

نام :  
نام خانوادگی :  
محل امضاء :



اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می شود.  
امام خمینی (ره)

صبح جمعه  
۹۲/۱۲/۱۶  
دفترچه شماره (۱)

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

**آزمون ورودی  
دوره های دکتری (نیمه متمرکز) داخل  
سال ۱۳۹۳**

**علوم و فناوری نانو (۲)  
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 ۱ و ۲ - ریاضی فیزیک ۱ و ۲ - فیزیک پایه ۱ و ۲) - مبانی نانوتکنولوژی، ادوات نیمه هادی پیشرفته)	۴۵	۱	۴۵

اسفندماه سال ۱۳۹۲

این آزمون نمره منفی دارد.

استفاده از ماشین حساب مجاز نمی باشد.

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 می باشد و با متغییرن برابر مقررات رفتار می شود.

۱- سریهای  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^n}{n!}$ ,  $\sum_{n=1}^{\infty} (\sqrt[n]{n}-1)^n$  به ترتیب ..... و ..... می‌باشند.

(۱) همگرا- همگرا

(۲) همگرا- واگرا

(۳) واگرا- همگرا

(۴) واگرا- واگرا

۲- مقدار  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\int_x^{5x} (1+\frac{1}{t})^t dt}{x}$  برابر است با:

(۱) ۰

(۲) e

(۳) ۴e

(۴) ۵e

۳- فرض کنید C منحنی  $x^4 + y^4 = 1$  و  $y \geq 0$  باشد که در جهت مثلثاتی در نظر

گرفته شده است. مقدار  $\int_C (e^x \cos y) dx - (e^x \sin y) dy$  کدام است؟

(۱) ۰

(۲)  $\frac{1}{e} - e$

(۳)  $2\pi$

(۴)  $e + \frac{1}{e}$

۴- مقدار حد زیر کدام است؟

$$\lim_{x \rightarrow e} (\ln x)^{\frac{1}{1-\ln x}}$$

(۱) -۱

(۲)  $\frac{1}{e}$

(۳) ۱

(۴) e

۵- مقدار سری  $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(n+3)}{2^n}$  چقدر است؟

(۱) ۶

(۲) ۷

(۳) ۸

(۴) ۹

۶- کدام یک از گزینه‌های زیر معادله صفحه مماسی بر رویه  $z = xy$  است که بر خط

$$\frac{x+2}{2} = \frac{y+2}{2} = \frac{z-1}{-1}$$
 عمود می‌باشد؟

(۱)  $-2x - 2y - z = 4$

(۲)  $-2x + 2y + z = 4$

(۳)  $2x - 2y + z = 4$

(۴)  $2x + 2y - z = 4$

۷- حجم ناحیه محصور به منحنی  $z = 2 - x^2 - y^2$  و  $z = 0$  و  $x = y^2$ ,  $y = x^2$  برابر است با:

(۱)  $\frac{49}{105}$

(۲)  $\frac{51}{105}$

(۳)  $\frac{52}{105}$

(۴)  $\frac{53}{105}$

۸- شار میدان برداری  $\vec{F} = z\hat{i} + x\hat{j} - 3y^2\hat{k}$  از سطح بسته یک استوانه به شعاع ۲ و ارتفاع ۲ کدام است؟ مبدا مختصات بر مرکز قاعده پایینی استوانه و محور Z ها بر محور استوانه منطبق است.

$$(۱) -24\pi \quad (۲) -12\pi$$

$$(۳) 16 - 24\pi \quad (۴) 8 - 12\pi$$

۹- اگر  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  بردارهای ثابتی باشند کدام رابطه نادرست است؟

$$(۱) \vec{\nabla} \times (\vec{a} \times \vec{r}) = 2\vec{a} \quad (۲) \vec{\nabla} \cdot ((\vec{a} \cdot \vec{r})\vec{b}) = \vec{a} \cdot \vec{b}$$

$$(۳) \vec{\nabla} \times ((\vec{a} \cdot \vec{r})\vec{b}) = \vec{b} \times \vec{a} \quad (۴) \vec{\nabla} \cdot ((\vec{a} \cdot \vec{r})\vec{r}) = 2\vec{a} \cdot \vec{r}$$

۱۰-  $\mathbf{A}$  و  $\mathbf{B}$  دو ماتریس دلخواه  $n \times n$  هستند. کدام رابطه نادرست است؟

$$(۱) \text{tr}(\mathbf{A}\mathbf{B}\mathbf{A}^{-1}) = \text{tr} \mathbf{B}$$

$$(۲) \text{tr}(\mathbf{A} + \mathbf{B}) = \text{tr} \mathbf{A} + \text{tr} \mathbf{B}$$

$$(۳) \det(\mathbf{A} + \mathbf{B}) = \det \mathbf{A} + \det \mathbf{B}$$

$$(۴) \det(\mathbf{A}\mathbf{B})^{\dagger} = (\det \mathbf{A})^* (\det \mathbf{B})^*$$

۱۱- اگر ماتریس  $\mathbf{A}$  در رابطه  $\mathbf{A}^{\dagger} = \mathbf{A}$  صدق می کند. ویژه مقادیرهای  $\mathbf{A}$  ...

(۱) فقط صفر و یک هستند.

(۲) فقط صفر، یک و منهای یک هستند.

(۳) اعداد مختلطی با قدر مطلق یک هستند.

(۴) هر عدد مثبت میان صفر تا یک می توانند باشند.

۱۲- کدام یک از بسط سری توانی تابع های داده شده نادرست است؟

$$(۱) \frac{x}{x-1} = \sum_{n=0}^{\infty} x^{-n} \quad (۲) \ln(1+x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n}$$

$$(۳) \sin x = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{x^{2n+1}}{(2n+1)!} \quad (۴) (1+x)^m = \sum_{n=0}^{\infty} \binom{m}{n} x^n$$

۱۳- اگر  $u(x, y)$  و  $v(x, y)$  به ترتیب قسمت های حقیقی و موهومی یک تابع

تحلیلی  $w(z)$  کدام رابطه ها درست است؟  $z = x + iy$

$$(۱) \vec{\nabla} u(x, y) = -\vec{\nabla} v(x, y) \quad (۲) \vec{\nabla}^2 u(x, y) = \vec{\nabla}^2 v(x, y) \neq 0$$

$$(۳) \vec{\nabla} u(x, y) = \vec{\nabla} v(x, y) \quad (۴) \vec{\nabla}^2 u(x, y) = \vec{\nabla}^2 v(x, y) = 0$$

۱۴- حاصل انتگرال  $\int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{a + b \cos \theta}$  برای  $a > |b|$  کدام است؟

$$(۱) -2\pi \sqrt{a^2 - b^2} \quad (۲) \frac{-2\pi}{\sqrt{a^2 - b^2}}$$

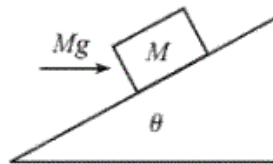
$$(۳) \frac{\pi}{a^2 - b^2} \quad (۴) \frac{2\pi}{\sqrt{a^2 - b^2}}$$

۱۵- تابع  $N(t)$  در معادله دیفرانسیل  $\frac{dN}{dt} = -kN^2$  صدق می‌کند که در آن  $k$  یک ضریب ثابت است، تابع  $N(t)$  کدام است؟  $\tau_0 = 1/kN_0$

$$N_0 \left(1 + \frac{t}{\tau_0}\right)^{-1} \quad (۲) \qquad N_0 \left(1 - \frac{t}{\tau_0}\right)^{-1} \quad (۱)$$

$$N_0 \left(1 + \frac{t^2}{2\tau_0}\right) \quad (۴) \qquad N_0 \left(1 + \frac{t}{\tau_0}\right) \quad (۳)$$

۱۶- قطعه‌ای به جرم  $M$  مطابق شکل زیر روی یک سطح شیبدار ثابت با زاویه شیب  $\theta$  در حال سکون قرار دارد. نیروی افقی به اندازه  $Mg$  به قطعه وارد می‌شود.  $\mu_s$  ضریب اصطکاک ایستایی میان قطعه و سطح شیبدار چقدر باشد تا قطعه همچنان روی سطح شیبدار ساکن بماند؟



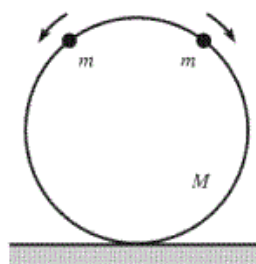
$$\mu_s \geq \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta + \cos \theta} \quad \text{اگر } 0 < \theta < \frac{\pi}{4} \quad \text{باشد} \quad (۱)$$

$$\mu_s \geq \frac{\sin \theta + \cos \theta}{\cos \theta - \sin \theta} \quad \text{اگر } 0 < \theta < \frac{\pi}{4} \quad \text{باشد} \quad (۲)$$

$$\mu_s \geq \frac{\sin \theta - \cos \theta}{\sin \theta + \cos \theta} \quad \text{اگر } \frac{\pi}{4} < \theta < \frac{\pi}{2} \quad \text{باشد} \quad (۳)$$

$$\mu_s \geq \frac{\sin \theta + \cos \theta}{1 - \cos \theta} \quad \text{اگر } \frac{\pi}{4} < \theta < \frac{\pi}{2} \quad \text{باشد} \quad (۴)$$

۱۷- مطابق شکل زیر یک حلقه بدون اصطکاک به شعاع  $R$  در صفحه قائمی ثابتی در حال سکون قرار دارد. دو مهره هر یک به جرم  $m$  ابتدا در بالاترین نقطه حلقه در حال سکون هستند. با یک ضربه ناچیز یکی از مهره‌ها به سمت راست و دیگری به سمت چپ روی حلقه شروع به لغزش می‌کنند. بزرگترین مقدار  $m/M$  که حلقه از زمین به سمت بالا جدا نمی‌شود چیست؟



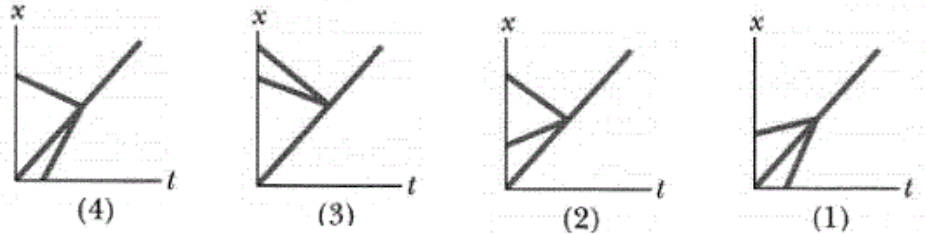
$$\frac{1}{16} \quad (۱)$$

$$\frac{1}{8} \quad (۲)$$

$$\frac{1}{4} \quad (۳)$$

$$\frac{1}{2} \quad (۴)$$

۱۸- در شکل‌های زیر چهار نمودار مکان بر حسب زمان برای دو ذره و مرکز جرم آنها نشان داده شده است. این دو ذره یک سیستم بسته و ایزوله تشکیل می‌دهند و یک برخورد ناکشسان کامل یک بعدی میان آن دو رخ می‌دهد. کدام یک از این نمودارها مربوط به یک حالت غیرممکن فیزیکی است؟



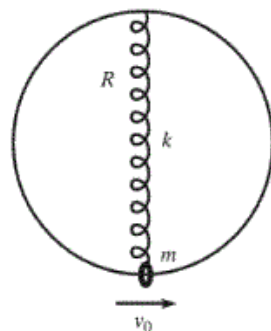
- (۱) نمودار (۱)  
 (۲) نمودار (۲)  
 (۳) نمودار (۳)  
 (۴) نمودار (۴)

۱۹- در شکل زیر قطعه ۱ به جرم  $2\text{ kg}$  با تندی  $10\text{ m/s}$  به سمت راست و قطعه ۲ به جرم  $5\text{ kg}$  با تندی  $3\text{ m/s}$  به سمت راست روی سطح افقی بدون اصطکاکی در حرکتند. فنری با ثابت فنر  $1120\text{ N/m}$  به قطعه ۲ متصل است. وقتی که دو قطعه با هم برخورد می‌کنند بیشترین فشردگی فنر در حالتی است که تندی دو قطعه با هم یکسان شود. حداکثر فشردگی فنر چند سانتیمتر است؟



- (۱)  $6,25$   
 (۲)  $15,6$   
 (۳)  $17,68$   
 (۴)  $25$

۲۰- مطابق شکل زیر یک حلقه به شعاع  $R$  در صفحه قائمی ثابتی در حال سکون قرار دارد. فنر بدون جرمی با ثابت فنر  $k$  و طول آزاد صفر به نقطه بالای حلقه بسته شده است. مهره کوچکی به جرم  $m$  در پایین حلقه به سر دیگر فنر بسته شده و مقید است که در امتداد حلقه حرکت کند. به مهره یک سرعت اولیه افقی  $v_0$  داده می‌شود. اگر اصطکاک میان مهره و حلقه قابل چشم‌پوشی باشد رابطه سرعت و مکان مهره بر روی حلقه کدام است؟  $\theta$  زاویه امتداد فنر با امتداد قائم در هر لحظه است.



- (۱)  $\left( v_0^2 - 4 \sin^2 \theta k R^2 / m \right)^{1/2}$   
 (۲)  $\left( v_0^2 - 4 \sin^2 \theta (g R + k R^2 / m) \right)^{1/2}$   
 (۳)  $\left( v_0^2 + 2 \sin^2 \theta (g R - k R^2 / m) \right)^{1/2}$   
 (۴)  $\left( v_0^2 + 4 \sin^2 \theta (g R - k R^2 / m) \right)^{1/2}$

۲۱- در استوانه‌ای به ارتفاع  $50\text{ cm}$  و شعاع  $25\text{ cm}$  بار الکتریکی با چگالی

$$\rho(x, y, z) = 100 e^{-z} (x^2 + y^2)^{-1/4} \mu\text{C/m}^3$$

توزیع شده است. بار کل داخل استوانه تقریباً چند میکروکولن است؟ مبدا مختصات بر مرکز قاعده پایینی استوانه و محور  $Z$  بر محور استوانه منطبق است.

$$(e^{-1/2} = 0.707)$$

۲۱ (۲)

۳/۳ (۱)

۲۵۰ (۴)

۶۳ (۳)

۲۲- در شکل زیر شعاع‌های چهار کره رسانا یکسان و فاصله آن‌ها از هم زیاد است. بار اولیه کره‌های  $B$  و  $C$  به ترتیب برابر  $-32e$  و  $+48e$  و کره  $W$  در ابتدا بدون بار است. در مرحله اول کره  $W$  به کره  $A$  تماس داده شده و سپس از هم جدا می‌گردند. در ادامه در مرحله دوم کره  $W$  به کره  $B$  تماس داده شده و سپس از هم جدا می‌گردند. در نهایت کره  $W$  به کره  $C$  تماس داده شده و سپس از هم جدا می‌گردند. اگر بار نهایی کره  $W$  برابر  $+18e$  باشد، بار اولیه کره  $A$  کدام است؟  $e$  قدر مطلق بار الکترون است.

+۴e (۱)



+۸e (۲)

+۱۰e (۳)



+۱۶e (۴)

۲۳- یک دو قطبی الکتریکی با گشتاور دو قطبی  $\vec{p} = (3\hat{i} + 4\hat{j})(1 \times 10^{-30} \text{ C}\cdot\text{m})$

در یک میدان الکتریکی یکنواخت  $\vec{E} = (4000 \text{ N/C})\hat{i}$  قرار دارد. یک عامل خارجی چه کاری بر حسب ژول باید انجام دهد تا دو قطبی را آن چنان بچرخاند

که بردار گشتاور دو قطبی آن به شکل  $\vec{p} = (-4\hat{i} + 3\hat{j})(1 \times 10^{-30} \text{ C}\cdot\text{m})$  درآید؟

+۲,۸ × ۱۰<sup>-۲۶</sup> (۲)+۴ × ۱۰<sup>-۲۶</sup> (۱)-۴ × ۱۰<sup>-۲۶</sup> (۴)-۲,۸ × ۱۰<sup>-۲۶</sup> (۳)

۲۴- یک میله پلاستیکی به شکل یک دایره به شعاع  $R = 8\text{ cm}$  در آمده است. روی

یک چهارم محیط این دایره بار الکتریکی  $Q_1 = +4\text{ pC}$  به طور یکنواخت

توزیع شده و روی بقیه محیط این دایره بار  $Q_2 = -5Q_1$  به طور یکنواخت

توزیع شده است. اگر پتانسیل الکتریکی در بی‌نهایت صفر باشد پتانسیل

الکتریکی در نقطه  $P$  واقع بر روی محور تقارن دایره و به فاصله  $D = 6\text{ cm}$  از

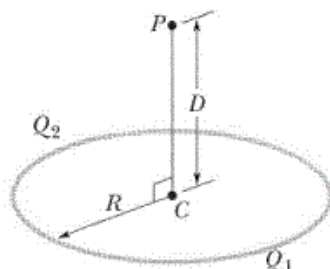
مرکز دایره چند ولت است؟

-۱/۴۴ (۱)

-۱/۸ (۲)

-۹/۰۵ (۳)

-۱۱/۳۱ (۴)



۲۵- یک سیم پیچ بسیار طویل دارای قطری به اندازه  $12\text{ cm}$  است. ابتدا جریان  $i$  از سیم پیچ عبور می‌کند و میدان مغناطیسی یکنواختی به اندازه  $30\text{ mT}$  در داخل آن ایجاد می‌شود. با کاهش جریان  $i$  میدان مغناطیسی با آهنگ  $8\text{ mT/s}$  کاهش می‌یابد. اندازه میدان الکتریکی القایی در نقطه‌ای به فاصله  $10\text{ cm}$  از محور استوانه چند  $\mu\text{V/m}$  است؟

(۱) ۱۴۴

(۲) ۴۰۰

(۴) ۸۰۰

(۳) ۵۷۶

۲۶- کدام خاصیت فیزیکی در مورد نانولوله‌های کربنی نادرست است؟

- (۱) نانولوله‌های با ساختار صندلی دسته دار خاصیت فلزی دارند.
  - (۲) وجود نقص در نانولوله‌ها موجب جایگزیده شدن الکترون‌ها می‌شود.
  - (۳) در دماهای پایین اثر مقاومت مغناطیسی منفی از خود نشان می‌دهند.
  - (۴) در نانولوله‌های کایرال نیم‌رسانا با افزایش قطر لوله اندازه گاف کاهش می‌یابد.
- ۲۷- در روش تولید نانولوله‌های کربنی با استفاده از قوس الکتریکی، اتم‌های کربن از الکتروود ..... جدا می‌شوند و روی الکتروود ..... نانولوله تشکیل می‌دهند. برای تولید نانولوله‌های ..... باید کمی ..... در ناحیه مرکزی الکتروود ..... به کار می‌رود.

(۱) منفی، مثبت، تک دیواره، کاتالیست غیرفلزی، مثبت

(۲) مثبت، منفی، تک دیواره، کاتالیست فلزی، مثبت

(۳) مثبت، منفی، چند دیواره، کاتالیست فلزی، منفی

(۴) مثبت، منفی، چند دیواره، کاتالیست غیرفلزی، منفی

۲۸- برای نانو ذرات نسبت به ماده حجیم گرمای ویژه در دماهای بالا ..... است و در دماهای نزدیک صفر کلوبین سهم الکترون‌ها در گرمای ویژه ..... می‌یابد.

(۱) بیشتر، کاهش

(۲) بیشتر، افزایش

(۳) کمتر، کاهش

(۴) کمتر، افزایش

۲۹- کدام عبارت در مورد خوشه‌های فلزی نادرست است؟

(۱) تجربه نشان می‌دهد با کاهش اندازه خوشه فلزی انرژی بستگی (binding) کاهش می‌یابد.

(۲) تجربه نشان می‌دهد که وقتی اندازه خوشه از حدود یک نانومتر کوچکتر می‌شود یک گاف انرژی ایجاد می‌شود.

(۳) نقطه ذوب خوشه‌های فلزی کوچک (متشکل از چند ده اتم) می‌تواند بسیار بزرگتر از نقطه ذوب ماده حجیم باشد.

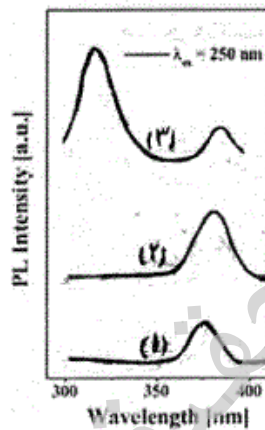
(۴) خوشه‌های فلزی متشکل از تعداد فرد اتم دارای انرژی یونیزاسیون کمتری نسبت به خوشه‌های با تعداد زوج اتم هستند.

- ۳۰- کدام عبارت در مورد میکروسکوپ روبشی (SEM) نادرست است؟  
 (۱) علاوه بر توپوگرافی ساده سطح می توان ترکیب شیمیایی سطح را به صورت محلی تحلیل کرد.  
 (۲) روبش معمولاً به وسیله دو پیچه مغناطیسی انجام می شود که عمود بر یکدیگر بین دو عدسی مغناطیسی قرار می گیرند.  
 (۳) دستگاه (SEM) متعارف در شرایط خلا زیاد (در حدود  $10^{-5}$  Pa) و دستگاه پیشرفته تر در شرایط خلا فوق زیاد کار می کند.  
 (۴) کارکرد این دستگاه بر اساس روبش یک باریکه الکترونی با انرژی در حدود ۲ تا ۱۰ کیلو الکترون ولت روی سطح مورد نظر کانونی و آشکار سازی همزمان فوتون های گسیل شده از سطح قرار دارد.
- ۳۱- در روش پراش الکترون پر انرژی در بازتاب (RHEED) باریکه الکترونی حدود ..... با زاویه ..... بر سطح هدف فرود می آید. این روش نسبت به زمختی سطح در مقیاس اتمی ..... از روش پراش الکترون کم انرژی (LEED) که در آن معمولاً باریکه الکترونی با زاویه ..... بر سطح هدف فرود می آید، است.  
 (۱) چند ده الکترون ولت، تقریباً عمودی، بسیار حساس تر، خراشی بسیار کوچک  
 (۲) چند ده الکترون ولت، خراشی بسیار کوچک، بسیار حساس تر، تقریباً عمودی  
 (۳) چند صد الکترون ولت، تقریباً عمودی، حساسیت بسیار کمتری، خراشی بسیار کوچک  
 (۴) چند صد الکترون ولت، خراشی بسیار کوچک، حساسیت بسیار کمتری، تقریباً عمودی
- ۳۲- طیف تشدید مغناطیسی هسته (NMR) مربوط به اتم  $^{13}\text{C}$  برای مولکول فولرین  $\text{C}_{60}$  ..... دارد زیرا در این فولرین ..... و برای فولرین  $\text{C}_{70}$  ..... دارد زیرا در این فولرین .....  
 (۱) ۲ قله تیز، همه اتم های کربن آن هم ارزند، ۳ قله تیز، ۲ نوع اتم غیر هم ارز وجود دارد.  
 (۲) ۲ قله تیز، ۲ نوع اتم غیر هم ارز وجود دارد، فقط یک قله تیز، همه اتم های کربن آن هم ارزند.  
 (۳) فقط یک قله تیز، همه اتم های کربن آن هم ارزند، ۵ قله تیز، ۵ نوع اتم غیر هم ارز وجود دارد.  
 (۴) فقط یک قله تیز، همه اتم های کربن آن هم ارزند، ۲ قله تیز، ۲ نوع اتم غیر هم ارز وجود دارد.
- ۳۳- کدام عبارت در مورد آنالیز: XPS (X-ray photoelectron Spectroscopy) نادرست است؟  
 (۱) در این روش تمامی عناصر با  $Z \geq 3$  را می توان آشکار سازی کرد.  
 (۲) محفظه این دستگاه در شرایط خلا حدود  $10^{-3}$  torr کار می کند.  
 (۳) در این روش نسبت اتم ها در ترکیب (فرمول empirical) تعیین می شود.  
 (۴) با این روش ترکیب عنصری یک سطح تا عمق حدود ده نانومتر به دست می آید.



۳۴- کدام عبارت در مورد ابزار و ماشین‌های مکانیکی در مقیاس نانو نادرست است؟  
 (۱) در روش لیتوگرافی نانوچاپ (nanoimprint) برای ایجاد نانو ساختارها نیازی به استفاده از باریکه تابشی برای تولید الگوها نیست.  
 (۲) با این روش می‌توان طرح‌هایی با قدرت تفکیک ۱۰ نانومتر را با هزینه کم و سرعت بالا تولید کرد.  
 (۳) در نانوموتورها نیروهای الکترواستاتیکی کوچک و نیروهای الکترومغناطیسی بسیار بزرگند.

۳۵- نانوموتورها در سامانه‌های زیستی مانند موتورهای تازک‌دار باکتری‌ها وجود دارند. در شکل زیر طیف گسیلی از نانو ذرات GaN در سه اندازه مختلف این نانو ذرات داده شده است. با توجه به نمودارهای داده شده قطر ذرات در نمودارهای اول، دوم و سوم به ترتیب از راست به چپ کدام مقادیر می‌تواند باشد؟



- (۱) یک میکرون، ۱۲ نانومتر، ۴ نانومتر  
 (۲) ۴ نانومتر، یک میکرون، ۱۲ نانومتر  
 (۳) ۴ نانومتر، ۱۲ نانومتر، یک میکرون  
 (۴) ۱۲ نانومتر، ۴ نانومتر، یک میکرون

۳۶- پس از افزوده شدن یک اتم ناخالصی که یک الکترون اضافی به نوار رسانش سیلیسیم می‌دهد ( $\mu_n = 0.13 \text{ m}^2 / \text{Vs}$ )، رسانش سیلیسیم آلاینده  $1/0.82 \Omega \text{ m}^{-1}$  اندازه‌گیری می‌شود. نسبت آلاینش (نسبت تعداد اتم‌های ناخالصی به تعداد اتم‌های سیلیسیم) تقریباً چقدر است؟ چگالی سیلیسیم  $2420 \text{ kg} / \text{m}^3$  آن  $28 \text{ g} / \text{mol}$  است.

- (۱)  $10^{-3}$   
 (۲)  $10^{-5}$   
 (۳)  $10^{-6}$   
 (۴)  $10^{-9}$

۳۷- جریانی به شدت  $8 \times 10^{-11} \text{ A}$  از میان یک اتصال p-n سلیکونی در دمای  $27^\circ \text{C}$  عبور می‌کند. شدت جریان گذرنده از این اتصال در بایاس مستقیم  $0.69 \text{ V}$  تقریباً چند آمپر است؟  $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} / \text{K}$  و  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

- (۱)  $3.04 \times 10^{-3}$   
 (۲)  $1.52 \times 10^{-2}$   
 (۳)  $15/2$   
 (۴)  $30/4$

۳۸- رابطه پاشندگی برای الکترون‌ها در یک نیم‌رسانای دو بعدی به شکل  $E(k) = \sqrt{U^2 + \hbar^2 v_F^2 k^2} - U$  است که در آن  $U$  و  $v_F$  به ترتیب انرژی و سرعت مشخصه سیستم هستند. جرم موثر الکترون‌ها بر حسب  $E$  و پارامترهای مشخصه سیستم کدام است؟

$$(1) \frac{(E+U)^2}{(v_F U)^2} \quad (2) \frac{2(E+U)^2}{v_F^2 (E^2 + U^2)}$$

$$(3) \frac{(E+U)^2}{2v_F^2 (E^2 + UE + U^2)}$$

۳۹- مقاومت دیفرانسیلی منفی در نیم‌رساناهای چندلایه‌ای (heterostructure) در شرایطی رخ می‌دهد که لایه‌ها به طور متناوب یکی از نوع نیم‌رسانای با ..... و دیگری از نوع نیم‌رسانای با ..... تشکیل شده باشد و یک میدان الکتریکی ..... سطح مرزی دو لایه مجاور اعمال شود.

۴۰- در یک اتصال  $p-n$  در شرایط غیرتعادلی در ناحیه نهی (depletion) اندازه میدان الکتریکی و بار فضایی ..... و اندازه گرادیان چگالی حامل ها ..... و در ناحیه پخش (diffusion) اندازه میدان الکتریکی و بار فضایی ..... و اندازه گرادیان چگالی حامل ها ..... است.

۴۱- برای اندازه گیری دما در محدوده  $1\text{ K}$  تا  $100\text{ K}$  کدام ترمیستور غالباً استفاده می‌شود؟

۴۲- روند غالب برای گسیل نور در دیود LED ..... برای لیزر ..... و برای آشکارساز نوری ..... است.

(۱) گسیل القایی، گسیل القایی، جذب  
 (۲) جذب، گسیل خود به خودی، گسیل القایی  
 (۳) گسیل خود به خودی، گسیل القایی، جذب  
 (۴) گسیل خود به خودی، گسیل القایی، گسیل القایی

۴۳- در LED های ساخته شده از آلیاژ سه تایی  $\text{GaAs}_{1-y}\text{Py}$  گاف نواری در محدوده  $0 < y < 0.45$  و در محدوده  $y > 0.45$  ..... است. با افزایش  $y$  اندازه گاف نواری ..... می یابد. با افزایش ازت به این آلیاژ در محدوده  $y > 0.45$  بازده کوانتومی ..... می یابد.

(۱) مستقیم ، غیرمستقیم ، کاهش ، افزایش

(۲) مستقیم ، غیرمستقیم ، افزایش ، افزایش

(۳) غیرمستقیم ، مستقیم ، کاهش ، کاهش

(۴) غیرمستقیم ، مستقیم ، افزایش ، کاهش

۴۴- چگالی جریان آستانه در یک دمای معین، در لیزر پیوندگاه ناهمگن دوگانه ..... لیزر پیوندگاه همگن است. چگالی جریان آستانه با افزایش دما، در لیزر پیوندگاه ناهمگن دوگانه ..... لیزر پیوندگاه همگن ..... می یابد.

(۱) بزرگتر از ، آهسته تر ، کاهش

(۲) بزرگتر از ، مشابه با ، کاهش

(۳) خیلی کمتر از ، خیلی سریعتر از ، افزایش

(۴) خیلی کمتر از ، خیلی آهسته تر از ، افزایش

۴۵- کدام عبارت در مورد دیود تونل زنی تشدیدی (Resonant Tunneling Diode) نادرست است؟

(۱) این دیودها را می توان در ابزارهای منطقی دیجیتال چند-مقداری (multiple-valued) به کار برد.

(۲) ساختمان اساسی این دیود از یک چاه کوانتومی (مانند GaAs) که از دو طرف با سدهای پتانسیلی (مانند AlGaAs) احاطه شده تشکیل شده است.

(۳) نمودار جریان بر حسب ولتاژ بایاس این دیود به این شکل است که با افزایش ولتاژ از صفر به تدریج جریان زیاد می شود و به یک بیشینه می رسد. با افزایش بیشتر ولتاژ جریان بسیار آرام و کند کاهش یافته و به سمت صفر میل می کند.

(۴) این دیودها را در مدارهای فرکانس بالا و نوسانگرها می توان استفاده کرد. برای این کار باید ولتاژ بایاس چنان باشد که دیود در ناحیه شیب مقاومت منفی (NDR) کار کند.