کد کنترل

279

E

279E

نام:

نام خانوادگی:

محل امضا:

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

صبح جمعه
۱۳۹۶/۱۲/۴
دفترچهٔ شماره (۱)

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

آزمون ورودی دورهٔ دکتری (نیمه‌متمرکز) ـ سال ۱۳۹۷

رشتهٔ ژئوفیزیک ـ زلزله‌شناسی (کد ۲۲۴۱)

تعداد سؤال: ۴۵

مدت پاسخگویی: ۱۵۰ دقیقه

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شمارهٔ سؤالات

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شمارهٔ	تا شمارهٔ
۱	مجموعه دروس تخصصی: فیزیک پایه ۱ و ۲ ـ زمین‌شناسی فیزیکی (عمومی) ـ فیلترهای دیجیتال ـ لرزه زمین‌ساخت ـ تئوری انتشار امواج کشسان	۴۵	۱	۴۵

این آزمون نمرهٔ منفی دارد.

استفاده از ماشین‌حساب مجاز نیست.

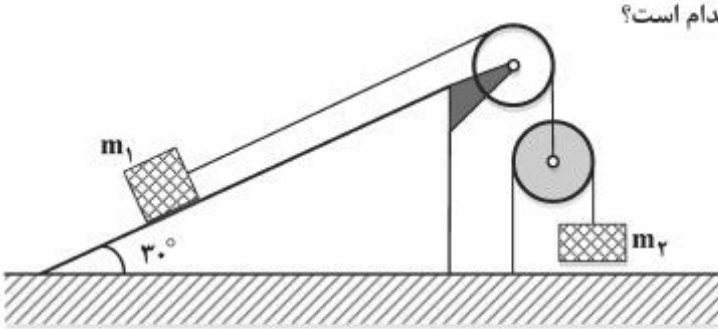
حق چاپ، تکثیر و انتشار سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون، برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز این سازمان مجاز می‌باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.

* داوطلب گرامی، عدم درج مشخصات و امضا در مندرجات جدول ذیل، به‌منزلهٔ عدم حضور شما در جلسهٔ آزمون است.

اینجانب ..... با شمارهٔ داوطلبی ..... در جلسهٔ این آزمون شرکت می‌نمایم.

امضا:

۱- در شکل زیر جسم m_1 روی سطح شیبدار ثابت با زاویه شیب 30° و جسم m_2 هم جرم با جسم m_1 در امتداد قائم حرکت می‌کند. از جرم قرقره‌ها و نخ‌ها و نیز اصطکاک در محور قرقره و جسم m_1 با سطح شیبدار چشم‌پوشی می‌کنیم. شتاب جسم m_2 کدام است؟



۱) $\frac{1}{5}g$

۲) $\frac{2}{5}g$

۳) $\frac{3}{5}g$

۴) $\frac{4}{5}g$

۲- ذره‌ای به جرم m_1 با سرعت v_1 به ذره دیگری به جرم $m_2 = 5m_1$ که در حال سکون است برخورد می‌کند. دو ذره پس از برخورد با هم حرکت می‌کنند. چه کسری از انرژی جنبشی اولیه در این برخورد تلف می‌شود؟

۱) $\frac{1}{6}$

۲) $\frac{5}{11}$

۳) $\frac{2}{3}$

۴) $\frac{5}{6}$

۳- جسمی به جرم m با سرعت اولیهٔ صفر در هوا شروع به سقوط می‌کند. اگر نیروی مقاومت هوا $-kv$ باشد که k یک ضریب ثابت است، اندازه شتاب جسم t ثانیه بعد از شروع حرکت کدام است؟ (g شتاب گرانش است)

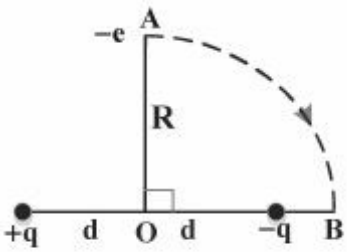
۱) $g(1-\frac{kt}{m})$

۲) $ge^{-\frac{kt}{m}}$

۳) $g\left(\frac{kt}{m}\right)$

۴) $g(1-e^{-\frac{kt}{m}})$

۴- دو بار الکتریکی نقطه‌ای $+q$ و $-q$ به فاصله ثابت $2d$ از هم قرار دارند. مطابق شکل الکترونی با بار $-e$ از نقطه A روی محور تقارن دو بار روی مسیری دایره‌ای شکل به مرکز O و شعاع $R\ (R>d)$ به نقطه B روی خط واصل دو بار انتقال داده می‌شود. کار نیروی خارجی لازم برای این انتقال کدام است؟



۱) $\frac{eqd}{2\pi\varepsilon_0(R^2-d^2)}$

۲) $-\frac{eqd}{2\pi\varepsilon_0(R^2-d^2)}$

۳) $-\frac{eqd}{2\pi\varepsilon_0}\left[\frac{d}{R^2\sqrt{d^2+R^2}}-\frac{1}{R^2-d^2}\right]$

۴) $\frac{eqd}{2\pi\varepsilon_0}\left[\frac{d}{R^2\sqrt{d^2+R^2}}-\frac{1}{R^2-d^2}\right]$

۵- قرصی رسانا به شعاع a با سرعت زاویه‌ای ω در یک میدان مغناطیسی ثابت B_0 عمود بر سطح قرص، حول محور عمود بر سطح قرص و گذرنده از مرکز آن دوران می‌کند. اختلاف پتانسیل میان مرکز قرص و یک نقطه واقع بر محیط آن کدام است؟

۱) $\omega a^2 B_0$

۲) $\frac{\omega a^2 B_0}{2}$

۳) $\frac{\omega a^2 B_0}{3}$

۴) $\frac{2\omega a^2 B_0}{3}$

۶- در فرورانش اقیانوسی ـ قاره‌ای و ذوب بخشی ترکیب بازالتی، کدام‌یک از انواع ماگما ایجاد می‌شود؟

۱) آندزیتی
۲) باتولیتی
۳) پریدوتیتی
۴) گرانیتی

۷- بر اساس سری واکنشی پاون، کدام مورد صحیح است؟

۱) کوارتز اولین کانی است که تشکیل می‌شود.
۲) کوارتز بلافاصله بعد از بیوتیت تشکیل می‌شود.
۳) کوارتز در آخرین مرحله تشکیل می‌شود.
۴) کوارتز و فلدسپاتوئیدها با هم تشکیل می‌شوند.

۸- در کدام موقعیت زمین‌ساختی، زمین‌لرزه‌ها بیشترین فراوانی را دارند؟

۱) در امتداد مرزهای خنثی
۲) در امتداد مرزهای دورشونده
۳) محل برخورد دو ورقه‌ی قاره‌ای
۴) فرورانش ورقهٔ اقیانوسی به زیرقاره‌ای

۹- **کدام جمله در مورد رفتار سنگ‌ها در مقابل نیروهای وارد صحیح می‌باشد؟**

۱) رفتار الاستیک فقط در سنگ‌های آذرین مشاهده می‌شود.

۲) رفتار پلاستیک فقط در سنگ‌هایی که در اعماق زمین قرار دارند مشاهده می‌شود.

۳) لغزش حرکتی است که در اثر نیروهای وارده ضمن جابجایی تغییر حجم انجام می‌شود.

۴) نقطه تسلیم در سنگ‌ها نقطه‌ای است که در اثر نیروهای وارده رفتار سنگ از حالت الاستیک به حالت پلاستیک تغییر می‌یابد.

۱۰- **ناپیوستگی گوتنبرگ در کجا و در چه عمقی قرار دارد؟**

۱) بین پوسته و گوشته ـ ۲۹۰۰ کیلومتر

۲) بین گوشته و هسته ـ ۲۹۰۰ کیلومتر

۳) بین پوستهٔ بالایی و زیرین ـ ۳۵ کیلومتر

۴) بین هستهٔ خارجی و داخلی ـ ۵۶۰۰ کیلومتر

۱۱- **پاسخ مشتق** $\frac{d}{dt}(2u(t+1)+u(1-t))$ **کدام است؟**

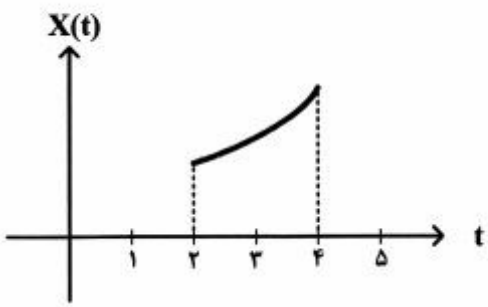
۱) $(u(t)-2)\cos t-\delta(t)$

۲) $(u(t)-2)\sin t-\delta(t)$

۳) $2\delta(t+1)-\delta(t-1)$

۴) $\delta(t-\frac{\pi}{2})+[u(t-\frac{\pi}{2})-u(t-\pi)]\cos t$

۱۲- **اگر سیگنال پیوسته** $x(t)$ **بخشی از** e^t **مطابق شکل زیر و** $u(t)$ **سیگنال پله واحد باشد، ضابطهٔ** $x(t)$ **معادل کدام مورد است؟**



۱) $e^t u(t+2)u(t+4)$

۲) $e^t u(t-2)u(-t+4)$

۳) $e^t[u(t-4)-u(t-2)]$

۴) $e^t[u(t+4)-u(t-2)]$

۱۳- **پاسخ انتگرال** $\int_{-\infty}^{+\infty}(t^2+4t+5)\delta(t)dt$ **کدام است؟**

۱) $\frac{2}{3}$

۲) $\frac{7}{8}$

۳) ۵

۴) ۷

۱۴- **دو سیگنال** $x[n]=\{1,2,1,\underset{\uparrow}{-2},-1\}$ **و** $y[n]=\{3,\underset{\uparrow}{4},3,0,-2\}$ **را در نظر بگیرید که علامت فلش مبدأ زمان را نشان می‌دهد. با چه جابجایی زمانی** $x[n]$ **بیشترین همبستگی را با** $y[n]$ **دارد؟**

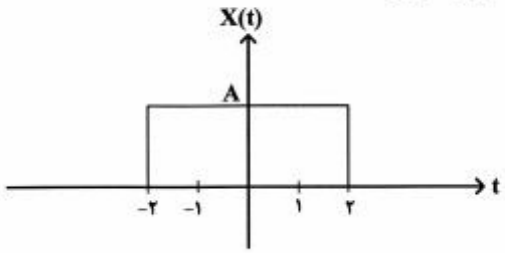
۱) پیش‌افتادگی زمانی به اندازهٔ ۳ نمونه

۲) تأخیر زمانی به اندازهٔ ۲ نمونه

۳) تأخیر زمانی به اندازهٔ ۳ نمونه

۴) همبستگی وجود ندارد.

۱۵- تبدیل فوریه سیگنال پالس چهارگوش مطابق با شکل زیر با کدام مورد برابر است؟



۱) $\chi(f)=\frac{۲A\sin ۴\pi f}{f}$

۲) $\chi(f)=۴A\sin c۲\pi f$

۳) $\chi(f)=۴A\sin c۴\pi f$

۴) $\chi(f)=۴A\sin ۴\pi f$

۱۶- رابطهٔ بین سیگنال ورودی و خروجی سیستمی با ضابطه زیر تعریف شده است. در رابطه با خواص سیستم مذکور، کدام مورد درست است؟ $y[n]=x[n]\cos[n-۳]$

۱) سیستم معین، با حافظه، خطی و ناپایدار است.

۲) سیستم معین، با حافظه، غیرخطی و ناپایدار است.

۳) سیستم معین، با حافظه، غیرخطی و پایدار است.

۴) سیستم معین، بدون حافظه، خطی و پایدار است.

۱۷- با توجه به زوج تبدیل z زیر، تبدیل z، $na^nu[n]$ برابر با کدام است؟ (تبدیل z را با توان منفی n در نظر بگیرید)

$$u[n]\xleftrightarrow{z}\frac{۱}{۱-z^{-۱}}$$

۱) $\frac{az}{۱-az^{-۱}}$

۲) $\frac{az^{-۱}}{(۱-az^{-۱})^۲}$

۳) $\frac{a^۲z^{-۲}}{۱-a^۲z^{-۲}}$

۴) $\frac{a^۲z^{-۲}}{(۱-a^۲z^{-۱})^۲}$

۱۸- اگر تبدیل z سیگنال علّی $x[n]$ با $\chi(z)=\frac{۱}{۱-\frac{۳}{۲}z^{-۱}+\frac{۱}{۲}z^{-۲}}$ برابر باشد، $x[n]$ کدام است؟ (تبدیل z را با توان منفی n در نظر بگیرید).

۱) $\frac{۲^n+۱}{n^۲}u[n]$

۲) $\frac{۲^n+۱}{۲^n}u[n]$

۳) $\frac{۲^{n-۱}-۱}{۲^n}u[n]$

۴) $\frac{۲^{n+۱}-۱}{۲^n}u[n]$

۱۹- در صورتی‌که معکوس فوریه $\phi(s)$ برابر $\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\phi(s)e^{jxs}ds$ باشد و $\phi(s)=e^{-s}u(s)$ باشد، معکوس فوریهٔ آن کدام است؟

۱) $\frac{1}{2\pi - j2\pi x}$

۲) $\frac{2}{x}\sin(\pi x)$

۳) $\frac{1}{1+j2\pi x}$

۴) $\frac{1}{\sqrt{2\pi}(1+J2\pi x)}$

۲۰- کوریلیشن دو تابع $h(t)=e^{-(t-3)}u(t-3)$ و $f(t)=P(t)$ در صورتی‌که $-2>t>-4$ باشد کدام است؟

۱) $1-e^{2}e^{t}$

۲) $e^{t}e^{2}(e^{2}-1)$

۳) $\frac{e^{t}e^{2}}{e^{2}-1}$

۴) $\frac{e^{2}+1}{e^{2}e^{t}}$

۲۱- اگر تبدیل فوریه $\phi(s)$ برابر $\int_{-\infty}^{+\infty}\phi(s)e^{-jxs}ds$ باشد، در صورتی‌که $\phi(s)=e^{-s}u(s)$ باشد، تبدیل فوریهٔ آن کدام است؟

۱) $\frac{1}{1+jx}$

۲) $\frac{1}{1+j2\pi x}$

۳) $\frac{2\pi}{1+j2\pi x}$

۴) $\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\cdot\frac{1}{1+j2\pi x}$

۲۲- همامیخت دو تابع $h(t)=e^{t}u(t)$ و $f(t)=1$ به طوری‌که $1>t>0$ باشد، کدام است؟

۱) $1-e^{-t}$

۲) $e^{-t}(e-1)$

۳) $\frac{(e-1)}{e^{-t}}$

۴) $\frac{e^{-t}}{(e-1)}$

۲۳- حاصل $۲e^{-t}\delta(t-۱)+۱$ کدام است؟

۱) $\delta(t)$

۲) $\sin ۲t$

۳) $\cos ۲t$

۴) $۱+۲e^{-۱}\delta(t-۱)$

۲۴- در گسلش زمین‌لرزه‌ای، بزرگی زمین‌لرزه‌ها تابع کدام مورد است؟

۱) طول گسل، تعداد تنشگاه‌ها، مقاومت سد جنبشی

۲) مساحت صفحهٔ شکست، تعداد تنشگاه‌ها، مقاومت برشی

۳) مساحت صفحهٔ شکست، میانگین جابه‌جایی، مقاومت برشی

۴) مساحت گسل، راستای لغزش، مقاومت سد جنبشی

۲۵- بیش‌ترین انرژی لرزه‌ای، به ترتیب در کدام محیط‌های زمین ساختی آزاد می‌شود؟

۱) زون‌های فرورانش، پشته‌های میان اقیانوسی، زون‌های برخورد قاره‌ای

۲) زون‌های فرورانش، زون‌های برخورد قاره‌ای، پشته‌های میان اقیانوسی

۳) پشته‌های میان اقیانوسی، زون‌های فرورانش، زون‌های برخورد قاره‌ای

۴) پشته‌های میان اقیانوسی، زون‌های برخورد قاره‌ای، زون‌های فرورانش

۲۶- در مورد گسل شمال تبریز، کدام عبارت صحیح است؟

۱) دارای سازوکار فشاری است.

۲) دارای سازوکار امتداد لغز چپ‌گرد است.

۳) دارای سابقهٔ کلان زمین‌لرزه‌های دستگاهی است.

۴) دارای سابقهٔ کلان زمین‌لرزه‌های تاریخی است.

۲۷- در زون فرورانش مکران (جنوب شرق ایران و جنوب پاکستان) کدام صفحهٔ زمین‌ساختی زیر رانده می‌شود؟

۱) اوراسیا ۲) افریقا

۳) عربستان ۴) هندوستان

۲۸- لغزش پایدار (stable sliding) در چه شرایطی صورت می‌گیرد؟

۱) در میدان تنش کششی ۲) در گسلش امتداد لغز

۳) در مرز صفحات زمین‌ساختی ۴) با وجود سازندهای شکل‌پذیر

۲۹- در زون‌های برشی راست‌گرد، شکستگی‌های R و R' با گسل اصلی، به‌ترتیب چه زاویه‌ای می‌سازند و حالت لغزش آن‌ها چگونه است؟

۱) حدود ۱۰ درجه چپ‌گرد و ۷۰ درجه راست‌گرد

۲) حدود ۱۵ درجه راست‌گرد و ۷۵ درجه چپ‌گرد

۳) حدود ۶۰ درجه راست‌گرد و ۱۵ درجه چپ‌گرد

۴) حدود ۷۰ درجه راست‌گرد و ۱۰ درجه چپ‌گرد

۳۰- **سازوکار غالب کلان زمین‌لرزه‌های ۱۹۷۸ طبس، ۱۹۹۰ رودبار و ۲۰۰۳ بم، به‌ترتیب چگونه است؟**

۱) امتداد لغز راست‌گرد، معکوس، امتداد لغز چپ‌گرد

۲) امتداد لغز چپ‌گرد، امتداد لغز راست‌گرد، نرمال

۳) معکوس، امتداد لغز چپ‌گرد، امتداد لغز راست‌گرد

۴) نرمال، امتداد لغز چپ‌گرد، امتداد لغز راست‌گرد

۳۱- **محتمل‌ترین عامل رویداد زمین‌لرزه‌های القایی مرتبط با احداث سدهای مخزنی کدام است؟**

۱) فشار مایع منفذی ۲) تغییرات میدان تنش برشی

۳) نوسان سطح آب پشت سد ۴) وزن سد و آب دریاچهٔ پشت آن

۳۲- **از مفاهیم کاف لرزه‌ای (seismic gap) و زمین‌لرزهٔ سرشتی (characteristic earthquake) به‌ترتیب برای کدام مورد بهره گرفته می‌شود؟**

۱) تعیین چشمهٔ بالقوهٔ زمین‌لرزه، بیشینه بزرگی

۲) بیشینه بزرگی، تعیین چشمهٔ بالقوهٔ زمین‌لرزه

۳) بیشینه بزرگی، شناسایی مکان‌های با لغزش پایدار

۴) شناسایی مکان‌های با لغزش بی‌لرزه، تعیین چشمهٔ بالقوهٔ زمین‌لرزه

۳۳- **خاکهٔ گسلی (fault gouge) در کدام قسمت گسل وجود دارد و نقش آن چگونه است؟**

۱) در عمیق‌ترین بخش گسل و لغزش بی‌لرزه را موجب می‌شود.

۲) در کم عمق‌ترین بخش گسل و لغزش بی‌لرزه را موجب می‌شود.

۳) در عمق ۱۵ کیلومتری زون گسلی و موجب لغزش اصطکاکی می‌شود.

۴) در عمق ۵ تا ۱۰ کیلومتری زون گسلی و موجب لغزش اصطکاکی بالا می‌شود.

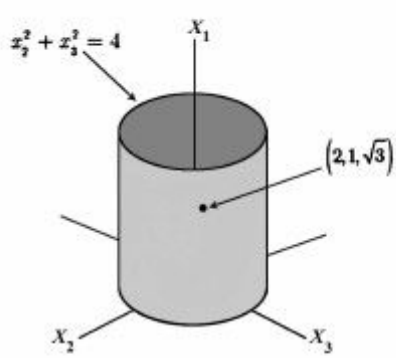
۳۴- **در اجسام جامد پوآسونی که نسبت پوآسون برابر ۰٫۲۵ است، نسبت سرعت انتشار موج P به سرعت انتشار موج S کدام است؟**

۱) $\sqrt{3}$ ۲) $2\sqrt{3}$

۳) ۳ ۴) ۶

۳۵- **چنانچه تانسور تنش به صورت زیر تعریف شده باشد، بردار تنش در نقطهٔ $(2,1,\sqrt{3})$ بر روی صفحهٔ تخت مماس بر استوانه $x_2^2 + x_3^2 = 4$ کدام است؟**

$$\begin{vmatrix} 3x_1x_2 & 5x_2^2 & 0 \\ 5x_2^2 & 0 & 2x_3 \\ 0 & 2x_3 & 0 \end{vmatrix}$$



۱) $[5,6,2\sqrt{3}]$

۲) $[5,6,-2\sqrt{3}]$

۳) $\left[\frac{5}{2},3,\sqrt{3}\right]$

۴) $\left[\frac{5}{2},3,-\sqrt{3}\right]$

۳۶- در تابش نرمال موج P به سطح آزاد، کدام عبارت صحیح است؟

۱) اگر بزرگی دامنهٔ موج تابشی برابر A باشد، بزرگی دامنهٔ نوسان ذره در سطح زمین به اندازهٔ ۲A می‌باشد.

۲) اگر موج تابشی P از نوع کششی باشد، موج بازتابی، موج P و از نوع فشارشی است.

۳) موج بازتابی فقط از نوع موج P است و بزرگی دامنهٔ آن با بزرگی دامنهٔ موج تابشی برابر است.

۴) همهٔ موارد صحیح است.

۳۷- با تعریف پتانسیل‌های جابجایی ϕ و $\vec{\Psi}$ ، میزان جابجایی ناشی از تنش نرمال و برشی به ترتیب از چه روابطی به‌دست می‌آید؟

۱) $\nabla.\vec{\Psi}$ و $\nabla\times d$

۲) $\nabla\phi$ و $\nabla\times\Psi$

۳) $\nabla.\phi$ و $\nabla\times\Psi$

۴) $\nabla\times\phi$ و $\nabla\Psi$

۳۸- برای یک موج که در صفحه‌ی $x_1 - x_3$ حرکت می‌کند، برای جابجایی‌ها در راستای x_1 و x_3 کدام رابطه برقرار است؟

۱) $u_1 = \phi_{,1} + \Psi_{,3}$

۲) $u_3 = \phi_{,3} + \psi_{,1}$

۳) $u_1 = \phi_{,3} - \psi_{,1}$

۴) $u_3 = \phi_{,3} - \psi_{,1}$

۳۹- تانسور استرس‌های انحرافی کدام است؟

۱) $D_{ij} = \sigma_{ij} - P\delta_{ij}$

۲) $D_{ij} = \epsilon_{ij} - \theta\delta_{ij}$

۳) $D_{ij} = \sigma_{ij} + P\delta_{ij}$

۴) $D_{ij} = \epsilon_{ij} + \theta\delta_{ij}$

۴۰- اگر یک میله را در جهت طول آن بکشیم، مدول یانگ کدام است؟

۱) $E = \dfrac{\lambda}{2(\lambda+\mu)}$

۲) $E = \lambda + \dfrac{2}{3}\mu$

۳) $E = 3k\left(\dfrac{1-2\nu}{2+2\nu}\right)$

۴) $E = \dfrac{\mu(3\lambda+2\mu)}{(\lambda+\mu)}$

۴۱- کدام عبارت زیر در خصوص انتشار امواج لرزه‌ای در محیط همگن، ایزوتروپ و کشسان درست است؟

۱) فقط امواج لاو با پدیده پاشش همراه‌اند.

۲) امواج درونی و سطحی در حین انتشار با پدیدهٔ پاشش همراه‌اند.

۳) فقط امواج سطحی همراه با پاشش هستند چون طول موج بیشتری دارند.

۴) هیچ‌کدام از امواج لرزه‌ای با پاشش همراه نخواهد بود چون محیط همگن و ایزوتروپ است.

۴۲- شرایط مرزی حاکم در ناپیوستگی میان یک محیط جامد با محیط مایع کدام است؟

۱) پیوستگی فقط تنش‌های نرمال

۲) پیوستگی فقط جابجایی‌ها

۳) پیوستگی تنش‌های نرمال و جابجایی‌ها

۴) پیوستگی تنش‌های برشی و جابجایی‌ها

۴۳- امواج لاو از تداخل سازندهٔ امواج برش SH به وجود می‌آید و برای تشکیل آن وجود یک لایه کم‌سرعت بالای نیم‌فضا ضروری است. در مورد دامنهٔ نوسان ذرات محیط هنگام انتشار امواج لاو کدام مورد زیر صحیح است؟

۱) دامنهٔ نوسان ذرات به طور یکنواخت با افزایش عمق به صورت نمائی کاهش می‌یابد.

۲) دامنهٔ جابجایی ذرات هم در لایه کم‌سرعت و هم در نیم‌فضا به صورت نمائی با افزایش عمق تغییر می‌کند.

۳) دامنهٔ نوسان ذرات در لایه بالای نیم‌فضا مثل موج SH ثابت و در نیم‌فضا به صورت نمائی با افزایش عمق کاهش می‌یابد.

۴) دامنهٔ جابجایی ذرات در لایهٔ کم‌سرعت بالای نیم‌فضا با افزایش عمق به صورت کوسینوسی و در نیم‌فضا به صورت نمائی کاهشی با افزایش عمق تغییر می‌کند.

۴۴- شرایط مرزی لازم جهت انعکاس و انکسار امواج لرزه‌ای برخوردی به حد فاصل دو محیط جامد جامد (μ', μ) کدام است؟

۱) $u_۳ = u'_۳$ و $\tau_{۳۳} = \tau'_{۳۳}$

۲) $u_i = u'_i$ و $\tau_{۳i} = \tau'_{۳i}$

۳) $u_۲ = u'_۲ = ۰$ و $u_۳ = u'_۳$ ، $\tau_{۳۳} = \tau'_{۳۳}$

۴) $\tau_{۲۲} = \tau'_{۲۲} = ۰$ و $\tau_{۱۱} = \tau'_{۱۱}$ ، $\tau_{۳۳} = \tau'_{۳۳}$

۴۵- همهٔ موارد زیر در مورد مؤلفه‌های استرین صحیح است به جز:

۱) $\epsilon_{normal} = \dfrac{\partial u_i}{\partial x_i}$

۲) $\nabla.\vec{u} = \epsilon_{۱۱} + \epsilon_{۲۲} + \epsilon_{۳۳}$

۳) $\epsilon_{۳۲} = \dfrac{۱}{۲}\left(\dfrac{\partial u_۳}{\partial x_۲} - \dfrac{\partial u_۲}{\partial x_۳}\right)$

۴) $\epsilon_{normal} = \lim\limits_{\Delta S \to ۰} \dfrac{\Delta S' - \Delta S}{\Delta S}$ ؛ $\Delta S'$ تغییر طول یافته ΔS است.