

کد کنترل

539

F



## آزمون (نیمه‌متمرکز) 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)

### فناوری نانو - نانوالکترونیک (کد ۲۳۶۴)

زمان پاسخ‌گویی: ۱۳۵ 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)) - مبانی 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.

\* داوطلب گرامی، عدم درج مشخصات و امضا در مندرجات جدول ذیل، به منزله عدم حضور شما در جلسه آزمون است.

اینجانب ..... با شماره داوطلبی ..... با آگاهی کامل، یکسان بودن شماره سندلی خود را با شماره داوطلبی مندرج در بالای کارت ورود به جلسه، بالای پاسخنامه و دفترچه سؤالات، نوع و کد کنترل درج شده بر روی دفترچه سؤالات و پائین پاسخنامه ام را تأیید می‌نمایم.

امضا:

مجموعه دروس تخصصی: ریاضی و فیزیک (ریاضی عمومی (۱)، ریاضی فیزیک (۱)، فیزیک پایه (۱) - مبانی نانو تکنولوژی - ادوات نیمه هادی پیشرفته:

۱- حاصل  $I = \oint_C \frac{e^z dz}{(z - i\pi)(z^2 - 20)^4}$  کدام است؟ (C دایره‌ای به مرکز مبدأ مختصات و به شعاع  $r = 4$  است و

انتگرال در جهت مثبت مثلثاتی گرفته می‌شود و  $i^2 = -1$ )

$$(1) \frac{2\pi}{(\pi^2 + 20)^4}$$

$$(2) \frac{2\pi i}{(\pi^2 + 20)^4}$$

$$(3) -\frac{2\pi}{(\pi^2 + 20)^4}$$

$$(4) -\frac{2\pi i}{(\pi^2 + 20)^4}$$

۲- کدام مورد در خصوص سری‌های  $I = \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n(\ln n)^2}$  و  $J = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2n+1}$ ، درست است؟

(1) I و J واگرا

(2) I و J همگرا

(3) I همگرا و J واگرا

(4) I واگرا و J همگرا

۳- به استثنای کدام مورد، همگی خواص تابع دلتای دیراک هستند؟

$$(1) \delta[a(x - x_1)] = \frac{1}{a} \delta(x - x_1)$$

$$(2) \int_{-\infty}^{\infty} \delta'(x) f(x) dx = -f'(0)$$

$$(3) \int_{-\infty}^{\infty} \delta(x - x_0) f(x) dx = f(x_0)$$

$$(4) \delta[(x - x_1)(x - x_2)] = [\delta(x - x_1) \delta(x - x_2)] / |x_1 - x_2|$$

۴-  $\mathbf{A}$  و  $\mathbf{B}$  بردارهای دلخواه هستند. حاصل عبارت  $\nabla \times (\mathbf{A} \times \mathbf{B})$  کدام است؟

(۱)  $(\nabla \cdot \mathbf{B})\mathbf{A} - (\nabla \cdot \mathbf{A})\mathbf{B}$

(۲)  $(\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{A} + (\nabla \times \mathbf{A}) \times \mathbf{B}$

(۳)  $(\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{A} - (\nabla \times \mathbf{A}) \times \mathbf{B}$

(۴)  $(\mathbf{B} \cdot \nabla)\mathbf{A} - (\mathbf{A} \cdot \nabla)\mathbf{B} - \mathbf{B}(\nabla \cdot \mathbf{A}) + \mathbf{A}(\nabla \cdot \mathbf{B})$

۵- ماتریس‌های  $\mathbf{A}$  و  $\mathbf{B}$  حقیقی و دلخواه هستند و می‌توان آنها را توسط یک تبدیل تشابهی قطری کرد. کدام مورد

همواره درست است؟

(۱)  $\{\mathbf{A}, \mathbf{B}\} = 0$

(۲)  $[\mathbf{A}, \mathbf{B}] = 0$

(۳)  $\mathbf{A}$  و  $\mathbf{B}$ ؛ ماتریس‌های متعامدند.

(۴)  $\mathbf{A} = \mathbf{B}^T$ ؛ که منظور از  $T$  ترانپوز است.

۶- اگر سطح بسته  $S$  حجم  $V$  را محصور کرده باشد (یعنی  $\partial V = S$ )، حاصل انتگرال‌های زیر کدام است؟

(ب)  $\oiint_S \mathbf{r} \cdot d\sigma$

(الف)  $\oiint_S d\sigma$

(۱) الف (ب)  $3V$

(۲) الف (S)  $3V$

(۳) الف (S) ب) صفر

(۴) الف (ب) صفر

۷- سری فوریه متناظر با تابع  $f(x) = \begin{cases} -\frac{1}{2}(\pi + x), & -\pi \leq x < 0 \\ \frac{1}{2}(\pi - x), & 0 < x \leq \pi \end{cases}$  کدام است؟

(۱)  $f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{\cos nx}{n} \right)$

(۲)  $f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{\sin nx}{n} \right)$

(۳)  $f(x) = \frac{1}{n} + \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{\cos nx}{n} \right)$

(۴)  $f(x) = \frac{1}{n} + \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{\sin nx}{n} \right)$

۸- توابع لژاندر با مولد  $|t| < 1$ ،  $g(x, t) = \frac{1}{\sqrt{1-2xt+t^2}} = \sum_{n=0}^{\infty} P_n(x)t^n$  در کدام معادله دیفرانسیل صدق می‌کنند؟

(۱)  $y'' - 2xy' + 2ny = 0$

(۲)  $xy'' + (1-x)y' + ny = 0$

(۳)  $(1-x^2)y'' - 2xy' + n(n+1)y = 0$

(۴)  $(1-x^2)y'' - 3xy' + n(n+2)y = 0$

۹- مکان هندسی نقاط ناحیه  $\operatorname{Re}\left(\frac{1}{z}\right) > 1$  در صفحه مختلط کدام است؟

(۱) داخل دایره به شعاع  $\frac{1}{2}$  و به مرکز  $(-\frac{1}{2}, 0)$

(۲) داخل دایره به شعاع  $\frac{1}{2}$  و به مرکز  $(\frac{1}{2}, 0)$

(۳) خارج دایره به شعاع  $\frac{1}{2}$  و به مرکز  $(\frac{1}{2}, 0)$

(۴) خارج دایره به شعاع  $\frac{1}{2}$  و به مرکز  $(-\frac{1}{2}, 0)$

۱۰- اگر تابع  $f$  یک تابع غیرصفر،  $f(0) = 0$  و  $f'(x) = \int_0^x \frac{f(t)(\cos t)}{2\sqrt{4 + \sin t}} dt$  باشد، تابع  $f(x)$  کدام است؟

(۱)  $2\sqrt{4 + \sin x} + 1$

(۲)  $2\sqrt{4 + \sin x}$

(۳)  $\frac{1}{2}\sqrt{4 + \sin x}$

(۴)  $\frac{1}{2}\sqrt{4 + \sin x} - 1$

۱۱- طول قوس منحنی  $y = \int_0^x \sqrt{\ln^2 t - 1} dt$  در بازه  $(1, e)$  کدام است؟

(۱) ۱

(۲) ۲

(۳)  $e$

(۴)  $2e$

۱۲- فرض کنید  $f(1) = 3$  و  $f'(1) = 2$ ، حاصل  $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{\sqrt{f(x)+1} - 2}{\sqrt{x}-1}$  کدام است؟

(۱) ۱

(۲) ۲

(۳) ۳

(۴) ۴

۱۳- شعاع همگرایی سری  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{5^n} (x+1)^{2n}$  کدام است؟

(۱)  $\frac{5}{2}$

(۲)  $\frac{\sqrt{5}}{2}$

(۳)  $\sqrt{5}$

(۴) ۵

۱۴- توصیف ناحیه درون  $x^2 + y^2 + (z-2)^2 = 4$  که خارج  $x^2 + y^2 + z^2 = 1$  قرار دارد، در مختصات کروی کدام است؟

$$(1) \quad 0 \leq \theta \leq 2\pi, \quad 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}, \quad 1 \leq \rho \leq 4 \cos \varphi$$

$$(2) \quad 0 \leq \theta \leq 2\pi, \quad 0 \leq \varphi \leq \text{Arc cos}\left(\frac{1}{4}\right), \quad 1 \leq \rho \leq 4 \cos \varphi$$

$$(3) \quad 0 \leq \theta \leq 2\pi, \quad 0 \leq \varphi \leq \text{Arc cos}\left(\frac{1}{4}\right), \quad 1 \leq \rho \leq 2 \cos \varphi$$

$$(4) \quad 0 \leq \theta \leq 2\pi, \quad 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}, \quad 1 \leq \rho \leq 2 \cos \varphi$$

۱۵- فرض کنید  $S$  رویه  $0 = xyz^2 + 2xz + y$  است. اگر بردارهای عمود بر این رویه در نقاط روی محور  $z$ ها رویه‌ای مانند  $S'$  را تولید کنند، معادله  $S'$  کدام است؟

$$(1) \quad x = 2zy$$

$$(2) \quad x = 2z^2y$$

$$(3) \quad y = 2z^2x$$

$$(4) \quad y = 2zx$$

۱۶- اگر  $f(x, y) = \sin\left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{x+y}\right)$ ، آنگاه حاصل  $\frac{\partial x}{\partial f}$  کدام است؟

$$(1) \quad -\frac{x}{y}$$

$$(2) \quad \frac{x}{y}$$

$$(3) \quad -\frac{y}{x}$$

$$(4) \quad \frac{y}{x}$$

۱۷- مساحت سطح محصور بین دو خم زیر، کدام است؟

$$\begin{cases} x+y=1 \\ \sqrt{x}+\sqrt{y}=1 \end{cases}$$

$$(1) \quad 1$$

$$(2) \quad 2$$

$$(3) \quad \frac{1}{3}$$

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

- ۱۸- ذره‌ای در یک بعد روی خط راست با سرعت اولیه  $v_0$  حرکت می‌کند و شتاب آن  $a$  با سرعت لحظه‌ای ( $v$ ) دارای رابطه  $a = 3v$  است. سرعت لحظه‌ای با زمان ( $t$ ) چگونه تغییر می‌کند؟

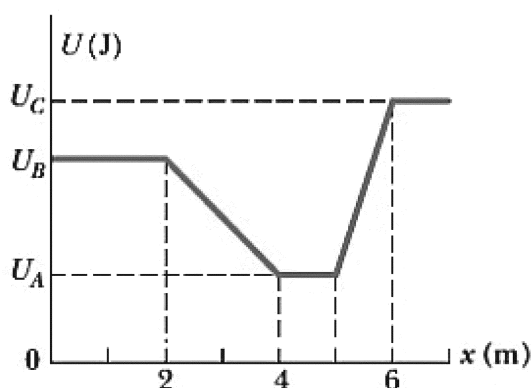
$$v = v_0 e^{3t} \quad (1)$$

$$v = v_0 e^{-3t} \quad (2)$$

$$v = v_0 + at \quad (3)$$

$$v = v_0(1 + 3t) \quad (4)$$

- ۱۹- ذره‌ای به جرم  $2 \text{ kg}$  فقط در راستای  $x$  حرکت می‌کند و تنها نیروی پایستار به این جسم وارد می‌شود. پتانسیل حاصل از این نیرو در شکل نشان داده شده است. مقادیر نشان داده شده در شکل عبارتند از  $U_C = 45 \text{ J}$ ،  $U_B = 35 \text{ J}$ ،  $U_A = 15 \text{ J}$ . اگر ذره از  $x = 4/5 \text{ m}$  با انرژی کل  $40 \text{ J}$  در جهت مثبت



محور  $x$  شروع به حرکت کند، کدام مورد درست است؟

(۱) نقطه  $x = 1/5 \text{ m}$  بازگشت است.

(۲) نقطه  $x = 5/8 \text{ m}$  بازگشت است.

(۳) در نقطه  $x = 1/5 \text{ m}$  تندی ذره  $5 \text{ m/s}$  است.

(۴) در نقطه  $x = 5/8 \text{ m}$  تندی ذره  $6/2 \text{ m/s}$  است.

- ۲۰- آسانسوری با بار خود  $1500$  کیلوگرم جرم دارد. این آسانسور با تندی  $10$  متر بر ثانیه به سمت پایین حرکت می‌کند و تحت تأثیر شتاب ثابت سرعت آن کاهش می‌یابد به طوری که پس از طی  $50$  متر متوقف می‌شود. اگر شخصی با جرم

$70$  کیلوگرم در این آسانسور روی ترازویی ایستاده باشد، ترازو چند نیوتن را نشان می‌دهد؟ ( $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

$$630 \quad (1)$$

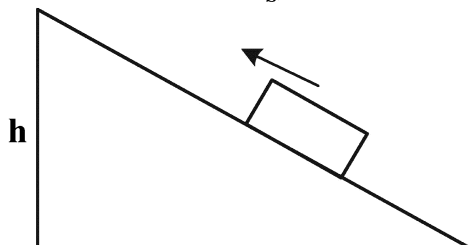
$$686 \quad (2)$$

$$700 \quad (3)$$

$$770 \quad (4)$$

- ۲۱- بسته‌ای با تندی  $60$  متر بر ثانیه از پایین یک سطح شیب‌دار با زاویه شیب  $60$  درجه به سمت بالا حرکت می‌کند. اگر

ضریب اصطکاک جنبشی  $0/5$  باشد، بسته تا چه ارتفاعی ( $h$ ) بر حسب متر بالا می‌رود؟ ( $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )



$$1/0 \quad (1)$$

$$1/4 \quad (2)$$

$$1/8 \quad (3)$$

$$2/1 \quad (4)$$

۲۲- الکترونی با انرژی جنبشی  $K$  به طور مستقیم از فاصله‌ای دور به سمت مرکز یک ورق بزرگ فلزی که دارای چگالی سطحی  $\sigma$  است، پرتاب می‌شود. به علت دافعه الکترواستاتیکی، الکترون در لحظه رسیدن به ورق متوقف می‌شود. الکترون در چه فاصله‌ای از ورق پرتاب شده است؟ ( $e$  بار الکترون و  $\epsilon_0$  ثابت گذردهی الکتریکی خلأ است.)

$$(1) \frac{\epsilon_0 K}{e\sigma}$$

$$(2) \frac{\epsilon_0 K}{2e\sigma}$$

$$(3) \frac{2\epsilon_0 K}{e\sigma}$$

$$(4) \frac{3\epsilon_0 K}{e\sigma}$$

۲۳- بزرگی میدان الکتریکی  $E$  با رابطه  $E = \frac{A}{r^3}$  داده شده است که در آن  $r$  فاصله شعاعی،  $A$  ثابتی با یکای مناسب و  $E$  بر حسب ولت بر متر است. بزرگی اختلاف پتانسیل بین نقطه‌هایی با فاصله  $r = 1.0 \text{ m}$  و  $r = 2.0 \text{ m}$  کدام است؟

$$(1) \frac{A}{8}$$

$$(2) \frac{3A}{16}$$

$$(3) \frac{3A}{8}$$

$$(4) \frac{45A}{16}$$

۲۴- یک آهنربای استوانه‌ای به قطر  $4.0$  سانتی‌متر از یک سیم‌پیچ که حول یک هسته آهنربای دائمی پیچیده شده، تشکیل شده است. میدان مغناطیسی حاصل از این آهنربا با تغییر جریان سیم به‌طور سینوسی با بسامد  $10$  هرتز بین دو مقدار  $18.0 \text{ T}$  و  $20.0 \text{ T}$  نوسان می‌کند. در فاصله شعاعی  $1.0$  سانتی‌متر، دامنه شدت میدان الکتریکی القایی کدام است؟

$$(1) 40\pi$$

$$(2) 10\pi$$

$$(3) 0.4\pi$$

$$(4) 0.1\pi$$

۲۵- یک مولد جریان متناوب با نیروی محرک الکتریکی  $\epsilon = \epsilon_m \sin(\omega_d t)$  که  $\epsilon_m = 25.0 \text{ V}$  و  $\omega_d = 400 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$  است، به خازنی با ظرفیت  $4.0 \mu\text{F}$  وصل شده است. وقتی جریان بیشینه است، نیروی محرک الکتریکی چند ولت است؟

$$(1) 25.0$$

$$(2) 17.5$$

$$(3) 12.5$$

$$(4) \text{ صفر}$$

۲۶- از روابط زیر برای محاسبه سطح و حجم یک ذره کروی استفاده می‌شود. اگر یک ذره به قطر ۱۰ میکرومتر را به نانوذراتی با قطرهای ۱۰ نانومتر تبدیل کنیم، سطح تماس چند برابر می‌شود؟

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$S = 4\pi r^2$$

(۲) ۱۰۰

(۱) ۱۰

(۴) ۱۰۰۰۰

(۳) ۱۰۰۰

۲۷- در کدام مورد، همه روش‌های ذکر شده جزو روش‌های ساخت پایین به بالا محسوب می‌شوند؟

(۱) خودسازمان‌دهی - لیتوگرافی - سل ژل - انباشت الکتروشیمیایی

(۲) سل ژل - لیتوگرافی - تغییر شکل پلاستیک شدید - خودسازمان‌دهی

(۳) خودسازمان‌دهی - اکسیداسیون آندی - انباشت الکتروشیمیایی - سل ژل

(۴) تغییر شکل پلاستیک شدید - اکسیداسیون آندی - سل ژل - خودسازمان‌دهی

۲۸- در کدام روش مشخصه‌یابی، سطح نمونه باید هدایت الکتریکی داشته باشد؟

(۱) XRD (۲) XRF (۳) STM (۴) TEM

۲۹- در چند سیستم کلئیدی، پتانسیل زتا اندازه‌گیری شده است. کدام سیستم از همه پایدارتر است؟

(۱) +۵ میلی‌ولت (۲) -۵ میلی‌ولت

(۳) +۴۰ میلی‌ولت (۴) +۵ و -۵ میلی‌ولت

۳۰- رابطه جریان تونلی با فاصله، از چه تابعی تبعیت می‌کند؟

(۱) خطی (۲) نمایی (۳) توانی (۴) هارمونیک

۳۱- با افزایش سایز در نانوذرات Au و CdSe، خاصیت رنگی آنها، به ترتیب چه تغییری می‌کنند؟

(۱) Red Shift - Blue Shift (۲) Blue Shift - Red Shift

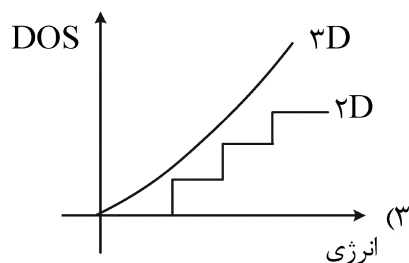
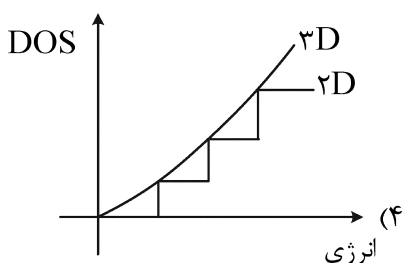
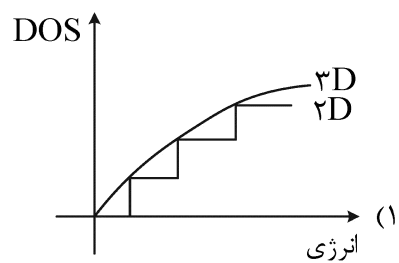
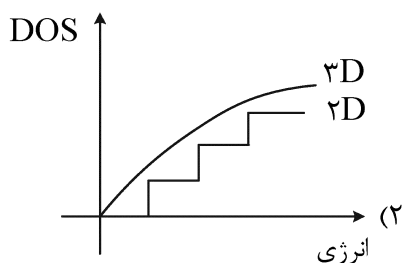
(۳) بدون تغییر - Blue Shift (۴) بدون تغییر - Red Shift

۳۲- کدام یک از رویکردهای زیر جزو روش‌های سنتز بالا به پایین نانو مواد طبقه‌بندی می‌شود؟

(۱) اسپاترینگ (۲) لیتوگرافی

(۳) رسوبدهی فیزیکی از فاز بخار (PVD) (۴) رسوبدهی شیمیایی از فاز بخار (CVD)

۳۳- کدام نمودار چگالی حالات انرژی را در ساختار توده (۳D) و چاه کوانتومی (۲D) درست نشان می‌دهد؟





۳۴- به استثنای کدام مورد همگی از کاربردهای نانوذرات مغناطیسی در پزشکی هستند؟

- (۱) بهبود کنتراست در سونوگرافی  
(۲) بهبود کنتراست در MRI  
(۳) رهایش هدفمند دارو  
(۴) گرما درمانی

۳۵- کدام عبارت در مورد رابطه بین ابعاد نانوذرات و دمای ذوب آنها درست است؟

- (۱) دمای ذوب با کاهش ابعاد کاهش می‌یابد.  
(۲) دمای ذوب با کاهش ابعاد و افزایش کشش سطحی، افزایش می‌یابد.  
(۳) دمای ذوب با کاهش ابعاد و افزایش انرژی یونیزاسیون، افزایش می‌یابد.  
(۴) دمای ذوب خاصیتی وابسته به جنس و مستقل از پارامترهای هندسی است.

۳۶- جهت محاسبه گاف انرژی یک نیمه‌هادی، مقدار مقاومت ویژه آن در دو دما اندازه‌گیری شده و نتایج آن به شرح زیر آمده است. اگر تغییرات موبیلیتی با دما قابل صرف نظر کردن باشد، مقدار گاف انرژی چند الکترون‌ولت است؟

T	$\rho$
۳۰۵ K	۱۰۰ $\Omega\text{cm}$
۳۳۵ K	۱۰ $\Omega\text{cm}$

$$\left( \ln(10) = 2.3, K_B = 1.38 \times 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \right)$$

(۱) ۰.۷۶

(۲) ۱/۱

(۳) ۱/۲

(۴) ۱/۳۴

۳۷- آشکارساز نوری آبخاری (Avalanche photodetector) در چه بایاسی کار می‌کند و تقویت جریان در آن با چه سازوکاری انجام می‌شود؟

- (۱) بایاس معکوس - الکترون و حفره پراثری منجر به یونیزاسیون اتم‌های شبکه می‌شوند.  
(۲) بایاس مستقیم - الکترون و حفره پراثری منجر به یونیزاسیون اتم‌های شبکه می‌شوند.  
(۳) بایاس معکوس - افزایش ولتاژ منجر به افزایش سد پتانسیل می‌شود.  
(۴) بایاس مستقیم - افزایش ولتاژ منجر به افزایش سد پتانسیل می‌شود.

۳۸- اگر چگالی الکترون‌ها در طول یک قطعه سیلیکون  $200 \mu\text{m}$  از  $4 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  به  $3.7 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  به صورت

خطی کاهش یابد، مقدار جریان نفوذ کدام است؟  $(D = 225 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}})$

(۱) ۵۴ mA

(۲)  $54 \frac{\text{mA}}{\text{cm}^2}$

(۳)  $540 \frac{\text{A}}{\text{cm}^2}$

(۴) ۵۴۰ A

۳۹- کدام یک از مواد زیر به‌عنوان آشکارساز نوری در منطقه مادون قرمز نزدیک (NIR) در طول موج ۸۰۰ نانومتر حساسیت دارند؟

- (۱) پروسکایت (گاف انرژی = ۱.۷ الکترون‌ولت)  
(۲) سیلیکون (گاف انرژی = ۱.۱ الکترون‌ولت)  
(۳) اکسید آهن (گاف انرژی = ۲.۱ الکترون‌ولت)  
(۴) اکسید تیتانیوم (گاف انرژی = ۳.۲ الکترون‌ولت)

۴۰- با کاهش ابعاد یک نقطه کوانتومی نیمه‌هادی، میزان پایداری اکسیتون چه تغییری خواهد کرد؟

(۱) بیشتر می‌شود.

(۲) کمتر می‌شود.

(۳) بدون تغییر باقی می‌ماند.

(۴) وابسته به جنس ذره همه موارد می‌تواند درست باشد.

۴۱- علت اصلی جریان الکتریکی نفوذی (Diffusion) در جامدات کدام است؟

(۱) حضور میدان الکتریکی

(۲) تغییرات در خطوط پتانسیل داخلی

(۳) حرکت کاتوره‌های حامل‌های بار

(۴) همه موارد

۴۲- هدایت الکتریکی یک نیمه‌هادی در دمای صفر مطلق چگونه است؟

(۱) ناچیز

(۲) صفر

(۳) مقداری مثبت

(۴) مقداری منفی

۴۳- برای ساختن یک ترانزیستور PNP از سیلیکون خالص، چه موادی برای دوپینگ مورد نیاز است؟

(۱) P و B

(۲) P و As

(۳) B و Al

(۴) Ga و Al

۴۴- دلیل ایجاد ناحیه تخلیه در یک پیوند p-n کدام است؟

(۱) Ions

(۲) Doping

(۳) Barrier Potential

(۴) Recombination

۴۵- تغییرات جریان الکتریکی بر حسب ولتاژ اعمالی در یک دیود تونل به کدام صورت است؟

