



کد کنترل
738
A

صبح جمعه
۹۷/۱۲/۳
دفترچه شماره (۱)



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

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

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه متمرکز) - سال ۱۳۹۸

رشته فناوری نانو - نانوالکترونیک - کد (۲۳۶۴)

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: ریاضی و فیزیک (ریاضی عمومی (۲و۱)، ریاضی فیزیک (۲و۱)، فیزیک پایه (۲و۱)) - مبنای نانو تکنولوژی - ادوات نیمه‌هادی پیشرفته	۴۵	۱	۴۵

این آزمون نمره منفی دارد.

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

حق چاپ، تکثیر و انتشار سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون، برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز این سازمان مجاز می‌باشد و 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- بازه همگرایی سری توانی $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} 2^n x^{2n}}{2^n + 3^n}$ کدام است؟

(۱) $\left[-\sqrt{\frac{3}{2}}, \sqrt{\frac{3}{2}}\right]$

(۲) $\left(-\sqrt{\frac{3}{2}}, \sqrt{\frac{3}{2}}\right)$

(۳) $\left[-\sqrt{\frac{3}{2}}, \sqrt{\frac{3}{2}}\right)$

(۴) $\left(-\sqrt{\frac{3}{2}}, \sqrt{\frac{3}{2}}\right)$

۲- فرض کنید $f(x, y) = \begin{cases} \frac{x^2 + y^2 - x^2 y - xy^2}{x^2 + y^2} & (x, y) \neq (0, 0) \\ a & (x, y) = (0, 0) \end{cases}$ اگر f در $(0, 0)$ پیوسته باشد، مقدار a کدام است؟

(۱) ۰

(۲) ۱

(۳) -۱

(۴) تابع f به ازای هر مقدار a ، در مبدأ مختصات ناپیوسته است.

۳- مقدار انتگرال $\int_{-3}^3 \int_{-\sqrt{9-x^2}}^{\sqrt{9-x^2}} \int_{x^2+y^2}^9 x^2 dz dy dx$ کدام است؟

(۱) $\frac{243\pi}{4}$

(۲) $\frac{729\pi}{4}$

(۳) 61π

(۴) 182π

۴- فرض کنید S بخشی از سطح رویه $z = \sqrt{x^2 + y^2}$ باشد که بین صفحات $z = 1$ و $z = 2$ قرار دارد. مقدار انتگرال

$\iint_S (x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}) dS$ کدام است؟

(۱) $\frac{14\pi}{6}$

(۲) $\frac{15\pi}{6}$

(۳) $\frac{16\pi}{6}$

(۴) $\frac{17\pi}{6}$

۵- ناحیه محصور به مخروطهای $z = \sqrt{x^2 + y^2}$ و $z = 2\sqrt{x^2 + y^2}$ درون استوانه $x^2 + y^2 = 2y$ بین صفحات $x = 0$ و $y = x$ با کدام مجموعه توصیف می شود؟

(۱) $\{(r, \theta, z) \mid 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{4}, 0 \leq r \leq 2\cos\theta, r \leq z \leq 2r\}$

(۲) $\{(r, \theta, z) \mid 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{4}, 0 \leq r \leq 2\sin\theta, r \leq z \leq 2r\}$

(۳) $\{(r, \theta, z) \mid \frac{\pi}{4} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}, 0 \leq r \leq 2\sin\theta, r \leq z \leq 2r\}$

(۴) $\{(r, \theta, z) \mid \frac{\pi}{4} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}, 0 \leq r \leq 2\cos\theta, r \leq z \leq 2r\}$

۶- فرض کنید c یک مرز بسته در جهت مثبت مثلثاتی است. c مرز کدام دامنه زیر باشد تا حاصل

$$\oint_c x^2 y^2 dx + (x^2 y^2 + 5x) dy$$

ماکزیمم شود؟

$$(1) \{(x, y), x^2 + y^2 \leq 1\}$$

$$(2) \{(x, y), x^2 + y^2 \leq 2y\}$$

$$(3) \{(x, y), 0 \leq y \leq 2, -1 \leq x \leq 1\}$$

(۴) ناحیه محصور بین خط $x + y = 2$ و محورهای مختصات واقع در ربع اول

۷- اگر $z_n = \cos \frac{\pi}{3^n} + i \sin \frac{\pi}{3^n}$ یک عدد مختلط باشد، حاصل $\prod_{i=0}^{\infty} \bar{z}_i = \bar{z}_0 \bar{z}_1 \bar{z}_2 \dots$ کدام است؟ (\bar{z} مزدوج z است.)

(۱) -۱

(۲) ۰

(۳) ۱

(۴) i

۸- فرض کنید $(n \in \mathbb{N})$. $I_n = \int_0^{\pi} \cos^n x dx$. اگر $A_n = \frac{I_{n+1}}{I_n}$ و $B_n = \frac{I_{n+2}}{I_n}$. آنگاه کدام مورد درست است؟

$$(1) \lim_{n \rightarrow +\infty} A_n = \lim_{n \rightarrow +\infty} B_n = \frac{1}{2}$$

$$(2) \lim_{n \rightarrow +\infty} A_n = \lim_{n \rightarrow +\infty} B_n = 1$$

$$(3) \lim_{n \rightarrow +\infty} A_n = \frac{1}{2}, \lim_{n \rightarrow +\infty} B_n = 1$$

$$(4) \lim_{n \rightarrow +\infty} A_n = 1, \lim_{n \rightarrow +\infty} B_n = \frac{1}{2}$$

۹- جسمی از دوران ناحیه محدود به تابع پیوسته و مثبت $y = f(x)$ ، محور x ها، خطوط $x = a$ و $x = 0$ حول محور x ها ایجاد می شود. اگر به ازای هر $a > 0$ ، حجم جسم $a^2 + a$ باشد، ضابطه $f(x)$ کدام است؟

(۱) $\frac{2x+1}{\pi}$

(۲) $\frac{x^2+x}{\pi}$

(۳) $\sqrt{\frac{2x+1}{\pi}}$

(۴) $\sqrt{\frac{x^2+x}{\pi}}$

۱۰- اگر \vec{A} و \vec{B} بردارهای ثابتی باشند، حاصل عبارت $\vec{\nabla}(\vec{A} \cdot \vec{B} \times \vec{r})$ کدام است؟

(۱) $(\vec{A} \cdot \vec{B}) \frac{\vec{r}}{r}$

(۲) $(\vec{A} \cdot \vec{B}) \vec{r}$

(۳) $\vec{B} \times \vec{A}$

(۴) $\vec{A} \times \vec{B}$

۱۱- اگر $f(x, y, z) = (x^2 + y^2 + z^2)^{-3}$ باشد، مقدار $|\vec{\nabla} f|$ در نقطه $(1, 1, -2)$ کدام است؟

(۱) $\frac{9}{32}$

(۲) $\frac{9}{8}$

(۳) $\frac{3}{16}$

(۴) $\frac{3}{8}$

۱۲- با توجه به ماتریس $A = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 4 \end{pmatrix}$ ، مقادیر ویژه ماتریس $A^{-1} + 3A - 2I$ کدامند؟ (I ماتریس واحد است).

(۱) $\frac{19 - \sqrt{61}}{2}, \frac{19 + \sqrt{61}}{2}$

(۲) $\frac{-31 - \sqrt{291}}{2}, \frac{-31 + \sqrt{291}}{2}$

(۳) ۹، ۷

(۴) ۱۱، ۵

۱۳- مقدار انتگرال $\oint_C \frac{3z^2 + 7z + 1}{z+1} dz$ روی پربند C دایره $|z| = \frac{1}{2}$ کدام است؟

(۱) صفر

(۲) $2\pi i$

(۳) πi

(۴) $\frac{\pi i}{2}$

۱۴- در حل معادله دیفرانسیل $x^2 y''(x) + xy'(x) + (x^2 - n^2)y = 0$ به روش سری با فرض $y(x) = \sum_{j=0}^{\infty} a_j x^{s+j}$

کدام رابطه به دست می آید؟

(۱) $a_{2k} = \frac{(-1)^k k!}{r^{2k} n!(n+k)!} a_0, a_{2k-1} = 0$

(۲) $a_{2k} = \frac{(-1)^k n!}{r^{2k} k!(n+k)!} a_0, a_{2k-1} = 0$

(۳) $a_{2k} = \frac{(-1)^k n!}{r^{2k} k!(n+k)!} a_1, a_{2k} = 0$

(۴) $a_{2k} = \frac{(-1)^k k!}{r^{2k} n!(n+k)!} a_1, a_{2k} = 0$

۱۵- حاصل انتگرال $\int_{-\infty}^{\infty} dx (3x^2 - 7x + 2) \delta(x^2 - 5x + 6)$ کدام است؟

(۱) ۲

(۲) ۶

(۳) ۸

(۴) ۱۰

۱۶- با توجه به رابطه بسط فوری $x^2 = \frac{\pi^2}{3} + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n \cos(nx)}{n^2}$ حاصل دنباله $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2}$ کدام است؟

(۱) $\frac{\pi^2}{4}$

(۲) $\frac{\pi^2}{6}$

(۳) $\frac{\pi^2}{8}$

(۴) $\frac{\pi^2}{12}$

۱۷- تبدیل فوریه تابع $f(x) = ae^{-bx^2}$ که در آن $a, b > 0$ کدام است؟

(۱) $\frac{a}{\sqrt{2b}} e^{\frac{k^2}{(2b)}}$

(۲) $\frac{a}{\sqrt{2b}} e^{\frac{k^2}{(2b)}}$

(۳) $\frac{a}{\sqrt{b}} e^{\frac{k^2}{(2b)}}$

(۴) $\frac{a}{\sqrt{b}} e^{\frac{k^2}{(2b)}}$

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

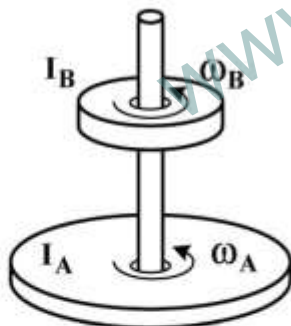
(۱) $\frac{1}{3}$

(۲) $\sqrt{3}$

(۳) $\frac{1}{\sqrt{3}}$

(۴) ۳

۱۹- 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؟



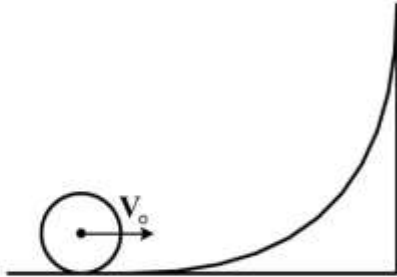
(۱) $\frac{2}{3}$

(۲) $\frac{4}{3}$

(۳) $\frac{1}{3}$

(۴) $\frac{2}{3}$

- ۲۰- 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

- ۲۱- 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}

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

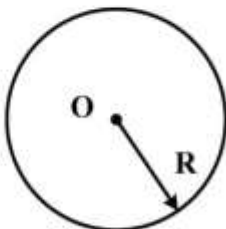
رابطه $U(x) = -4xe^{\frac{x}{2}}$ نشان داده می‌شود، که x بر حسب متر و U بر حسب ژول است. تندی ذره در مکان

$x = 8 \text{ m}$ 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) $15/1$

- ۲۳- 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 $\Phi_E = 3 \times 10^{-3} t$ است که Φ بر حسب V.m و t بر حسب 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}

۲۴- در ناحیه‌ای از فضا میدان الکتریکی به صورت $\vec{E} = 4x\hat{i} - 3y^2\hat{j}$ وجود دارد که x و y بر حسب متر و \vec{E} بر حسب $\frac{V}{m}$ است. نقطه A روی محور x در مکان $x = 2m$ و نقطه B روی محور y در مکان $y = 3m$ قرار دارند. اختلاف پتانسیل الکتریکی $V_B - V_A$ چند ولت است؟

(۱) -۳۵

(۲) -۱۹

(۳) +۱۹

(۴) +۳۵

۲۵- میدان مغناطیسی در فضای میان ستاره‌ای در کهکشان راه شیری $T = 10^{-10}$ است. انرژی مغناطیسی ذخیره شده در کره‌ای به شعاع ۱۰ سال نوری تقریباً چند ژول است؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$)

(۱) 10^{28}

(۲) 10^{31}

(۳) 10^{34}

(۴) 10^{37}

۲۶- برخی از پیستون‌های موتورهای خودرو از یک ماده نانوکامپوزیتی شامل نانوذرات سخت و ریز کاربید سیلیسیم در زمینه‌ای از آلیاژ آلومینیم ساخته می‌شوند. از مهم‌ترین دلایل افزودن این نانوذرات به آلیاژ آلومینیم زمینه کدام است؟

(۱) افزایش استحکام پیستون

(۲) افزایش دمای کاری موتور و نیز مقاومت به خراش

(۳) افزایش انتقال حرارت پیستون به منظور تسریع در خنک‌کردن موتور

(۴) افزایش شکل‌پذیری و توانایی جذب انرژی توسط اجزای داخلی موتور

۲۷- در تولید نانوذرات به روش شیمیایی، انتظار دارید با کاهش کشش سطحی و افزایش انرژی آزاد گیبس، به ترتیب چه تغییری در شعاع بحرانی جهت تولید نانوذرات پایدار ایجاد شود؟

(۱) افزایش - افزایش (۲) افزایش - کاهش (۳) کاهش - افزایش (۴) کاهش - کاهش

۲۸- به لحاظ خواص الکتریکی و چگالی ترازهای الکتریکی، آیا تفاوتی بین یک میکرو ذره، نانو ذره و نقطه کوانتومی وجود دارد؟

(۱) خواص الکتریکی نقطه کوانتومی و نانو ذره با یکدیگر یکسان است.

(۲) خواص الکتریکی وابسته به جنس است لذا در هر سه ساختار یکسان است.

(۳) خواص الکتریکی یک ذره در ابعاد کوچک‌تر از 100 نانومتر یکسان باقی خواهد ماند.

(۴) به لحاظ الکتریکی، ترازهای انرژی در یک نقطه کوانتومی گسسته است ولی لزوماً در یک نانو ذره گسسته نیست.

۲۹- نسبت استحکام به وزن یک نانولوله (با قطر و طول در مرتبه نانومتر) چند برابر پارامتر متناظر برای یک میله با ابعاد میلی‌متری است؟

(۱) 10^{12}

(۲) 10^6

(۳) 10^{-6}

(۴) 10^{-12}

- ۳۰- فرض کنید که یک سیم کوانتومی نانومتری دارای یک پیک رخشایی است. با کاهش ابعاد سطح مقطع و طول نانوسیم به ترتیب چه تغییری در طول موج پیک رخشایی ایجاد می‌شود؟
- ۱) بدون تغییر - جابه‌جایی به سمت طول موج کوتاه‌تر
 - ۲) بدون تغییر - جابه‌جایی به سمت طول موج بلندتر
 - ۳) جابه‌جایی به سمت طول موج کوتاه‌تر - بدون تغییر
 - ۴) جابه‌جایی به سمت طول موج بلندتر - بدون تغییر
- ۳۱- در کدام گزینه همه موارد جزء روش‌های ساخت از پایین به بالا محسوب می‌شوند؟
- ۱) تغییر شکل پلاستیک شدید - اکسیداسیون آندی - خودسازماندهی
 - ۲) لیتوگرافی - تغییر شکل پلاستیک شدید - خودسازماندهی
 - ۳) خودسازماندهی - اکسیداسیون آندی - انباشت الکتروشیمیایی
 - ۴) خودسازماندهی - لیتوگرافی - انباشت الکتروشیمیایی
- ۳۲- کدام مورد از مهم‌ترین دلایل استفاده از مس به عنوان منبع اشعه X در مشخصه‌یابی نانوساختارها در روش طیف‌سنجی پراش اشعه ایکس (XRD) به‌شمار می‌رود؟
- ۱) نزدیک بودن طول موج به دست آمده با فواصل بلوری مواد
 - ۲) آمورف بودن در شرایط آزمایش
 - ۳) خواص مغناطیسی مناسب
 - ۴) هدایت حرارتی بالا
- ۳۳- ترتیب تغییر طول موج پرتو فرودی برای تصویربرداری در میکروسکوپ‌های نوری، الکترونی روبشی (SEM) و الکترونی عبوری (TEM) چگونه است؟
- ۱) طول موج نوری < طول موج الکترونی عبوری < طول موج الکترونی روبشی
 - ۲) طول موج نوری > طول موج الکترونی عبوری > طول موج الکترونی روبشی
 - ۳) طول موج نوری > طول موج الکترونی روبشی > طول موج الکترونی عبوری
 - ۴) طول موج الکترونی عبوری > طول موج الکترونی روبشی > طول موج نوری
- ۳۴- فرض کنید محقق سل حاوی نانوذرات اکسید آهن را ساخته است. برای سنجش اندازه این ذرات از سه روش آنالیز مبتنی بر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، طیف‌سنجی اشعه ایکس (XRD) و میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) استفاده نموده است. کدام مقدار اندازه‌گیری شده به اندازه واقعی نزدیک‌تر است؟
- | | |
|--------------|--------------------|
| ۱) AFM | ۲) SEM و AFM |
| ۳) SEM و XRD | ۴) SEM و XRD و AFM |
- ۳۵- از روش‌های تشخیص بیماری، استفاده از نقاط کوانتومی به‌عنوان عامل‌های رنگی فلورسنت است. برای استفاده از این نقاط کوانتومی، معمولاً آن‌ها با یک پوشش پلیمری پوشانده می‌شوند. کدام مورد در خصوص این مطلب نادرست است؟
- ۱) این پوشش سبب تغییر در طول موج نشری نقاط کوانتومی می‌شود.
 - ۲) این پوشش دارای ضخامتی کمتر از ابعاد نقاط کوانتومی است.
 - ۳) پوشش پلیمری جلوی سمیت نقاط کوانتومی در بدن را می‌گیرد.
 - ۴) پوشش پلیمری جلوی حمله آنتی‌بادی‌های موجود در بدن موجود زنده به نقاط کوانتومی را می‌گیرد.

۳۶- $Al_xGa_{1-x}As$ یکی از مواد با گاف انرژی مستقیم است که در کاربردهای اپتوالکتریکی به طور گسترده استفاده می‌شود. فرض کنید می‌خواهید این ماده را با رنگ‌های متفاوت بسازید. انتظار دارید با افزودن درصد آلومینیم و کاهش ابعاد نقطه کوانتومی به ترتیب چه تغییری در گاف انرژی ایجاد شود؟

- (۱) افزایش گاف انرژی - افزایش گاف انرژی
 (۲) افزایش گاف انرژی - کاهش گاف انرژی
 (۳) کاهش گاف انرژی - افزایش گاف انرژی
 (۴) کاهش گاف انرژی - کاهش گاف انرژی

۳۷- یک قطعه سیلیکون با چگالی ذاتی $cm^{-3} / 1.5 \times 10^{10}$ با دو نوع اتم گیرنده و بخشنده با غلظت‌های $cm^{-3} / 6 \times 10^{16}$ و $cm^{-3} / 2 \times 10^{16}$ آلیایه شده‌اند. چگالی الکترون و حفره آزاد در سیستم به ترتیب از راست به چپ در واحد حجم (cm^{-3}) کدام است؟

(۱) $10^{10} - 8 \times 10^{16}$

(۲) $10^{14} - 4 \times 10^{16}$

(۳) $10^{14} - 4 \times 10^{16}$

(۴) $10^{10} - 8 \times 10^{16}$

۳۸- فرض کنید یک لایه اکسید تیتانیم به عنوان ماده نوع n با تراز فرمی $4/5 -$ الکترون ولت (نسبت به خلأ) بر روی زیرلایه‌ای از جنس آلومینیم یا تابع کار $4/1$ الکترون ولت لایه نشانی شود. اتصال ایجاد شده از چه نوعی است؟

- (۱) اهمی (۲) شاتکی (۳) همگون (۴) گزینه ۲ و ۳

۳۹- دو قطعه سیلیکون یکی با $cm^{-3} / 10^{18}$ اتم فسفر و دیگری با $cm^{-3} / 10^{16}$ اتم بور آلاینده شده است. در اتصال آن‌ها به عنوان یک سلول خورشیدی، ولتاژ مدار باز چند ولت است؟

(۱) ۰/۲

(۲) ۰/۷۸

(۳) ۱/۷۸

(۴) ۲

۴۰- پهنای طیفی در یک دیود نورتاب (LED) بر پایه نقاط کوانتومی، نسبت به حالت توده چه تغییری دارند؟

(۱) بیشتر می‌شود.

(۲) کمتر می‌شود.

(۳) تغییر نمی‌کند.

(۴) پهنای طیف وابسته به ولتاژ عملکرد LED است.

۴۱- یک MOSFET از نوع PFET را در نظر بگیرید. فرض کنید ابعاد کانال الکترونی در منطقه P برابر با

$(60\text{nm} \times 100\text{nm} \times 1\text{nm})$ باشد. برای اینکه یک کانال نوع n با چگالی الکترون $\frac{e}{cm^3} / 10^{18}$ درست کنیم، به

چند الکترون در این منطقه احتیاج است؟

(۱) 6×10^{23} (۲) 6×10^{10} (۳) ۶۰ (۴) ۶

- ۴۲- فرض کنید با لایه‌نشانی دو نیمه‌هادی از دو جنس مختلف به‌طور متناوب، می‌خواهیم یک ابر شبکه (super lattice) بسازیم. برای دستیابی به این هدف کدام شرط باید رعایت شود؟
- (۱) اختلاف گاف انرژی دو لایه زیاد باشد.
 - (۲) اختلاف گاف انرژی دو لایه کم باشد.
 - (۳) ضخامت لایه‌ها بیشتر از پهنای تونل‌زنی باشد.
 - (۴) ضخامت لایه‌ها کمتر از پهنای تونل‌زنی باشد.
- ۴۳- در یک حسگر زیستی تک مولکولی بر پایه ترانزیستور تک الکترونی، علت اصلی افزایش میزان حساسیت نسبت به ادوات بر پایه مواد توده کدام است؟
- (۱) افزایش سطح به حجم
 - (۲) افزایش فعالیت کاتالیستی
 - (۳) چگالی حالات الکترونی محدود
 - (۴) افزایش سرعت انتقال الکترون
- ۴۴- عامل اصلی در ایجاد جریان رانش و نفوذی در یک قطعه نیمه‌هادی به ترتیب کدام است؟
- (۱) میدان الکتریکی - خطوط پتانسیل
 - (۲) خطوط پتانسیل - میدان الکتریکی
 - (۳) تغییرات در چگالی حامل‌های بار - میدان الکتریکی
 - (۴) میدان الکتریکی - تغییرات در چگالی حامل‌های بار
- ۴۵- فرض کنید از یک ماده نیمه‌هادی یک ساختار کوانتومی ساخته‌اید. در کدام مورد چگالی ترازهای انرژی به صورت پله‌ای افزایش می‌یابد؟
- (۱) چاه کوانتومی
 - (۲) خوشه کوانتومی
 - (۳) سیم کوانتومی
 - (۴) نقطه کوانتومی