

339F

کد کنترل

339

F

**آزمون (نیمه‌متمرکز) ورود به دوره‌های دکتری - سال ۱۴۰۱****دفترچه شماره (۱)**

صبح جمعه ۱۴۰۰/۱۲/۶

جمهوری اسلامی ایران  
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
سازمان سنجش آموزش کشور«اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می‌شود.»  
امام خمینی (ره)**رشته فناوری نانو - نانوالکترونیک  
(کد ۲۳۶۴)**

جدول مواد امتحانی، تعداد، شماره سؤال‌ها و زمان پاسخ‌گویی

زمان پاسخ‌گویی	تا شماره	از شماره	تعداد سؤال	مواد امتحانی
۱۵۰ دقیقه	۴۵	۱	۴۵	مجموعه دروس تخصصی: - ریاضی و فیزیک (ریاضی عمومی (۱و۲)، ریاضی فیزیک (۱و۲))، فیزیک پایه (۱و۲)) - مبانی نانو تکنولوژی - ادوات نیمه هادی پیشرفته

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

این آزمون نمره منفی دارد.

حق چاپ، تکثیر و انتشار سؤال‌ها به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون، برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز این سازمان مجاز می‌باشد و یا متخلفان برابر مقررات رفتار می‌شود.

\* متقاضی گرامی، وارد نکردن مشخصات و امضا در کادر زیر، به منزله غیبت و حضور نداشتن 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 پاسخ‌نامه و دفترچه سؤال‌ها، نوع و کد کنترل درج شده بر روی دفترچه سؤال‌ها و پایین پاسخ‌نامه‌ام را تأیید می‌نمایم.

امضا:

۱- مقدار  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1 + \sqrt{2} + \sqrt{3} + \dots + \sqrt{4n}}{n\sqrt{n}}$  ، کدام است؟

(۱) صفر

(۲)  $\frac{2}{3}$

(۳) ۱

(۴)  $\frac{16}{3}$

۲- مقدار  $\lim_{x \rightarrow +\infty} x^2 \left( e^x - e^{x+1} \right)$  ، کدام است؟

(۱) صفر

(۲) ۲

(۳) ۱

(۴)  $\frac{1}{2}$

۳- ضریب  $x^5$  در سری مک لورن تابع  $f(x) = \arcsin x$  ، کدام است؟

(۱) صفر

(۲)  $\frac{1}{6}$

(۳)  $\frac{3}{40}$

(۴)  $\frac{7}{20}$

۴- طول خم حاصل از تقاطع روبه‌های  $z = 1 - \sqrt{2}x$  و  $3x^2 + y^2 = 3$  ، چند برابر عدد  $\pi$  است؟

(۱)  $\sqrt{3}$

(۲)  $\sqrt{6}$

(۳)  $2\sqrt{2}$

(۴)  $2\sqrt{3}$

۵- مساحت ناحیه محصور به منحنی بسته  $\begin{cases} x = 2 \cos t + \cos 2t \\ y = 2 \sin t - \sin 2t \end{cases}$  برای  $0 \leq t \leq 2\pi$ ، کدام است؟

(۱)  $\frac{\pi}{2}$

(۲)  $4\pi$

(۳)  $5\pi$

(۴)  $2\pi$

۶- مقدار انتگرال  $\int_0^1 \int_0^{\sqrt{1-x^2}} \frac{dy dx}{(4+3^y)\sqrt{1-x^2-y^2}}$ ، کدام است؟

(۱)  $\frac{\pi \ln \frac{15}{7}}{8 \ln 3}$

(۲)  $\frac{\pi}{8 \ln 3}$

(۳)  $\frac{1}{8 \ln 3}$

(۴)  $\frac{1}{\ln \frac{3}{7}}$

۷- فرض کنیم  $z = z(x, y)$  به صورت ضمنی توسط معادله  $f\left(\frac{x}{z}, \frac{y}{z}\right) = 0$  بیان شود که  $f$  تابعی مشتق پذیر است. اگر به ازای

نقطه  $A(x_0 = 1, y_0 = 1, z_0 = 2)$  که در معادله تابع صدق می‌کند  $\frac{\partial z}{\partial x}(A) = 3$ ، آنگاه  $\frac{\partial z}{\partial y}(A)$ ، کدام است؟

(۱)  $-2$

(۲)  $-1$

(۳) صفر

(۴)  $2$

۸- اگر  $\theta$  زاویه بین خطوط عمود بر دو رویه  $z = e^{3x+y+2}$  و  $z = xy - y^2 + 6y - 3$  در نقطه  $(-1, 1, 1)$  باشد، آنگاه  $\cos \theta$  کدام است؟

(۱)  $\frac{7}{11}$

(۲)  $\frac{1}{9}$

(۳)  $\frac{2}{11}$

(۴)  $\frac{2}{9}$

۹- حجم ناحیه محصور به رویه  $x^2 + y^2 + z^2 = \sqrt{xyz}$ ، در یک هشتم اول فضا کدام است؟

(۱)  $\frac{1}{24}$

(۲)  $\frac{1}{12}$

(۳)  $\frac{1}{8}$

(۴)  $\frac{1}{6}$

۱۰- اگر  $A$  و  $B$  ماتریس‌های متعامد  $N \times N$  دلخواه باشند، کدام رابطه نادرست است؟

(۱)  $\text{tr } A = \pm \text{tr } B$

(۲)  $\det(AB) = \pm 1$

(۳)  $\det A = \pm \det B$

(۴)  $\text{tr}(AB) = \text{tr}(BA)$

۱۱- اگر  $\vec{A}(\vec{r})$  و  $\vec{B}(\vec{r})$  بردارهایی دلخواه و  $f(\vec{r})$  و  $g(\vec{r})$  تابع‌هایی دلخواه و مشتق‌پذیر باشند، کدام اتحاد نادرست است؟

(۱)  $\nabla \times (f \vec{A}) = (\nabla f) \times \vec{A} + f \nabla \times \vec{A}$

(۲)  $\vec{A} \times (\nabla \times \vec{A}) = \frac{1}{2} \nabla (\vec{A} \cdot \vec{A}) - (\vec{A} \cdot \nabla) \vec{A}$

(۳)  $\nabla \cdot (g \nabla f - f \nabla g) = g \nabla^2 f - f \nabla^2 g$

(۴)  $\nabla \cdot (\vec{A} \times \vec{B}) = \vec{A} \cdot (\nabla \times \vec{B}) - \vec{B} \cdot (\nabla \times \vec{A})$

۱۲- سه عملگر دیفرانسیلی  $A = \frac{d}{dx}$ ،  $B = x \frac{d}{dx}$  و  $C = x \frac{d^2}{dx^2}$  را در نظر بگیرید. حاصل جابجاگر  $[A, B] = AB - BA$ .

این دو عملگر کدام است؟

(۱)  $A$

(۲)  $C$

(۳)  $B - C$

(۴)  $A - C$

۱۳- حاصل انتگرال  $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(9 - 10x^2 + x^4) \cos(\pi x) dx$ ، کدام است؟

(۱)  $-\frac{1}{12}$

(۲)  $-\frac{1}{6}$

(۳)  $\frac{1}{4}$

(۴) صفر

۱۴- شکل کلی حل معادله دیفرانسیل پاره‌ای  $\frac{\partial^2 u(x,y)}{\partial x^2} - y \frac{\partial^2 u(x,y)}{\partial y^2} - \frac{1}{2} \frac{\partial u(x,y)}{\partial y} = 0$  که در آن  $y > 0$  است،

کدام است؟ ( $f_1$  و  $f_2$  دو تابع دلخواه پیوسته دو بار مشتق پذیرند.)

$$u(x, y) = f_1(x + 2y) + f_2(x - 2y) \quad (1)$$

$$u(x, y) = f_1(x + \sqrt{y}) + f_2(x - \sqrt{y}) \quad (2)$$

$$u(x, y) = f_1(x + 2\sqrt{y}) + f_2(x - 2\sqrt{y}) \quad (3)$$

$$u(x, y) = f_1(x + y) + f_2(x - y) \quad (4)$$

۱۵- چند جمله‌ای‌های لژاندر  $P_m(x) = \frac{1}{2^m m!} \frac{d^m}{dx^m} (x^2 - 1)^m$ ، جواب‌های کدام معادله دیفرانسیل هستند؟

$$(1-x^2) \frac{d^2 u(x)}{dx^2} - x \frac{du(x)}{dx} + m(m-1)u(x) = 0 \quad (1)$$

$$(1-x^2) \frac{d^2 u(x)}{dx^2} + 2x \frac{du(x)}{dx} + m(m+1)u(x) = 0 \quad (2)$$

$$(1-x^2) \frac{d^2 u(x)}{dx^2} - 2x \frac{du(x)}{dx} + m(m+1)u(x) = 0 \quad (3)$$

$$(1-x^2) \frac{d^2 u(x)}{dx^2} + x \frac{du(x)}{dx} + m(m-1)u(x) = 0 \quad (4)$$

۱۶- حاصل انتگرال  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin x}{x(x-i)} dx$ ، کدام است؟

$$-i\pi \left(1 + \frac{1}{e}\right) \quad (1)$$

$$i\pi \left(1 - \frac{1}{e}\right) \quad (2)$$

$$i\pi \quad (3)$$

$$-\frac{i\pi}{e} \quad (4)$$

۱۷- اگر تابع  $u(x,t)$  در معادله دیفرانسیل  $\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} = \frac{\partial u(x,t)}{\partial t}$  صدق کند،  $\tilde{u}(k,t)$  تبدیل فوریه  $u(x,t)$  در کدام

رابطه صدق می‌کند؟  $(\tilde{u}(k,t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} u(x,t) e^{ikx} dx)$

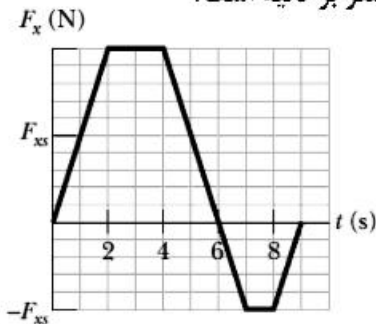
$$\frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial t} = \frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial k} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial t} = k^2 \tilde{u}(k,t) \quad (2)$$

$$\frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial t} = -\frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial k} \quad (3)$$

$$\frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial t} = -k^2 \tilde{u}(k,t) \quad (4)$$

۱۸- جسمی به جرم  $8\text{ kg}$  می‌تواند در امتداد محور  $x$  حرکت می‌کند. این جسم از لحظه  $t = 0$  که در حالت سکون قرار داشته تحت تاثیر نیروی  $F_x$  که مطابق شکل زیر وابسته به زمان است به حرکت درمی‌آید. مقیاس روی محور  $F_x$  چنان انتخاب شده که  $F_{xs} = 10\text{ N}$  است. سرعت جسم در لحظه  $t = 9\text{ s}$  چند متر بر ثانیه است؟



- (۱)  $7/5$
- (۲)  $12/5$
- (۳)  $\sqrt{15}$
- (۴)  $\sqrt{30}$

۱۹- یک هواپیما به جرم  $800\text{ kg}$  در فضا در امتداد مثبت محور  $x$  با تندی  $400\text{ m/s}$  در حرکت است. به سبب یک انفجار داخلی این هواپیما به سه پاره تقسیم می‌شود. پس از انفجار، قطعه اول به جرم  $400\text{ kg}$  در امتداد مثبت محور  $y$  با تندی  $300\text{ m/s}$  و قطعه دوم به جرم  $200\text{ kg}$  در امتداد منفی محور  $x$  با تندی  $900\text{ m/s}$  به حرکت در می‌آیند. مقدار انرژی که در این انفجار آزاد شده چند مگاژول است؟ (از اثرات گرانش چشم‌پوشی شود.)

- (۱)  $35$
- (۲)  $42$
- (۳)  $120$
- (۴)  $696$

۲۰- یک ژيروسکوپ معین از یک قرص یکنواخت با شعاع  $5\text{ cm}$  که روی یک میله سبک به طول  $2\text{ cm}$  و در وسط آن سوار شده، ساخته شده است. میله افقی و یک سر آن روی یک تکیه‌گاه قرار دارد. اگر سرعت زاویه‌ای قرص حول محور میله  $245\text{ rad/s}$  باشد، آهنگ حرکت تقدیمی ژيروسکوپ چند  $\text{rad/s}$  است؟ ( $g = 9.8\text{ m/s}^2$ )

- (۱)  $0.016$
- (۲)  $0.22$
- (۳)  $0.64$
- (۴)  $0.128$

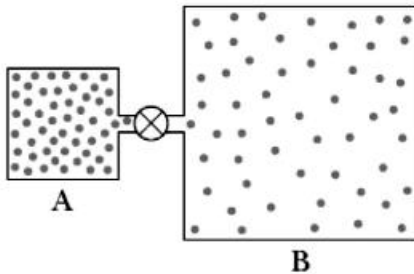
۲۱- آب طبقه زیرزمین یک ساختمان را فرا گرفته است. این آب توسط شیلنگی به شعاع  $2\text{ cm}$  به آرامی و یکنواخت و با تندی  $6\text{ m/s}$  از طریق پنجره‌ای که  $4\text{ m}$  از سطح آب بالاتر است به بیرون پمپاژ می‌شود. توان پمپ چند وات است؟ ( $\rho_w = 1000\text{ kg/m}^3$  و  $g = 9.8\text{ m/s}^2$ )

- (۱)  $135/7$
- (۲)  $159/8$
- (۳)  $295/6$
- (۴)  $431/3$

۲۲- یک جرقه الکتریکی در امتداد یک خط مستقیم به طول  $5\text{m}$  زده می‌شود. این جرقه یک پالس صوتی تولید می‌کند که به صورت شعاعی به سمت خارج از آن گسیل می‌شود (در واقع این جرقه یک چشمه خطی صوت است) توان صوتی گسیل‌یافته از جرقه  $W = 6.28 \times 10^5$  است. شدت صوت هنگامی که به فاصله  $20\text{m}$  از جرقه می‌رسد، چند  $\text{W/m}^2$  است؟

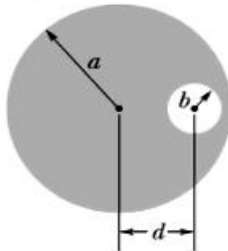
- (۱) ۲۵۰۰
- (۲) ۲۰۰۰
- (۳) ۱۰۰۰
- (۴) ۵۰۰

۲۳- در شکل زیر ظرف A حاوی گاز کاملی در فشار  $6 \times 10^5 \text{ Pa}$  و دمای  $300 \text{ K}$  است. این ظرف توسط لوله نازکی (به همراه یک شیر بسته) به ظرف B که حجم آن ۲ برابر حجم ظرف A است متصل است. ابتدا درون ظرف B گاز کامل یکسانی با ظرف A ولی در فشار  $2 \times 10^5 \text{ Pa}$  و دمای  $400 \text{ K}$  است. اکنون شیر باز می‌شود تا دو ظرف هم‌فشار شوند، اما دمای هر یک از دو ظرف ثابت می‌ماند. فشار نهایی چند پاسکال است؟



- (۱)  $3.6 \times 10^5$
- (۲)  $3.8 \times 10^5$
- (۳)  $3.3 \times 10^5$
- (۴)  $3.0 \times 10^5$

۲۴- در شکل زیر سطح مقطع یک سیم رسانای بلند استوانه‌ای به شعاع  $a = 7 \text{ cm}$  نشان داده شده است. این سیم دارای یک حفره بلند استوانه‌ای به شعاع  $b = 3 \text{ cm}$  است. محورهای حفره و سیم موازی و به فاصله  $d = 4 \text{ cm}$  از هم قرار دارند. جریان الکتریکی  $80 \text{ A}$  با توزیع یکنواخت در سیم جریان دارد. اندازه میدان مغناطیسی در مرکز حفره چند گاوس است؟



- (۱) ۴/۱
- (۲)  $4.1 \times 10^{-2}$
- (۳) ۱/۶
- (۴)  $1.6 \times 10^{-1}$

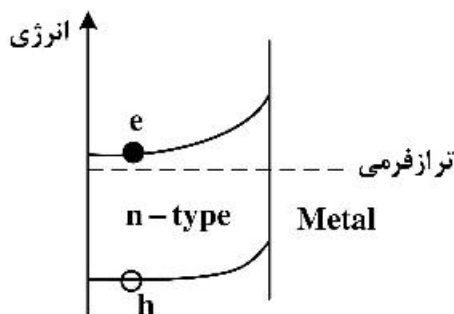
۲۵- در یک مدار RLC دامنه نیروی محرکه الکتریکی  $E_m = 30 \text{ V}$ ، مقاومت الکتریکی  $R = 10 \Omega$ ، اندوکتانس سلف  $L = 2 \text{ H}$  و ظرفیت خازن  $C = 50 \mu\text{F}$  است. در حالت تشدید، دامنه ولتاژ در دو سر سلف چند ولت است؟

- (۱) ۰/۶
- (۲) ۶
- (۳) ۶۰
- (۴) ۶۰۰

۲۶- در میکروسکوپ الکترونی عبوری TEM، عامل کنترل‌کننده قدرت تفکیک (رزولوشن) در تصاویر کدام است؟

- (۱) طول موج الکترون - ماهیت کریستالی نمونه
- (۲) ولتاژ شتاب‌دهنده الکترون - طول موج الکترون
- (۳) فاصله نمونه و تفنگ الکترون - ماهیت کریستالی نمونه
- (۴) ولتاژ شتاب‌دهنده الکترون - فاصله نمونه و تفنگ الکترون

- ۲۷- در کدام یک از روش‌های ساخت نانومواد، فرایند تولید با تجزیه مولکول‌های گاز پیش‌ساز صورت می‌گیرد؟  
 (۱) کندوپاش (Sputtering) (۲) رسوب‌دهی فیزیکی از فاز بخار (PVD)  
 (۳) رسوب‌دهی شیمیایی از فاز بخار (CVD) (۴) اکسیداسیون آندی
- ۲۸- در یک میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، کدام گزینه در مورد الکترون‌های پس‌پراکنده (Backscattered) به لحاظ مقدار انرژی و نوع اطلاعات درست است؟  
 (۱) الکترون‌های پر انرژی - اطلاعات از عمق و عدد اتمی  
 (۲) الکترون‌های پر انرژی - اطلاعات از سطح و توپوگرافی  
 (۳) الکترون‌های کم انرژی - اطلاعات از عمق و عدد اتمی  
 (۴) الکترون‌های کم انرژی - اطلاعات از سطح و توپوگرافی
- ۲۹- ضخامت غشاء سلول تقریباً چند نانومتر است؟  
 (۱) ۵/۵ (۲) ۱۰ (۳) ۱۰۰ (۴) ۵۰۰
- ۳۰- در یک نقطه کوانتومی انتظار دارید با کاهش ابعاد ذره و افزایش دمای محیط، تجزیه اکسیتون به الکترون و حفره چگونه انجام شود؟  
 (۱) ساده‌تر - سخت‌تر (۲) ساده‌تر - ساده‌تر (۳) سخت‌تر - سخت‌تر (۴) سخت‌تر - ساده‌تر
- ۳۱- کدام یک از رویکردهای زیر جزو روش‌های پایین به بالا در سنتز نانومواد طبقه‌بندی می‌شوند؟  
 (۱) لیتوگرافی - اکسیداسیون آندی  
 (۲) کندوپاش (Sputtering) - لیتوگرافی  
 (۳) رسوب‌دهی شیمیایی از فاز بخار (CVD) - کندوپاش (Sputtering)  
 (۴) رسوب‌دهی شیمیایی از فاز بخار (CVD) - اکسیداسیون آندی
- ۳۲- کدام میکروسکوپ قدرت تفکیک (رزولوشن) عمودی (z) بالاتری دارد؟  
 (۱) میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) (۲) میکروسکوپ کنتراست فاز (Phase contrast)  
 (۳) میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) (۴) میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)
- ۳۳- کدام مورد، مکانیزم رنگی دیده شدن ذرات نانومتری طلا است؟  
 (۱) نشر (فسفرسانس) (۲) نشر (پلاسمون‌های سطحی)  
 (۳) جذب (فسفرسانس) (۴) جذب (پلاسمون‌های سطحی)
- ۳۴- در یک نقطه کوانتومی مکعبی با ابعاد a، تغییرات گاف انرژی با کاهش سایز چگونه است و چه وابستگی به اندازه دارد؟  
 (۱) افزایش -  $\frac{1}{a}$  (۲) افزایش -  $\frac{1}{a^2}$   
 (۳) کاهش -  $a^2$  (۴) کاهش - a
- ۳۵- در اتصال بین یک نانوذره نیمه‌هادی نوع n و یک فلز خمش تراز به شکل زیر صورت گرفته است. انتظار دارید حامل‌های بار کجا منتقل شوند؟  
 (۱) e به نیمه‌هادی و h به فلز منتقل شوند.  
 (۲) h به نیمه‌هادی و e به فلز منتقل شوند.  
 (۳) e و h به نیمه‌هادی منتقل شوند.  
 (۴) c و h به فلز منتقل شوند.

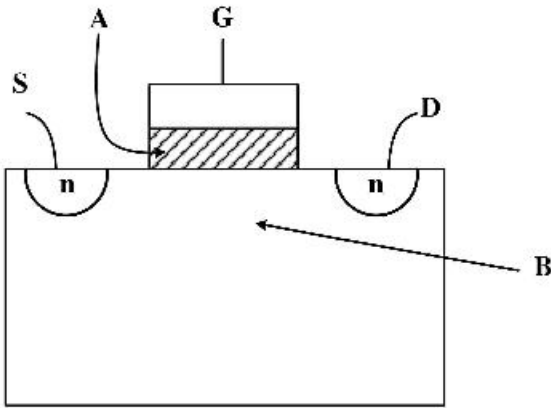




- ۳۶- اگر قطعه‌ای از سیلیسیوم ذاتی با گاف انرژی  $1.1 \text{ eV}$  و چگالی الکترونی  $1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$  را با آرسنیک با غلظت  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  آلائش دهیم، سطح انرژی فرمی چقدر جابه‌جا خواهد شد؟
- (۱)  $0.4 \text{ eV}$  (۲)  $0.8 \text{ eV}$   
 (۳)  $25 \text{ meV}$  (۴)  $100 \text{ meV}$

- ۳۷- مقدار (APF) Atomic Packing Factor در ساختار کریستال BCC چه مقدار است؟
- (۱)  $0.52$  (۲)  $0.68$   
 (۳)  $0.74$  (۴)  $0.82$

- ۳۸- شکل زیر نشان‌دهنده سطح مقطع یک MOSFET است. کدام گزینه در مورد جنس ماده ناحیه A و B درست است؟



- (۱) نیمه هادی با دپینگ بالا - فلز  
 (۲) نیمه هادی با دپینگ بالا - اکسید  
 (۳) فلز - نیمه هادی نوع P  
 (۴) اکسید - نیمه هادی نوع P

- ۳۹- برای ساخت یک اتصال  $p-n$ ، اگر چگالی حامل‌ها را در نواحی  $n$  و  $p$  افزایش دهیم، خازن تخلیه چه تغییری می‌کند؟
- (۱) نمی‌توان پیش‌بینی کرد. (۲) بدون تغییر می‌ماند.  
 (۳) زیاد می‌شود. (۴) کم می‌شود.

- ۴۰- در یک ترانزیستور NPN اگر اتصال بیس - امیتر در بایاس مستقیم و اتصال بیس - کلکتور در بایاس معکوس باشد، ترانزیستور در چه ناحیه‌ای از عملکرد قرار دارد؟
- (۱) Saturated (۲) Inverted (۳) Cutoff (۴) Active

- ۴۱- در یک دیود رخشایی نور تاب (LED) بر پایه سیم‌های کوانتومی انتظار دارید با افزایش طول و قطر سیم کوانتومی به ترتیب بیشینه طول موج رخشایی چگونه تغییر کند؟
- (۱) کاهش - افزایش (۲) بدون تغییر - افزایش  
 (۳) کاهش - بدون تغییر (۴) افزایش - کاهش

- ۴۲- دو ماده نیمه‌هادی A و B با خواص کاملاً یکسان داریم. تفاوت این دو ماده در گاف انرژی است. اگر  $E_{gA} = 1 \text{ eV}$ ،  $E_{gB} = 1.04 \text{ eV}$  باشد، نسبت تعداد حامل‌های ذاتی این دو ماده چه مقدار است؟
- (۱)  $54.59$  (۲)  $27.29$   
 (۳)  $7.38$  (۴)  $1$

۴۳- به‌منظور به‌دست آوردن موبیلیتی الکترون‌ها در یک قطعه نیمه‌هادی به طول  $5\text{mm}$ ، ولتاژی برابر  $2.5$  ولت به دو

سر قطعه اعمال شده است. اگر مقدار سرعت drift میانگین، برابر  $100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  باشد، مقدار موبیلیتی چند  $\frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$  است؟

(۱) ۲۰۰۰ (۲) ۱۲۰۰

(۳) ۲۰ (۴) ۱۲

۴۴- در یک دیود شاتکی (اتصال فلز با نیمه‌هادی نوع n)، ارتفاع سد شاتکی کدام است؟

(۱) اختلاف لبه هدایت نیمه‌هادی با تابع کار فلز (۲) اختلاف لبه ظرفیت نیمه‌هادی با تابع کار فلز

(۳) اختلاف انرژی‌های فرمی فلز و نیمه‌هادی (۴) اختلاف تابع کارهای فلز و نیمه‌هادی

۴۵- مقاومت یک قطعه از سیلیکون نوع n به طول  $40 \mu\text{m}$  و سطح مقطع مربع به ضلع  $20 \mu\text{m}$  برابر با  $20$  اهم است.

اگر مقدار موبیلیتی الکترون‌ها برابر با  $400 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$  باشد، چگالی حامل‌ها چند  $\text{cm}^{-3}$  است؟

(۱)  $7.8 \times 10^{18}$  (۲)  $7.8 \times 10^{17}$

(۳)  $3.9 \times 10^{17}$  (۴)  $3.9 \times 10^{18}$



