

کد کنترل

339

F

339F

آزمون (نیمه‌تم مرکز) 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 نانوتکنولوژی – ادوات نیمه‌هادی پیشرفته

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

این آزمون نمره منفی دارد.

* 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، یکسان‌بودن 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 $\lim_{x \rightarrow +\infty} x^{\frac{1}{x}} \left(e^x - e^{\frac{1}{x+1}} \right)$ کدام است؟

(۱) صفر

(۲) ۲

(۳) ۱

(۴) $\frac{1}{2}$

۳- ضریب x^5 در سری مک‌لورن 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 رویه‌های $z = 1 - \sqrt{2}x^2 + y^2 = 3$ و $z = 1$ چند برابر عدد π 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؟

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

$$4\pi \quad (2)$$

$$5\pi \quad (3)$$

$$2\pi \quad (4)$$

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

$$\frac{\pi \ln \frac{15}{4}}{8 \ln 3} \quad (1)$$

$$\frac{\pi}{8 \ln 3} \quad (2)$$

$$\frac{1}{8 \ln 3} \quad (3)$$

$$\frac{1}{\ln \frac{15}{4}} \quad (4)$$

-۷ فرض کنیم $z = z(x, y)$ به صورت ضممنی توسط معادله $f\left(\frac{x}{z}, \frac{y}{z}\right) = 0$ بیان شود که f تابعی مشتق‌پذیر است. اگر به ازای نقطه (A) در معادله تابع صدق می‌کند $3 = \frac{\partial z}{\partial x}(A) = \frac{\partial z}{\partial y}(A)$ ، آنگاه $A(x_0 = 1, y_0 = 1, z_0 = 2)$ کدام است؟

$$-2 \quad (1)$$

$$-1 \quad (2)$$

$$\text{صفر} \quad (3)$$

$$2 \quad (4)$$

-۸ اگر θ زاویه بین خطوط عمود بر دو روبه $(1, 1, 1)$ باشد، آنگاه $\cos \theta$ کدام است؟

$$\frac{\sqrt{11}}{11} \quad (1)$$

$$\frac{1}{9} \quad (2)$$

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

$$\frac{2}{9} \quad (4)$$

-۹ حجم ناحیه محدوده به رویه $x^2 + y^2 + z^2 = \sqrt[3]{xyz}$ در یک هشتمن اول فضای کدام است؟

$$\frac{1}{24} \quad (1)$$

$$\frac{1}{12} \quad (2)$$

$$\frac{1}{8} \quad (3)$$

$$\frac{1}{6} \quad (4)$$

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

$$\text{tr } A = \pm \text{tr } B \quad (1)$$

$$\det(AB) = \pm 1 \quad (2)$$

$$\det A = \pm \det B \quad (3)$$

$$\text{tr}(AB) = \text{tr}(BA) \quad (4)$$

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

$$\vec{\nabla} \times (f \vec{A}) = (\vec{\nabla} f) \times \vec{A} + f \vec{\nabla} \times \vec{A} \quad (1)$$

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

$$\vec{\nabla} \cdot (\vec{g} \vec{\nabla} f - f \vec{\nabla} g) = g \vec{\nabla}^2 f - f \vec{\nabla}^2 g \quad (3)$$

$$\vec{\nabla} \cdot (\vec{A} \times \vec{B}) = \vec{A} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{B}) - \vec{B} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{A}) \quad (4)$$

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

این دو عملگر کدام است؟

$$A \quad (1)$$

$$C \quad (2)$$

$$B - C \quad (3)$$

$$A - C \quad (4)$$

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

$$-\frac{1}{12} \quad (1)$$

$$-\frac{1}{6} \quad (2)$$

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

$$(4) \text{ صفر}$$

- 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 مشتق‌پذیرند).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- 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؟

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

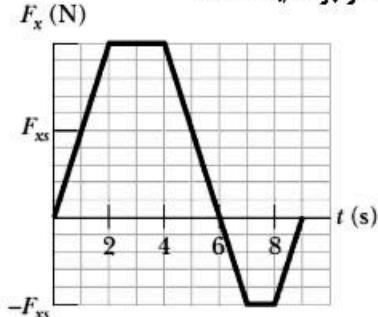
$$\frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial t} = \frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial k} \quad (2)$$

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

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

$$\frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial t} = -k^\gamma \tilde{u}(k,t) \quad (5)$$

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



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

- ۱۹ یک هواپیما به جرم 800 kg در فضا در امتداد مثبت محور X با تندی 400 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 kg در امتداد مثبت محور y با تندی 300 m/s و قطعه دوم به جرم 200 kg در امتداد منفی محور x با تندی 900 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 ژیروسکوپ معین از یک قرص یکنواخت با شعاع 50 cm که روی یک میله سبک به طول 20 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 rad/s باشد، آهنگ حرکت تقدیمی ژیروسکوپ چند rad/s است؟ ($g = 9,8\text{ m/s}^2$)

- (۱) ${}^{\circ}/{}^{\circ} 16$
 (۲) ${}^{\circ}/{}^{\circ} 32$
 (۳) ${}^{\circ}/{}^{\circ} 64$
 (۴) ${}^{\circ}/{}^{\circ} 128$

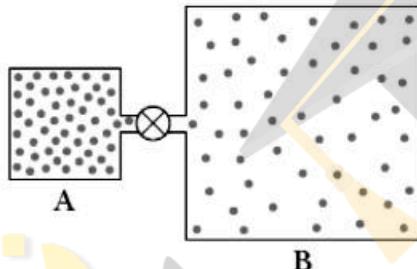
- ۲۱ آب طبقه زیرزمین یک ساختمان را فرا گرفته است. این آب توسط شیلنگی به شعاع 2 cm به آرامی و یکنواخت و با تندی 6 m/s از طریق پنجره‌ای که 4 m از سطح آب بالاتر است به بیرون پمپاژ می‌شود. توان پمپ چند وات است؟ ($\rho_w = 1000\text{ kg/m}^3$ و $g = 9,8\text{ m/s}^2$)

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

-۲۲- یک جرقه الکتریکی در امتداد یک خط مستقیم به طول 5 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 چشمۀ خطی صوت است) توان صوتی گسیل یافته از جرقه $W = 28 \times 10^5$ است. شدت صوت هنگامی که به فاصله 20 m از جرقه می‌رسد، چند W/m^2 است؟

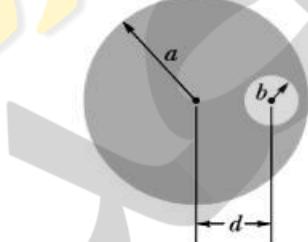
- (۱) 2500
- (۲) 2000
- (۳) 1000
- (۴) 500

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



- (۱) 3.6×10^5
- (۲) 3.8×10^5
- (۳) 3.3×10^5
- (۴) 3.0×10^5

-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 $A = 80$ با توزیع یکنواخت در سیم جریان دارد. اندازه میدان مغناطیسی در مرکز حفره چند گاوس است؟



- (۱) 4.1×10^{-2}
- (۲) 4.1×10^{-3}
- (۳) $1/6$
- (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) 0.6
- (۲) 6
- (۳) 60
- (۴) 600

-۲۶- در میکروسکوپ الکترونی عبوری TEM، عامل کنترل کننده 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) ۰/۵
- (۲) ۱۰
- (۳) ۱۰۰
- (۴) ۵۰۰

-۳۰ در یک نقطه کوانتمی انتظار دارید با کاهش ابعاد ذره و افزایش دمای محیط، تجزیه اکسیتیون 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 کنترast 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)

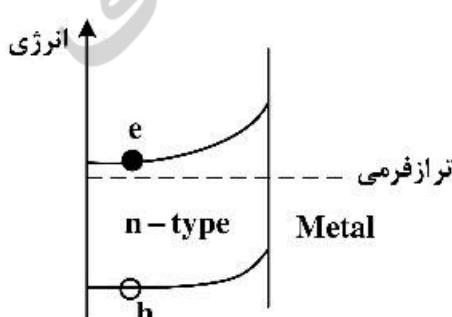
-۳۴ در یک نقطه کوانتمی مکعبی با ابعاد a ، تغییرات گاف انرژی با کاهش سایز چگونه است و چه وابستگی به اندازه دارد؟

- (۱) افزایش - $\frac{1}{a}$
- (۲) افزایش - $a^{\frac{1}{2}}$
- (۳) کاهش - $a^{\frac{1}{2}}$
- (۴) کاهش - a

-۳۵ در اتصال بین یک نانوذره نیمه‌هادی نوع n و یک فلز خمس 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) e و h به فلز منتقل شوند.



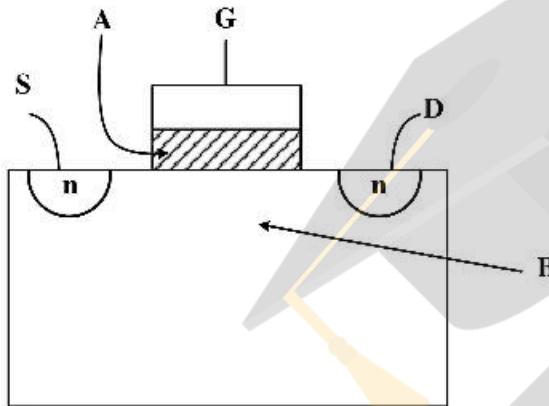
- ۳۶- اگر قطعه‌ای از سیلیسیوم ذاتی با گاف انرژی $1,1\text{ eV}$ و چگالی الکترونی $1,5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ را با آرسنیک با غلظت 10^{17} cm^{-3} آلاش دهیم، سطح انرژی فرمی چقدر جایه‌جا خواهد شد؟

- (۱) $0,8\text{ eV}$ (۲) $0,4\text{ eV}$ (۳) 100 meV (۴) 25 meV

- ۳۷- مقدار **(APF) Atomic Packing Factor** در ساختار کریستال BCC چه مقدار است؟

- (۱) 75.2% (۲) 77.4% (۳) 78.2% (۴) 78.8%

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

- ۳۹- برای ساخت یک اتصال n-p، اگر چگالی حامل‌ها در ناحیه 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 نورتاب (LED) بر پایه سیم‌های کوانتمویی انتظار دارید با افزایش طول و قطر سیم کوانتمویی 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 باشد، نسبت تعداد حامل‌های ذاتی این دو ماده چه مقدار است؟

$$E_{g_B} = 1,104 \text{ eV}, E_{g_A} = 1 \text{ eV}$$

- (۱) $54,59$ (۲) $27,29$ (۳) $7,38$ (۴) 1

- ۴۳- بهمنظور به دست آوردن موبیلیتی الکترون‌ها در یک قطعه نیمه‌هادی به طول 5mm ، ولتاژی برابر 2.5V ولت به دو

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

(۱) 2000 (۲) 1200

(۳) 20 (۴) 12

- 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 انتزاع کارهای فلز و نیمه‌هادی (۴) اختلاف تابع کارهای فلز و نیمه‌هادی

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

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

(۱) 7.8×10^{18} (۲) 7.8×10^{17}

(۳) 3.9×10^{18} (۴) 3.9×10^{17}



