

کد کنترل

5355

A



## آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه متمرکز) - سال ۱۴۰۰

دفترچه شماره (۱)

صبح جمعه

۹۹/۱۲/۱۵



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

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

رشته فناوری نانو - نانوالکترونیک - (کد ۲۳۶۴)

مدت پاسخ گویی: 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)) - مبانی نانو تکنولوژی - ادوات نیمه هادی پیشرفته	۴۵	۱	۴۵

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

این آزمون نمره منفی دارد.

\* 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 صندلی 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 پاسخنامه‌ام را تأیید می‌نمایم.

امضا:

۱- فرض کنید  $z = \alpha + i\beta$  یک ریشه مختلط  $z^3 + qz + r = 0$  باشد. در این صورت  $\alpha$  در کدام معادله زیر صدق می‌کند؟ (q و r اعداد حقیقی‌اند).

$$\lambda \alpha^3 - 2q\alpha + r = 0 \quad (1)$$

$$2\alpha^3 - 2q\alpha - r = 0 \quad (2)$$

$$\lambda \alpha^3 + 2q\alpha - r = 0 \quad (3)$$

$$2\alpha^3 + 2q\alpha + r = 0 \quad (4)$$

۲- معادله  $x^2 = [x] + [2-x]$ ، چند جواب دارد؟

(۱) معادله یک جواب دارد.

(۲) معادله دو جواب دارد.

(۳) معادله چهار جواب دارد.

(۴) معادله فاقد جواب است.

۳- مثلثی را در ربع اول صفحه مختصات در نظر بگیرید. دو ضلع مثلث بر محورهای مختصات و ضلع سومش بر خط

مماس بر منحنی  $y = e^{-x}$ ، واقع است. بیشترین مساحت ممکن مثلث کدام است؟

$$e \quad (1)$$

$$2e \quad (2)$$

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

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

۴- اگر به ازای هر  $x > 0$  تابع پیوسته و دو بار مشتق‌پذیر f در تساوی  $2 \int_0^x f(t) dt = x(\ln x - 1) + \int_0^x t^2 f''(t) dt$  صدق کند، f(x) کدام است؟

$$c_1 x^2 + c_2 x^2 + \frac{1}{2} \ln x - \frac{1}{4} \quad (1)$$

$$c_1 x^{-1} + c_2 x^2 + \frac{1}{2} \ln x - \frac{1}{4} \quad (2)$$

$$c_1 x + c_2 x^2 + \ln x + 2 \quad (3)$$

$$c_1 x + c_2 x^2 + \ln x - 2 \quad (4)$$

۵- سهمی  $x = \frac{1}{6}y^2$ ، قرص  $4x^2 + y^2 \leq 4$  را به دو قسمت تقسیم می‌کند. مساحت ناحیه بزرگ‌تر کدام است؟

$$(1) \frac{8\pi - \sqrt{3}}{6}$$

$$(2) \frac{8\pi + \sqrt{3}}{6}$$

$$(3) \frac{4\pi - 5\sqrt{3}}{6}$$

$$(4) \frac{4\pi + \sqrt{3}}{6}$$

۶- انحنای منحنی  $e^{xy^2} + (2x+1)y = 2$ ، در نقطه‌ای به طول  $x = 0$ ، کدام است؟

$$(1) \frac{2}{3}\sqrt{10}$$

$$(2) \frac{0}{23}\sqrt{10}$$

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

$$(4) \frac{0}{23}$$

۷- حاصل انتگرال  $\int_0^\pi \int_x^\pi \frac{\sin y}{y} dy dx$ ، کدام است؟

$$(1) 0$$

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

$$(3) 1$$

$$(4) 2$$

۸- اگر  $\begin{cases} u = x + y + z \\ uv = y + z \\ uvw = z \end{cases}$  باشد، آنگاه  $\frac{\partial(x, y, z)}{\partial(u, v, w)}$ ، کدام است؟

$$(1) u^2v$$

$$(2) uv^2$$

$$(3) uw^2$$

$$(4) vw^2$$

۹- فرض کنید  $S$  سطح کره‌ای به شعاع ۲ و مرکز مبدأ مختصات باشد. حاصل  $I = \iint_S x dy dz + y dx dz + z dx dy$

کدام است؟

$$(1) 4\pi$$

$$(2) 8\pi$$

$$(3) 16\pi$$

$$(4) 32\pi$$

۱۰- هر ماتریس دلخواه  $A$  را می توان به صورت  $A = B + iC$  نوشت که  $B$  و  $C$  دو ماتریس هرمیتی هستند. ماتریس های  $B$  و  $C$  کدامند؟ ( $i^2 = -1$ )

$$(۱) \quad C = \frac{-1}{2i}(A - A^\dagger) \quad \text{و} \quad B = \frac{1}{2}(A + A^\dagger)$$

$$(۲) \quad C = \frac{1}{2i}(A - A^\dagger) \quad \text{و} \quad B = \frac{1}{2}(A + A^\dagger)$$

$$(۳) \quad C = \frac{1}{2i}(A^\dagger + A) \quad \text{و} \quad B = \frac{i}{2}(A - A^\dagger)$$

$$(۴) \quad C = \frac{i}{2}(A + A^\dagger) \quad \text{و} \quad B = \frac{1}{2i}(A - A^\dagger)$$

۱۱- اگر  $\vec{r} = x_1 \hat{i} + x_2 \hat{j} + x_3 \hat{k}$  و  $r = |\vec{r}|$  باشد، کدام رابطه نادرست است؟

$$(۱) \quad \nabla^2 \frac{1}{r} = 0$$

$$(۲) \quad \vec{\nabla} \times \vec{r} = 0$$

$$(۳) \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{r} = 3$$

$$(۴) \quad \vec{\nabla} \ln r = \frac{\vec{r}}{r^2}$$

۱۲- اگر بردار مکان  $\vec{r} = x \hat{i} + y \hat{j} + z \hat{k}$  و  $\vec{A}$  برداری ثابت باشد، حاصل عبارت  $\nabla^2 (\vec{A} \cdot \vec{r})$  کدام است؟ ( $r = |\vec{r}|$ )

(۱) صفر

$$(۲) \quad -\frac{|\vec{A}|}{r^2}$$

$$(۳) \quad 3 \frac{\vec{A} \cdot \vec{r}}{r^5}$$

$$(۴) \quad 2r \vec{A} \cdot \vec{r}$$

۱۳- در صفحه مختلط، حاصل انتگرال  $\int_C \frac{z-3}{z(z+2)^2} dz$  کدام است؟ (انتگرال روی دایره  $C$  به شعاع  $|z|=3$  و به مرکز

مختصات  $0$  و در جهت مثبت مثلثاتی گرفته می شود.)

$$(۱) \quad -1.5\pi i$$

$$(۲) \quad 1.5\pi i$$

$$(۳) \quad 3\pi i$$

$$(۴) \quad \text{صفر}$$

۱۴- تابع دلتای دیراک  $\delta(3x^2 - x - 10)$  برابر با کدام عبارت است؟

$$(1) \frac{1}{13} \delta(x-2) \delta(x+\frac{5}{3})$$

$$(2) \frac{1}{13} \left( \delta(x+2) + \delta(x-\frac{5}{3}) \right)$$

$$(3) \frac{1}{11} \left( \delta(x-2) + \delta(x+\frac{5}{3}) \right)$$

$$(4) \frac{1}{11} \left( \delta(x-2) - \delta(x+\frac{5}{3}) \right)$$

۱۵- تابع  $\tilde{f}(k)$  تبدیل فوریه تابع  $f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2a} & \text{for } |x| \leq a \\ 0 & \text{for } |x| > a \end{cases}$  (که  $a > 0$ ) است؟

$$(1) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\exp(-iak)}{ak}$$

$$(2) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\exp(iak)}{ak}$$

$$(3) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\cos(ak)}{ak}$$

$$(4) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\sin(ak)}{ak}$$

۱۶- اگر تبدیل لاپلاس تابع  $F(t)$  به شکل  $\mathcal{L}(F(t)) = \int_0^{\infty} dt e^{-st} F(t)$  تعریف شود که در آن  $s > 0$ ، تابع

$$\left( F'(t) = \frac{dF(t)}{dt} \right) \text{ در کدام رابطه صدق می کند؟}$$

$$(1) \mathcal{L}(F'(t)) = s \mathcal{L}(F(t)) + F(0)$$

$$(2) \mathcal{L}(F'(t)) = s \mathcal{L}(F(t)) - F(0)$$

$$(3) \mathcal{L}(F'(t)) = s^{-1} \mathcal{L}(F(t)) + F(0)$$

$$(4) \mathcal{L}(F'(t)) = s^{-1} \mathcal{L}(F(t)) - F(0)$$

۱۷- با توجه به تابع مولد توابع بسل  $e^{(x/2)(t-1/t)} = \sum_{m=-\infty}^{\infty} J_m(x) t^m$  کدام رابطه همواره درست است؟

$$(1) J_m(-x) = J_m(x)$$

$$(2) J_m(-x) = -J_m(x)$$

$$(3) J_m(x) = (-1)^m J_m(-x)$$

$$(4) J_m(x) = (-1)^{m+1} J_m(-x)$$

۱۸- توان دریافتی بر واحد سطح زمین که نور خورشید به صورت عمود بر آن می‌تابد  $\frac{W}{m^2} \times 10^3 \times 21/4$  است. اگر خورشید با همین آهنگ به تابش انرژی ادامه دهد، چند سال طول می‌کشد تا خورشید نیم درصد از جرمش را از دست بدهد؟

(۱)  $8 \times 10^4$

(۲)  $8 \times 10^6$

(۳)  $8 \times 10^8$

(۴)  $8 \times 10^{10}$

۱۹- یک چشمه نور، با شدت  $24\pi \frac{kW}{m^2}$  گسیل می‌کند. دامنه میدان مغناطیسی آن چند میکروتسلا است؟

(۱)  $6\pi$

(۲)  $8\pi$

(۳)  $12\pi$

(۴)  $16\pi$

۲۰- پروتونی در مسیری دایره‌ای به شعاع  $20 \text{ cm}$  به‌طور عمود بر یک میدان مغناطیسی به بزرگی  $0.05$  تسلا در حرکت است. بزرگی تکانه پروتون چند  $\text{kg} \cdot \frac{m}{s}$  است؟ (اندازه بار الکتریکی پروتون  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  می‌باشد.)

(۱)  $3/2 \times 10^{-21}$

(۲)  $1/6 \times 10^{-17}$

(۳)  $1/6 \times 10^{-21}$

(۴)  $3/2\pi \times 10^{-21}$

۲۱- ذره‌ای بدون سرعت اولیه در سقوط آزاد از یک ارتفاع معین،  $64$  درصد کل آن ارتفاع را در یک ثانیه آخر سقوطش طی کرده است. ارتفاع مزبور چند متر بوده است؟ ( $g = 9.8 \frac{m}{sec^2}$ )

(۱)  $30.62$

(۲)  $61.25$

(۳)  $38.76$

(۴)  $122.5$

۲۲- یک جعبه  $4$  کیلوگرمی بر روی یک سطح بدون اصطکاک با سرعت  $1 \frac{m}{s}$  در حال لغزش است. در یک لحظه نیروی ثابتی در راستای حرکت جعبه به آن وارد می‌شود و به فاصله  $3$  متر حرکت جعبه این نیروی ثابت به جعبه اعمال می‌شود و سرعت جعبه به  $2 \frac{m}{s}$  می‌رسد. اندازه نیروی وارد به جعبه چند نیوتن است؟

(۱)  $1$

(۲)  $2$

(۳)  $3$

(۴)  $4$

۲۳- اگر خطای نسبی اندازه‌گیری سرعت یک جسم ۱۰ درصد باشد، خطای نسبی اندازه‌گیری انرژی جنبشی چند درصد است؟ (خطای اندازه‌گیری جرم را در نظر نگیرید).

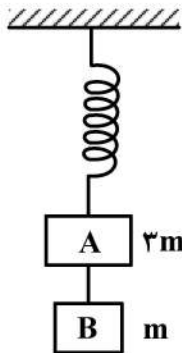
(۱) ۲۰

(۲) ۱۵

(۳) ۱۰

(۴) ۵

۲۴- مطابق شکل زیر، مکعب A به جرم ۳m توسط یک فنر بدون جرم از سقف آویزان شده است. مکعب B به جرم m توسط ریسمانی محکم به مکعب A متصل شده است. مقدار شتاب مکعب‌های A و B پس از قطع ریسمان به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

(۱)  $g, g$ (۲)  $\frac{g}{3}, g$ (۳)  $g, \frac{g}{3}$ (۴)  $\frac{g}{3}, \frac{g}{3}$ 

۲۵- جعبه‌ای با دیواره‌های نازک، حجمی برابر با  $۱۲۰۰\text{cm}^۳$  و جرمی برابر با  $۲۰۰\text{g}$  دارد. حداقل چند عدد ساچمه سربی باید روی جعبه قرار داد تا کاملاً در آب فرو رود؟ (جرم هر ساچمه  $۱۰\text{g}$  است).

(۱) ۵۰

(۲) ۱۰۰

(۳) ۱۲۰

(۴) ۶۰

۲۶- در کدام میکروسکوپ، مبنای تشکیل تصویر نیروهای بین اتمی است؟

(۱) AFM

(۲) SEM

(۳) STM

(۴) TEM

۲۷- اگر یک قطره آب به حجم  $۴\mu\text{m}^۳$  را به  $۱۰۰۰$  قسمت مساوی تقسیم کنیم، سایز تقریبی نانوذرات حاصله چند نانومتر است؟

(۱)  $۱۰۰\text{nm}$ (۲)  $۱۰\text{nm}$ (۳)  $۱\text{nm}$ (۴)  $۹۰۰\text{nm}$ 

۲۸- کدام روش مشخصه یابی قادر به تعیین ساختار کریستالی نیست؟

(۱) TEM

(۲) XRF

(۳) XRD

(۴) WAXS

۲۹- با کوچک شدن ابعاد در هر سه بعد، با فرض ثابت بودن خواص الکتریکی، ظرفیت خازن و مقدار مقاومت الکتریکی به ترتیب چه تغییری می کند؟

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

۳۰- با افزودن نانوذرات فلزی به سیال پایه آب، کدام خاصیت سیال کاهش می یابد؟

- (۱) هدایت الکتریکی  
(۲) هدایت حرارتی  
(۳) لزجت دینامیکی  
(۴) ظرفیت گرمایی ویژه

۳۱- چگالی ترازهای مجاز انرژی در کدام ساختار بیشتر است؟

- (۱) توده  
(۲) نقطه کوانتومی  
(۳) سیم کوانتومی  
(۴) صفحه کوانتومی

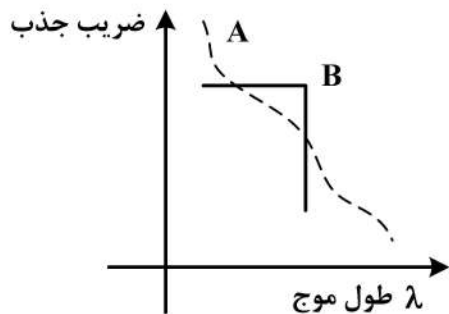
۳۲- با افزایش چگالی الکترون های آزاد در یک ماده، انتظار دارید طول موج فرمی و طول پویس آزاد به ترتیب چگونه تغییر کنند؟

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

۳۳- با کاهش اندازه یک نانوذره نیمه هادی به تدریج لبه تراز هدایت به اندازه  $0.5$  الکترون ولت و لبه تراز ظرفیت به اندازه  $0.1$  الکترون ولت جابه جا شده اند. کدام عبارت صحیح است؟

- (۱) چگالی الکترون < چگالی حفره  
(۲) چگالی حفره < چگالی الکترون  
(۳) جرم مؤثر الکترون < جرم مؤثر حفره  
(۴) جرم مؤثر الکترون > جرم مؤثر حفره

۳۴- در اندازه گیری ضریب جذب نوری دو ماده A و B نمودار زیر به دست آمده است. کدام عبارت برای توصیف این منحنی صحیح است؟



- (۱) گاف انرژی ماده A < گاف انرژی ماده B  
(۲) گاف انرژی ماده B < گاف انرژی ماده A  
(۳) گاف انرژی ماده A غیرمستقیم و گاف انرژی ماده B مستقیم است.  
(۴) گاف انرژی ماده B غیرمستقیم و گاف انرژی ماده A مستقیم است.

۳۵- در طراحی یک نانوکاتالیست برای آنکه رادیکال های هیدروکسیل و سوپراکسید هر دو بتوانند منجر به حذف آلاینده ها شوند، ابعاد ذره چه ویژگی باید داشته باشد؟

- (۱) بزرگتر از لایه تهی  
(۲) کوچکتر از لایه تهی  
(۳) بزرگتر از لایه هلمهولتز  
(۴) کوچکتر از لایه هلمهولتز

۳۶- در یک دیود رخشایی (LED) با محدود کردن عرض ناحیه فعال، چه تغییری در مشخصه خروجی آن ایجاد می شود؟

- (۱) افزایش رخشایی  
(۲) افزایش ولتاژ کار  
(۳) پالسی شدن نور خروجی  
(۴) جابه جایی به سمت طول موج های بزرگتر



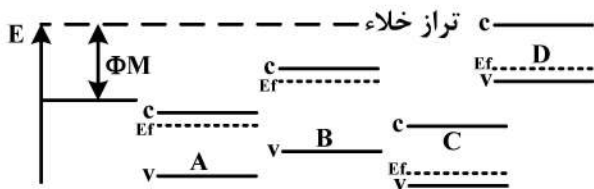
۳۷- به منظور تبدیل نیمه هادی سیلیکون ( $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ) به نوع n، آن را با فسفر با غلظت  $10^{16} \text{ cm}^{-3}$  دپ نموده ایم. فاصله تراز  $E_F$  از  $E_i$  در دمای  $300 \text{ K}$ ، چند الکترون ولت است؟

- (۱)  $0.3 \text{ eV}$
- (۲)  $0.36 \text{ eV}$
- (۳)  $0.36 \text{ eV}$
- (۴)  $3 \text{ eV}$

۳۸- کدام عبارت بیانگر «بازدهی کوانتومی داخلی» در یک سلول خورشیدی است؟

- (۱) تعداد الکترون تزریق شده به تعداد الکترون خروجی
- (۲) تعداد الکترون تزریق شده به تعداد فوتون تابیده شده
- (۳) تعداد الکترون تولید شده به تعداد فوتون جذب شده
- (۴) تعداد الکترون تولید شده به تعداد فوتون تابیده شده

۳۹- چهار نیمه هادی زیر را در نظر بگیرید. انتظار دارید از لایه نشانی کدام یک از لایه ها بر روی فلز M، اتصال شاتکی ایجاد شود؟



- (۱) A و B
- (۲) B و C
- (۳) A و D
- (۴) C و D

۴۰- به منظور ساخت دو LED، از دو نیمه هادی با شکاف های انرژی  $1.24 \text{ eV}$  و  $2.48 \text{ eV}$  استفاده شده است. نور ساطع شده از این LEDها به ترتیب در چه ناحیه ای قرار دارد؟

- (۱) فروسرخ - سبز
- (۲) سبز - فرابنفش
- (۳) فرابنفش - فروسرخ
- (۴) فرو سرخ - فرابنفش

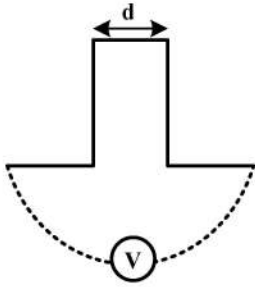
۴۱- برای این که یک ترانزیستور تک الکترونی بتواند در دمای اتاق کار کند، کدام شرط باید برقرار باشد؟

- (۱)  $KT \gg \frac{e^2}{2C}$
- (۲)  $KT \gg \frac{C}{2e^2}$
- (۳)  $KT \ll \frac{C}{2e^2}$
- (۴)  $KT \ll \frac{e^2}{2C}$

۴۲- کدام گزینه در مورد MESFET نادرست است؟

- (۱) در الکتروود گیت سد Schottky وجود دارد.
- (۲) در الکتروود درین پیوند اهمی وجود دارد.
- (۳) در الکتروود سورس پیوند اهمی وجود دارد.
- (۴) ضخامت لایه اکسید گیت، حداکثر نصف طول کانال باید باشد.

۴۳- با فرض ثابت بودن پتانسیل الکتریکی بین دو ناحیه شکل زیر، اگر احتمال تونل زنی، برابر با  $A$  باشد، با نصف شدن فاصله، مقدار احتمال تونل زنی چه خواهد بود؟



(۱) کمتر،  $A^2$

(۲) بیشتر،  $A^2$

(۳) کمتر،  $\sqrt{A}$

(۴) بیشتر،  $\sqrt{A}$

۴۴- یک قطعه Si با As و غلظت  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  دپ شده است. در اندازه گیری های الکتریکی، مقدار مقاومت ویژه این

قطعه  $0.625 \Omega \cdot \text{cm}$  اندازه گیری شده است. مقدار موبیلیتی الکترون در این قطعه چند  $\frac{\text{cm}^2}{\text{V} \cdot \text{s}}$  کدام است؟

(۱) ۱۰۰۰

(۲) ۱۰۰

(۳) ۶۰

(۴) ۰/۶

۴۵- در یک نیمه هادی نوع P، چگالی حفره ها به صورت  $P = 10^{18} \left(2 - \left(\frac{x}{1 \text{ cm}}\right)^2\right) \text{ cm}^{-3}$  تغییر می کند. با در نظر گرفتن

ضریب نفوذ  $D_p = 18 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$ ، مقدار جریان نفوذ در نقطه  $x = 0.5 \text{ cm}$  چند  $\frac{\text{A}}{\text{cm}^2}$  است؟

(۱) ۵۷/۶

(۲) ۲/۸۸

(۳)  $2.88 \times 10^{-9}$

(۴)  $57.6 \times 10^{-9}$





## مشاهده کلید اولیه سوالات آزمون دکتری 1400

## کلید اولیه آزمون دکتری سال 1400

به اطلاع می‌رساند، کلید اولیه سوالات که در این سایت قرار گرفته است، غیر قابل استناد است و پس از دریافت نظرات داوطلبان و صاحب نظرات کلید نهایی سوالات تهیه و بر اساس آن کارنامه داوطلبان استخراج خواهد شد. در صورت تمایل می‌توانید حداکثر تا تاریخ 1400/01/03 با مراجعه به سامانه پاسخگویی اینترنتی (request.sanjesh.org) نسبت به تکمیل فرم "اعتراض به کلید سوالات" / "آزمون دکتری سال 1400" اقدام نمایید. لازم به ذکر است نظرات داوطلبان فقط تا تاریخ مذکور و از طریق فرم ذکر شده دریافت خواهد شد و به موارد ارسالی از طریق دیگر (نامه مکتوب یا فرم عمومی در سامانه پاسخگویی و ...) یا پس از تاریخ اعلام شده رسیدگی نخواهد شد.

عنوان دفترچه	نوع دفترچه	شماره پاسخنامه	گروه امتحانی
فناوری نانو-نانوالکترونیک	A	1	مهندسی و فنی

شماره سوال	گزینه صحیح	شماره سوال	گزینه صحیح
1	3	31	1
2	4	32	3
3	3	33	4
4	2	34	3
5	1	35	2
6	2	36	1
7	4	37	3
8	1	38	3
9	4	39	2
10	2	40	1
11	1	41	4
12	1	42	4
13	4	43	4
14	3	44	2
15	4	45	2
16	2		
17	3		
18	4		
19	2		
20	3		
21	4		
22	2		
23	1		
24	3		
25	2		
26	1		
27	1		
28	2		
29	3		
30	4		

خروج