

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

دفترچه شماره (۱)

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

سازمان سنجش آموزش کشور

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌متمرکز) - سال ۱۳۹۷

رشته ژئوفیزیک - زلزله‌شناسی (کد ۲۲۴۱)

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: فیزیک پایه ۱ و ۲ - زمین‌شناسی فیزیکی (عمومی) - فیلترهای دیجیتال - لرزه زمین‌ساخت - تئوری انتشار امواج کشسان	۴۵	۱	۴۵

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

این آزمون نمره منفی دارد.

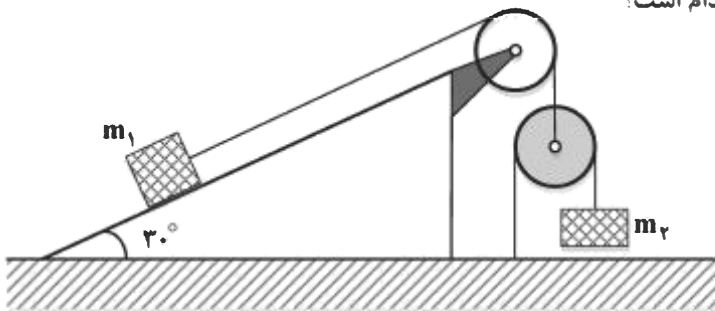
محل چسباندن تصویر و انتشار سؤالات به هر روشی (الکترونیکی و ...). پس از اتمام آزمون، بر روی آگهی، انتخابی حایلی و حاوی تنها با مجوز این سازمان مجاز می‌باشد و با متغییر کردن بر روی مقررات و آگهی می‌شود.

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

اینجانب با شماره داوطلبی در جلسه 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) $\frac{4}{5}g$

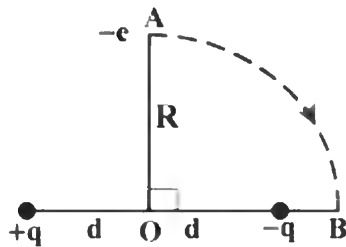
- ۲- ذره‌ای به جرم m_1 با سرعت v_1 به ذره دیگری به جرم $m_2 = 5m_1$ که در حال سکون است برخورد می‌کند. دو ذره پس از برخورد با هم حرکت می‌کنند. چه کسری از انرژی جنبشی اولیه در این برخورد تلف می‌شود؟

- (۱) $\frac{1}{6}$
(۲) $\frac{5}{11}$
(۳) $\frac{2}{3}$
(۴) $\frac{5}{6}$

- ۳- جسمی به جرم m با سرعت اولیه 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) $g e^{-\frac{kt}{m}}$
(۳) $g(\frac{kt}{m})$
(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؟



$$(1) \frac{eqd}{2\pi\epsilon (R^2 - d^2)}$$

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

$$(3) -\frac{eqd}{2\pi\epsilon} \left[\frac{d}{R^2 \sqrt{d^2 + R^2}} - \frac{1}{R^2 - d^2} \right]$$

$$(4) \frac{eqd}{2\pi\epsilon} \left[\frac{d}{R^2 \sqrt{d^2 + R^2}} - \frac{1}{R^2 - d^2} \right]$$

- ۵- قرصی رسانا به شعاع a با سرعت زاویه‌ای ω در یک میدان مغناطیسی ثابت B 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؟

$$(1) \omega a^2 B$$

$$(2) \frac{\omega a^2 B}{2}$$

$$(3) \frac{\omega a^2 B}{3}$$

$$(4) \frac{2\omega a^2 B}{3}$$

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

(۲) باتولینی

(۱) اندزیتی

(۴) گرابیتی

(۳) پردونیتی

- 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 فلدسپاتونیدها 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 ورقه‌ای قاره‌ای

(۴) فرورانش ورقه اقیانوسی به زیر قاره‌ای

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.

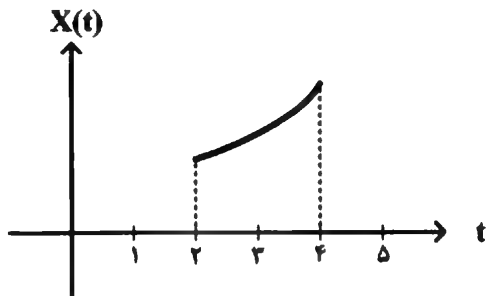
۱۰- ناپوستگی گوتنبرگ در کجا و در چه عمقی قرار دارد؟

- (۱) بین پوسته و گوشته - ۲۹۰۰ کیلومتر
- (۲) بین گوشته و هسته - ۲۹۰۰ کیلومتر
- (۳) بین پوسته بالایی و زیرین - ۳۵ کیلومتر
- (۴) بین هسته خارجی و داخلی - 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، ضابطه $x(t)$ 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) $e^t [u(t+4) - u(t-2)]$

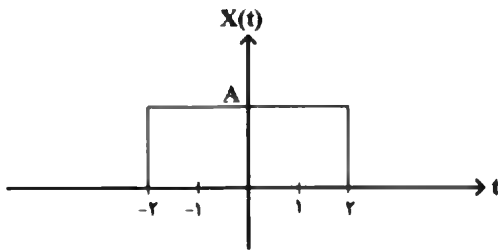
۱۳- پاسخ انتگرال $\int_{-\infty}^{+\infty} (t^2 + 4t + 5)\delta(t)dt$ کدام است؟

- (۱) $\frac{2}{3}$
- (۲) $\frac{7}{8}$
- (۳) ۵
- (۴) ۷

۱۴- دو سیگنال $x[n] = \{1, 2, 1, -2, -1\}$ و $y[n] = \{3, 4, 3, 0, -2\}$ 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) بیش افتادگی زمانی به اندازه ۳ نمونه
- (۲) تأخیر زمانی به اندازه ۲ نمونه
- (۳) تأخیر زمانی به اندازه ۳ نمونه
- (۴) همبستگی وجود ندارد.

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



$$\chi(f) = \frac{2A \sin 4\pi f}{f} \quad (1)$$

$$\chi(f) = 4A \sin 2\pi f \quad (2)$$

$$\chi(f) = 4A \sin 4\pi f \quad (3)$$

$$\chi(f) = 4A \sin 4\pi f \quad (4)$$

۱۶- رابطه بین سیگنال ورودی و خروجی سیستمی با ضابطه زیر تعریف شده است. در رابطه با خواص سیستم مذکور، کدام مورد درست است؟

(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 ، $na^n u[n]$ برابر با کدام است؟ (تبدیل z را با توان منفی n در نظر بگیرید)

$$u[n] \xrightarrow{z} \frac{1}{1-z^{-1}}$$

$$\frac{az}{1-az^{-1}} \quad (1)$$

$$\frac{az^{-1}}{(1-az^{-1})^2} \quad (2)$$

$$\frac{a^2 z^{-2}}{1-a^2 z^{-2}} \quad (3)$$

$$\frac{a^2 z^{-2}}{(1-a^2 z^{-1})^2} \quad (4)$$

۱۸- اگر تبدیل z سیگنال علی با $x[n]$ با $\chi(z) = \frac{1}{1 - \frac{3}{2}z^{-1} + \frac{1}{2}z^{-2}}$ برابر باشد، $x[n]$ کدام است؟ (تبدیل z را با توان منفی n در نظر بگیرید).

$$\frac{2^n + 1}{2^n} u[n] \quad (1)$$

$$\frac{2^n + 1}{2^n} u[n] \quad (2)$$

$$\frac{2^{n-1} - 1}{2^n} u[n] \quad (3)$$

$$\frac{2^{n+1} - 1}{2^n} u[n] \quad (4)$$

۱۹- در صورتی که 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 فوریه آن

کدام است؟

$$\frac{1}{2\pi - j2\pi x} \quad (۱)$$

$$\frac{2}{x} \sin(\pi x) \quad (۲)$$

$$\frac{1}{1 + j2\pi x} \quad (۳)$$

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

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

$$1 - e^2 e^1 \quad (۱)$$

$$e^1 e^2 (e^2 - 1) \quad (۲)$$

$$\frac{e^1 e^2}{e^2 - 1} \quad (۳)$$

$$\frac{e^2 + 1}{e^2 e^1} \quad (۴)$$

۲۱- اگر تبدیل فوریه $\phi(s)$ برابر $\int_{-\infty}^{+\infty} \phi(s) e^{-jxs} ds$ باشد، در صورتی که $\phi(s) = e^{-s} u(s)$ باشد، تبدیل فوریه آن

کدام است؟

$$\frac{1}{1 + jx} \quad (۱)$$

$$\frac{1}{1 + j2\pi x} \quad (۲)$$

$$\frac{2\pi}{1 + j2\pi x} \quad (۳)$$

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

۲۲- همبستگی دو تابع $h(t) = e^t u(t)$ و $f(t) = 1$ به طوری که $0 < t < 1$ باشد، کدام است؟

$$1 - e^{-1} \quad (۱)$$

$$e^{-1} (e - 1) \quad (۲)$$

$$\frac{(e - 1)}{e^{-1}} \quad (۳)$$

$$\frac{e^{-1}}{(e - 1)} \quad (۴)$$

- ۲۳- حاصل $(1-t)e^{-1} + 1$ کدام است؟
 (۱) $\delta(1)$
 (۲) $\sin 2t$
 (۳) $\cos 2t$
 (۴) $(1-t)e^{-1} + 1$
- ۲۴- در گسلش زمین لرزه‌ای، بزرگی زمین لرزه‌ها تابع کدام مورد است؟
 (۱) طول گسل، تعداد تنشگاه‌ها، مقاومت سد جنبشی
 (۲) مساحت صفحه شکست، تعداد تنشگاه‌ها، مقاومت برشی
 (۳) مساحت صفحه 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 فرورائش، پشته‌های میان اقیانوسی، زون‌های برخورد قاره‌ای
 (۲) زون‌های فرورائش، زون‌های برخورد قاره‌ای، پشته‌های میان اقیانوسی
 (۳) پشته‌های میان اقیانوسی، زون‌های فرورائش، زون‌های برخورد قاره‌ای
 (۴) پشته‌های میان اقیانوسی، زون‌های برخورد قاره‌ای، زون‌های فرورائش
- ۲۶- در مورد گسل شمال تبریز، کدام عبارت صحیح است؟
 (۱) دارای سازوکار فشاری است.
 (۲) دارای سازوکار امتداد لغز چپ‌گرد است.
 (۳) دارای سابقه کلان زمین‌لرزه‌های دستگاهی است.
 (۴) دارای سابقه کلان زمین‌لرزه‌های تاریخی است.
- ۲۷- در زون فرورائش مکران (جنوب شرق ایران و جنوب پاکستان) کدام صفحه زمین ساختی زیر رانده می‌شود؟
 (۱) اوراسیا
 (۲) آفریقا
 (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 زمین ساختی
 (۴) با وجود سازندهای شکل‌پذیر
- ۲۹- در زون‌های برشی راست‌گرد، شکستگی‌های R و R' با گسل اصلی، به ترتیب چه زاویه‌ای می‌سازند و حالت لغزش آن‌ها چگونه است؟
 (۱) حدود 10° درجه چپ‌گرد و 70° درجه راست‌گرد
 (۲) حدود 15° درجه راست‌گرد و 75° درجه چپ‌گرد
 (۳) حدود 60° درجه راست‌گرد و 15° درجه چپ‌گرد
 (۴) حدود 70° درجه راست‌گرد و 10° درجه چپ‌گرد

۳۰- سازوکار غالب کلان زمین لرزه های ۱۹۷۸ طیس، ۱۹۹۰ رودبار و ۲۰۰۳ بم، به ترتیب چگونه است؟

- (۱) امتداد لغز راست گرد، معکوس، امتداد لغز چپ گرد
- (۲) امتداد لغز چپ گرد، امتداد لغز راست گرد، نرمال
- (۳) معکوس، امتداد لغز چپ گرد، امتداد لغز راست گرد
- (۴) نرمال، امتداد لغز چپ گرد، امتداد لغز راست گرد

۳۱- محتمل ترین عامل رویداد زمین لرزه های 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 دریاچه پشت آن

۳۲- از مفاهیم کاف لرزه ای (seismic gap) و زمین لرزه سرشتی (characteristic earthquake) به ترتیب برای

کدام مورد بهره گرفته می شود؟

- (۱) تعیین چشمه بالقوه زمین لرزه، بیشینه بزرگی
- (۲) بیشینه بزرگی، تعیین چشمه بالقوه زمین لرزه
- (۳) بیشینه بزرگی، شناسایی مکان های با لغزش پایدار
- (۴) شناسایی مکان های با لغزش بی لرزه، تعیین چشمه بالقوه زمین لرزه

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

- (۱) در عمیق ترین بخش گسل و لغزش بی لرزه را موجب می شود.
- (۲) در کم عمق ترین بخش گسل و لغزش بی لرزه را موجب می شود.
- (۳) در عمق ۱۵ کیلومتری زون گسلی و موجب لغزش اصطکاکی می شود.
- (۴) در عمق ۵ تا ۱۰ کیلومتری زون گسلی و موجب لغزش اصطکاکی بالا می شود.

۳۴- در اجسام جامد پوآسونی که نسبت پوآسون برابر ۰/۲۵ است، نسبت سرعت انتشار موج P به سرعت انتشار موج

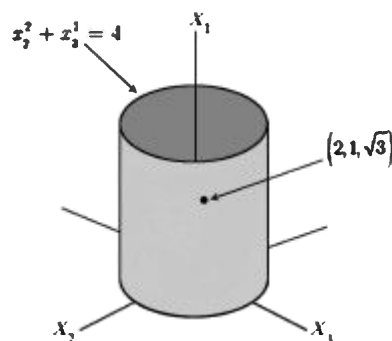
S کدام است؟

- (۱) $\sqrt{3}$
- (۲) $2\sqrt{3}$
- (۳) ۳
- (۴) ۶

۳۵- چنانچه تانسور تنش به صورت زیر تعریف شده باشد، بردار تنش در نقطه $(2, 1, \sqrt{3})$ بر روی صفحه تخت مماس

بر استوانه $x_1^2 + x_2^2 = 4$ کدام است؟

$$\begin{vmatrix} 3x_1x_2 & 5x_1^2 & 0 \\ 5x_1^2 & 0 & 2x_3 \\ 0 & 2x_3 & 0 \end{vmatrix}$$



(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 دامنه موج تابشی برابر A باشد، بزرگی دامنه نوسان ذره در سطح زمین به اندازه ۲A می باشد.
- (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 دامنه آن با بزرگی دامنه موج تابشی برابر است.
- (۴) همه موارد صحیح است.

۳۷- با تعریف پتانسیل‌های جابجایی ϕ و ψ ، میزان جابجایی ناشی از تنش نرمال و برشی به ترتیب از چه روابطی به دست می آید؟

$$(۱) \nabla \cdot \psi \text{ و } \nabla \times d$$

$$(۲) \nabla \times \psi \text{ و } \nabla \phi$$

$$(۳) \nabla \cdot \phi \text{ و } \nabla \times \psi$$

$$(۴) \nabla \times \phi \text{ و } \nabla \psi$$

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

$$(۲) u_3 = \phi_{,3} + \psi_{,1}$$

$$(۴) u_3 = \phi_{,3} - \psi_{,1}$$

$$(۱) u_1 = \phi_{,1} + \psi_{,3}$$

$$(۳) u_1 = \phi_{,3} - \psi_{,1}$$

۳۹- تانسور استرس‌های انحرافی کدام است؟

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

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

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

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

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

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

$$(۲) E = \lambda + \frac{2}{3}\mu$$

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

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



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

- (۱) فقط امواج لای با پدیده پاشش همراه اند.
- (۲) امواج درونی و سطحی در حین انتشار با پدیده پاشش همراه اند.
- (۳) فقط امواج سطحی همراه با پاشش هستند چون طول موج بیشتری دارند.
- (۴) هیچ کدام 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 سازنده امواج برش SH به وجود می‌آید و برای تشکیل آن وجود یک لایه کم‌سرعت بالای نیم‌فضا ضروری است. در مورد دامنه نوسان ذرات محیط هنگام انتشار امواج لاو کدام مورد زیر صحیح است؟

- (۱) دامنه نوسان ذرات به طور یکنواخت با افزایش عمق به صورت نمایی کاهش می‌یابد.
 (۲) دامنه جابجایی ذرات هم در لایه کم‌سرعت و هم در نیم‌فضا به صورت نمایی با افزایش عمق تغییر می‌کند.
 (۳) دامنه نوسان ذرات در لایه بالای نیم‌فضا مثل موج SH ثابت و در نیم‌فضا به صورت نمایی با افزایش عمق کاهش می‌یابد.

(۴) دامنه جابجایی ذرات در لایه کم‌سرعت بالای نیم‌فضا با افزایش عمق به صورت کوسینوسی و در نیم‌فضا به صورت نمایی 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؟

$$u_r = u'_r \text{ و } \tau_{rr} = \tau'_{rr} \quad (۱)$$

$$u_i = u'_i \text{ و } \tau_{ri} = \tau'_{ri} \quad (۲)$$

$$u_r = u'_r = 0 \text{ و } u_r = u'_r, \tau_{rr} = \tau'_{rr} \quad (۳)$$

$$\tau_{rr} = \tau'_{rr} = 0 \text{ و } \tau_{ri} = \tau'_{ri}, \tau_{rr} = \tau'_{rr} \quad (۴)$$

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

$$\epsilon_{normal} = \frac{\partial u_j}{\partial x_j} \quad (۱)$$

$$\nabla \cdot \vec{u} = \epsilon_{11} + \epsilon_{22} + \epsilon_{33} \quad (۲)$$

$$\epsilon_{rr} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_r}{\partial x_r} + \frac{\partial u_r}{\partial x_r} \right) \quad (۳)$$

$$\epsilon_{normal} = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta S' - \Delta S}{\Delta S} \quad (۴)$$

تغییر طول یافته $\Delta S'$ ، ϵ_{normal} است.

