2 \begin{pmatrix} \beta & \gamma + \beta & 0 \\ \gamma + \beta & \gamma & \gamma \\ 0 & \gamma & \beta \end{pmatrix}$

۲۵- در آنسامبلی از الکترون‌ها مخلوطی از ذرات با اسپین \uparrow و ذرات با اسپین \downarrow وجود دارند. اگر متوسط ممان مغناطیسی ذاتی در هر ذره این مجموعه $\mu_B/4$ باشد، چند درصد ذرات در حالت اسپین \uparrow هستند؟

$\vec{\mu}_e = \frac{e}{m_e} \vec{S}$ و $\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e}$

(۱) ۱۰

(۲) ۳۰

(۳) ۷۰

(۴) ۹۰

۲۶- هامیلتونی یک الکترون در یک میدان مغناطیسی ثابت $\vec{B} = B_x \hat{i} + B_y \hat{j} + B_z \hat{k}$ به شکل

$$H = -\frac{e}{2m_e c} \vec{B} \cdot (\vec{L} + 2\vec{S})$$

است. مقدار عبارت $\left\langle \ell, \frac{1}{2}; m, \frac{1}{2} \left| H \right| \ell, \frac{1}{2}; m, \left(-\frac{1}{2}\right) \right\rangle$ کدام است؟

$$\frac{e\hbar}{2m_e c} (-B_x + iB_y) \quad (1)$$

$$\frac{e\hbar}{2m_e c} (-2B_x + imB_z) \quad (2)$$

$$\frac{e\hbar}{2m_e c} (B_x + imB_y - (m+1)B_z) \quad (3)$$

$$\frac{e\hbar}{2m_e c} (-B_x + iB_y - mB_z) \quad (4)$$

۲۷- دو ذره یکسان هر یک به جرم m و اسپین صفر در یک بعد (راستای x) با انرژی پتانسیل $V(x_1, x_2) = k(x_1 - x_2)^2$ با هم برهمکنش دارند. اگر اندازه حرکت خطی کل دو ذره صفر باشد، انرژی اولین حالت برانگیخته این مجموعه کدام است؟

$$\frac{3}{2} \hbar \sqrt{\frac{2k}{m}} \quad (1)$$

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

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

$$\frac{5}{2} \hbar \sqrt{\frac{2k}{2m}} \quad (4)$$

۲۸- در مساله پراکندگی با هامیلتونی $H = H_0 + V$ در چه شرایطی ترازمندی جزئی

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\vec{k} \rightarrow \vec{k}') = \frac{d\sigma}{d\Omega}(\vec{k}' \rightarrow \vec{k})$$

(detailed balance) یعنی رابطه برقرار است؟

(1) H_0 فقط تحت دوران و V فقط تحت پاریته ناوردا باشند.

(2) H_0 و V هر دو هم تحت پاریته و هم تحت دوران ناوردا باشند.

(3) H_0 فقط تحت پاریته و V فقط تحت وارونی زمان ناوردا باشند.

(4) H_0 و V هر دو هم تحت پاریته و هم تحت وارونی زمان ناوردا باشند.

۲۹- هامیلتونی یک سیستم دو ترازه به شکل $H_0 = \begin{pmatrix} E_1^0 & 0 \\ 0 & E_2^0 \end{pmatrix}$ است $(E_1^0 > E_2^0)$. این سیستم در

لحظه $t = 0$ در حالت $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ است و در این لحظه اختلال وابسته به زمان $V(t) = \begin{pmatrix} 0 & \lambda \sin \omega t \\ \lambda \sin \omega t & 0 \end{pmatrix}$ نیز

به هامیلتونی آن اضافه می‌شود، احتمال آن که سیستم در لحظه $t = \frac{\pi}{\omega_{12}}$ در حالت $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ یافت شود کدام

است؟ $\omega = \frac{E_1^0 - E_2^0}{2\hbar} = \frac{\omega_{12}}{2}$

(۱) $\frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\hbar\omega_{12}} \right)^2$

(۲) $\frac{8}{9} \left(\frac{\lambda}{\hbar\omega_{12}} \right)^2$

(۳) $\frac{14}{9} \left(\frac{\lambda}{\hbar\omega_{12}} \right)^2$

(۴) $\frac{20}{9} \left(\frac{\lambda}{\hbar\omega_{12}} \right)^2$

۳۰- با توجه به رابطه دامنه پراکندگی از یک پتانسیل مرکزی

$$f(\theta) = \frac{1}{k} \sum_{\ell=0}^{\infty} (2\ell+1) e^{i\delta_\ell} \sin \delta_\ell P_\ell(\cos \theta)$$

سطح مقطع کل از این پتانسیل کدام است؟

(۱) $\frac{4\pi}{k^2} \sum_{\ell=0}^{\infty} (2\ell+1) \sin^2 \delta_\ell$

(۲) $\frac{2\pi}{k^2} \sum_{\ell=0}^{\infty} \ell(\ell+1) \sin^2 \delta_\ell$

(۳) $\frac{2\pi}{k^2} \sum_{\ell=0}^{\infty} (2\ell+1) \sin \delta_\ell \cos \theta$

(۴) $\frac{4\pi}{k^2} \sum_{\ell=0}^{\infty} \ell(\ell+1) \sin \delta_\ell \sin \theta$

۳۱- پتانسیل الکتریکی روی سطح یک پوسته کروی نازک به شکل $V = V_0 \cos^3 \theta$ است. مبدا مختصات بر مرکز کره منطبق، محور z در امتداد یکی از قطرهای کره و θ زاویه بردار مکان یک نقطه روی سطح کره با محور z است. اگر بار الکتریکی در داخل پوسته کروی صفر باشد، پتانسیل الکتریکی در مرکز کره کدام است؟

(۱) صفر

(۲) $V_0/4$

(۳) $V_0/2$

(۴) $V_0/3$

۳۲- کره فلزی بزرگ توپری با ضریب رسانش الکتریکی ثابت σ_0 در خلا در نظر بگیرید. در لحظه $t=0$ مقداری بار موضعی با چگالی حجمی ρ_0 در مرکز کره قرار داده می‌شود. چگالی جریان الکتریکی $\vec{J}(\vec{r}, t)$ در نقطه \vec{r} از مرکز کره در لحظه $t > 0$ کدام است؟

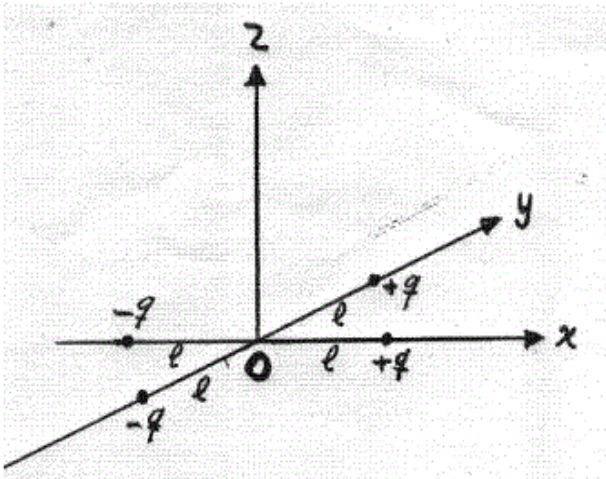
$$\frac{\sigma_0 \rho_0}{\epsilon_0} e^{-\frac{\sigma_0}{\epsilon_0} t} \vec{r} \quad (1)$$

$$\frac{\sigma_0 \rho_0}{3 \epsilon_0} e^{-\frac{\sigma_0}{\epsilon_0} t} \vec{r} \quad (2)$$

$$\frac{\sigma_0 \rho_0}{\epsilon_0} e^{-i \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} t} \vec{r} \quad (3)$$

$$\frac{\sigma_0 \rho_0}{3 \epsilon_0} e^{-i \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} t} \vec{r} \quad (4)$$

۳۳- تانسور گشتاور چهارقطبی توزیع بار نشان داده شده در شکل زیر کدام است؟



$$\begin{pmatrix} 4ql^2 & 0 & 0 \\ 0 & -4ql^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} 4ql^2 & 0 & 0 \\ 0 & -4ql^2 & 0 \\ 0 & 0 & -4ql^2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} 2ql^2 & 0 & 0 \\ 0 & 2ql^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{pmatrix} 2ql^2 & 0 & 0 \\ 0 & -4ql^2 & 0 \\ 0 & 0 & -2ql^2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

۳۴- یک پوسته کروی فلزی به شعاع داخلی R_1 و شعاع خارجی R_2 به زمین متصل است. داخل این پوسته از بار الکتریکی با چگالی حجمی یکنواخت ρ پر شده است. انرژی الکترواستاتیک این مجموعه کدام است؟

$$\frac{4\rho^2 R_1^\Delta}{45\epsilon_0} \quad (1)$$

$$\frac{2\rho^2 R_1^\Delta}{45\epsilon_0} \quad (2)$$

$$\frac{2\pi\rho^2 R_2^\Delta}{9\epsilon_0} \quad (3)$$

$$\frac{2\pi\rho^2 (R_1^\Delta - R_1^\Delta R_2^\Delta)}{9\epsilon_0} \quad (4)$$

۳۵- یک سیم دایره‌ای شکل به شعاع R حول محور تقارن عمود بر صفحه خود با سرعت زاویه‌ای ω در حال چرخش است. در مرکز حلقه یک دوقطبی مغناطیسی بسیار کوچک با گشتاور دوقطبی \vec{M} در امتداد محور دوران حلقه قرار دارد. اختلاف پتانسیل القایی میان یک نقطه روی محور دوران و به فاصله R از مرکز حلقه و یک نقطه روی حلقه کدام است؟ میدان مغناطیسی یک دوقطبی مغناطیسی در نقطه‌ای به فاصله \vec{r} از آن به

$$\text{شکل } \vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \left[\frac{3(\vec{M} \cdot \vec{r})\vec{r}}{r^5} - \frac{\vec{M}}{r^3} \right] \text{ است.}$$

$$\frac{\mu_0 M \omega}{\pi R} \quad (1)$$

$$\frac{\mu_0 M \omega}{2\pi R} \quad (2)$$

$$\frac{\mu_0 M \omega}{4\pi R} \quad (3)$$

$$\frac{3\mu_0 M \omega}{4\pi R} \quad (4)$$

۳۶- چه توزیع باری در فضا پتانسیلی به شکل $\varphi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e_0}{a} \left(\frac{a}{r} + 1 \right) \exp\left(-\frac{2r}{a}\right)$ را ایجاد می‌کند. e_0 و a مقادیر ثابتی هستند.

$$(1) \quad \text{یک توزیع بار حجمی با چگالی بار } \frac{e_0}{2\pi a^3} \exp\left(-\frac{2r}{a}\right)$$

$$(2) \quad \text{یک توزیع بار حجمی با چگالی بار } -\frac{e_0}{\pi a^3} \exp\left(-\frac{2r}{a}\right)$$

$$(3) \quad \text{بار نقطه‌ای } -e_0 \text{ در مبدا به علاوه یک توزیع بار حجمی با چگالی بار } \frac{e_0}{2\pi a^3} \exp\left(-\frac{2r}{a}\right)$$

$$(4) \quad \text{بار نقطه‌ای } +e_0 \text{ در مبدا به علاوه یک توزیع بار حجمی با چگالی بار } -\frac{e_0}{\pi a^3} \exp\left(-\frac{2r}{a}\right)$$

۳۷- یک سطح بسته رسانا با پتانسیل V_1 یک رسانای دیگر با پتانسیل V_2 را در بر گرفته است. در این حالت پتانسیل یک نقطه معین P برابر V_P است. سپس رساناها هر دو به زمین متصل می‌شوند و یک بار نقطه‌ای q در نقطه P قرار داده می‌شود. Q_1 بار القایی روی رسانای بیرونی و Q_2 بار القایی روی رسانای داخلی کدام است؟

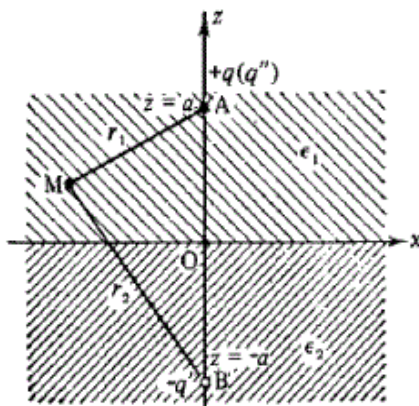
$$Q_2 = q \frac{V_1 - V_P}{V_2 - V_1} \text{ و } Q_1 = q \frac{V_2 - V_P}{V_1 - V_2} \quad (1)$$

$$Q_2 = q \frac{V_1 - V_P}{V_2 + V_1} \text{ و } Q_1 = q \frac{V_2 - V_P}{V_1 + V_2} \quad (2)$$

$$Q_2 = q \frac{V_2 - V_P}{V_2 - V_1} \text{ و } Q_1 = q \frac{V_1 - V_P}{V_1 - V_2} \quad (3)$$

$$Q_2 = q \frac{V_2 - V_P}{V_2 + V_1} \text{ و } Q_1 = q \frac{V_1 - V_P}{V_1 + V_2} \quad (4)$$

۳۸- مطابق شکل زیر بار نقطه‌ای q در نقطه A به فاصله a از صفحه تخت جدا کننده دو دی‌الکتریک همگن نیمه-بی‌نهایت با ضریب‌های نفوذپذیری ϵ_1 و ϵ_2 و در محیط با ضریب نفوذپذیری ϵ_1 قرار دارد. پتانسیل الکتریکی در نقطه M داخل محیط ϵ_1 و به فاصله r_1 از نقطه A کدام است؟



$$r = (x^2 + y^2 + a^2)^{1/2}$$

$$\frac{1}{4\pi} \left(\frac{q}{\epsilon_1 r_1} + \frac{(\epsilon_1 - \epsilon_2) q}{\epsilon_2 r_2} \right) \quad (1)$$

$$\frac{1}{4\pi} \left(\frac{q}{\epsilon_1 r_1} + \frac{(\epsilon_1 - \epsilon_2) q}{\epsilon_1 (\epsilon_1 + \epsilon_2) r_2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{1}{4\pi} \left(\frac{q}{\epsilon_1 r_1} + \frac{(\epsilon_1 - \epsilon_2) q}{\epsilon_2 \epsilon_1 r_2} \right) \quad (3)$$

$$\frac{1}{4\pi} \frac{2q}{(\epsilon_1 + \epsilon_2) r_1} \quad (4)$$

۳۹- یک ذره در حال تشعشع از دو چارچوب لخت متفاوت مشاهده می‌شود. از دید این دو ناظر، انرژی تابشی کل در هر لحظه ... و آهنگ انرژی تابشی ... است.

(۱) یکسان ، یکسان

(۲) عموماً متفاوت ، عموماً متفاوت

(۳) یکسان ، عموماً متفاوت

(۴) عموماً متفاوت ، یکسان

۴۰- کره مغناطیسی به شعاع R و قطبش مغناطیسی دائمی یکنواخت \vec{M}_0 را در نظر بگیرید. ضریب تراوایی مغناطیسی کره μ_1 و ضریب تراوایی مغناطیسی محیط اطراف کره μ_2 است. میدان H در یک نقطه داخل کره به فاصله r از مرکز کره کدام است؟

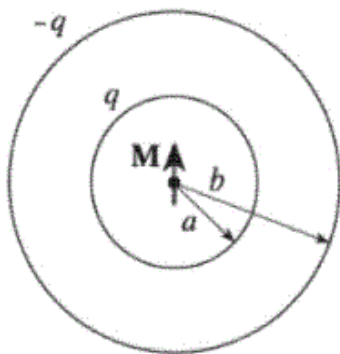
$$\vec{H} = \frac{\mu_0 \vec{M}_0}{2\mu_1 + \mu_2} \quad (1)$$

$$\vec{H} = \frac{-\mu_0 \vec{M}_0}{2\mu_2 + \mu_1} \quad (2)$$

$$\vec{H} = \frac{-\mu_0 M_0}{2\mu_2 + \mu_1} \hat{r} \quad (3)$$

$$\vec{H} = \frac{\mu_0 M_0}{2\mu_1 + \mu_2} \hat{r} \quad (4)$$

۴۱- بر روی دو پوسته کروی هم مرکز به شعاع‌های a و b ($b > a$) به ترتیب بار $+q$ و $-q$ قرار دارد. یک دو قطبی مغناطیسی با گشتاور دوقطبی \vec{M} در مرکز دو کره وجود دارد. \vec{L}_{em} ممنتوم زاویه‌ای مربوط به میدان الکترومغناطیسی این سیستم کدام است؟



$$\frac{\mu_0 q}{6\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) \vec{M} \quad (1)$$

$$\frac{\mu_0 q}{3\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) \vec{M} \quad (2)$$

$$\frac{\mu_0^2 q}{2\pi} \left(\frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2} \right) \vec{M} \quad (3)$$

$$\frac{\mu_0^2 q}{\pi} \left(\frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2} \right) \vec{M} \quad (4)$$

۴۲- کدام عبارت در مورد پاشندگی امواج الکترومغناطیسی نا درست است؟

- (۱) در پاشندگی عادی با افزایش فرکانس امواج، قسمت حقیقی ثابت دی‌الکتریک افزایش می‌یابد.
- (۲) در نواحی از فرکانس که پاشندگی غیر عادی رخ می‌دهد، قسمت موهومی ثابت دی‌الکتریک افزایش قابل ملاحظه‌ای دارد.
- (۳) در فرکانس‌های بسیار بالا ثابت دی‌الکتریک عددی حقیقی و کوچکتر از یک است و با افزایش فرکانس مقدار آن کمی افزایش می‌یابد.
- (۴) در نواحی از فرکانس که جذب تشدید رخ می‌دهد، قسمت موهومی ثابت دی‌الکتریک یک افت شدید دارد.

۴۳- بر روی چهاربردار A^μ چه شرطی باید وجود داشته باشد تا از معادلات حرکت اویلر - لاگرانژ با استفاده از چگالی لاگرانژی $L = -\frac{1}{4\pi} \partial_\mu A_\nu \partial^\mu A^\nu - \frac{1}{c} J_\mu A^\mu$ معادله‌های غیرهمگن ماکسول به دست آید؟

$$\partial^\mu A_\mu = 0 \quad (1)$$

$$\partial_\mu F^{\mu\nu} = \square A^\nu \quad (2)$$

$$\partial_\mu \partial_\nu A^\nu = 0 \quad (3)$$

$$A_\mu \partial^\mu \partial_\nu A^\nu = 0 \quad (4)$$

۴۴- ذره بارداری به جرم سکون m_0 و بار الکتریکی q را تحت تاثیر یک میدان الکتریکی بسیار قوی $\vec{E} = E_0 \hat{i}$ در امتداد محور x در نظر بگیرید. اگر در لحظه $t = 0$ ذره در مبدا مختصات ساکن باشد، معادله حرکت این ذره $x(t)$ در لحظه دلخواه $t > 0$ کدام است؟

$$\left(\frac{qE_0}{m_0 c^2} \right) (ct)^2 \quad (1)$$

$$\left(\frac{qE_0}{2m_0 c^2} \right) (ct)^2 \quad (2)$$

$$\frac{m_0 c^2}{qE_0} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{qE_0}{m_0 c^2} \right)^2 (ct)^2} - 1 \right] \quad (3)$$

$$\frac{m_0 c^2}{2qE_0} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{qE_0}{m_0 c^2} \right)^2 (ct)^2} - 1 \right] \quad (4)$$

۴۵- اگر تانسور میدان به شکل

$$F^{\mu\nu} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{E_x}{c} & \frac{E_y}{c} & \frac{E_z}{c} \\ -\frac{E_x}{c} & 0 & B_z & -B_y \\ -\frac{E_y}{c} & -B_z & 0 & B_x \\ -\frac{E_z}{c} & B_y & -B_x & 0 \end{pmatrix}$$

و تانسور همزاد

آن $G^{\mu\nu} = \frac{1}{2} \epsilon^{\mu\nu\lambda\tau} F_{\lambda\tau}$ باشد مقدار کمیت $\eta = F^{\mu\nu} G_{\mu\nu}$ کدام است؟

- (۱) $\frac{2}{c} \vec{E} \cdot \vec{B}$
- (۲) $-\frac{4}{c} \vec{E} \cdot \vec{B}$
- (۳) $\frac{4}{c^2} (\vec{E}^2 - c^2 \vec{B}^2)$
- (۴) $\frac{2}{c^2} (\vec{E}^2 - c^2 \vec{B}^2)$