نام و نام خانوادگی:

زمان برگزاری: ۹۰ دقیقه

نام آزمون: فیزیک دوازدهم آزمون جامع (تشریحی)

تاریخ آزمون:

سید بهروز پرتوی

۱ توپی به جرم $0/4kg$ با تندی $10\frac{m}{s}$ به بازیکنی نزدیک می‌شود. بازیکن با مشت به توپ ضربه می‌زند و باعث می‌شود توپ با تندی $15\frac{m}{s}$ در جهت مخالف برگردد. اگر مشت بازیکن $0/05s$ با توپ در تماس باشد، اندازهٔ نیروی متوسط وارد بر توپ از طرف مشت بازیکن را حساب کنید.

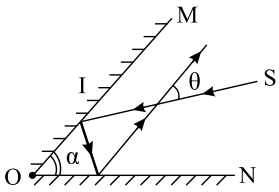
۲ توپی به جرم $0/5kg$ با انرژی جنبشی به اندازه $400J$ در حرکت است. بزرگی تکانهٔ این توپ را حساب کنید.

۳ دورهٔ تناوب آونگ ساده‌ای به طول $0/2m$ در مکانی که $g = 9/80\frac{m}{s^2}$ است، چند ثانیه است؟ ($\pi \simeq 3$)

۴ اگر الکترون در اتم هیدروژن در تراز $n = 3$ باشد، بیشترین بسامدی که این الکترون می‌تواند تابش کند چند برابر کمترین بسامد تابشی توسط این الکترون است؟

۵ از سطحِ کره‌ای به شعاع $50cm$ در هر دقیقه $3/6J$ انرژی الکترومغناطیسی گسیل می‌شود. شدت تابشی آن در SI چند W/m^2 است؟ ($\pi \simeq 3$)(شدت تابشی مقدار انرژی‌ای است که در $1s$ از $1m^2$ سطح یک جسم تابش شود.)

۶ دو آینهٔ تخت OM و ON مطابق شکل با یکدیگر زاویهٔ α می‌سازند. باریکهٔ نور S بعد از بازتابش از آینه‌هایِ OM و ON با راستای اولیّه خود زاویهٔ θ می‌سازد.

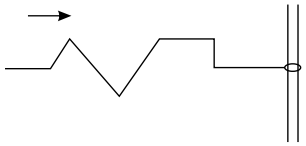


الف θ را بر حسب α بیابید.

ب اگر زاویهٔ α، 15° افزایش یابد، θ چند درجه و چگونه تغییر می‌کند؟ (فرض کنید که در ابتدا $\alpha < 90$)

۷ منظور از وارونی جمعیت در گسیل القایی هنگام ایجاد باریکهٔ لیزر چیست؟

۸ تپی مانند شکل زیر در طنابی در حال انتشار است. شکل این تپ را در بازگشت از مانع نرم (انتهای آزاد) رسم کنید.



۹ در جمله‌های زیر، جاهای خالی را با کلمات مناسب پرکنید.

الف در حرکت بر روی خط راست و بدون تغییر جهت، مسافت با ..... هم‌اندازه است.

ب شتاب متوسط، کمیتی برداری و هم‌جهت با بردار ..... می‌باشد.

پ در حرکت ..... ، سرعت متوسط متحرک در هر بازهٔ زمانی دلخواه، با سرعت لحظه‌ای آن برابر است.

ت بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت ..... است.

ث شیب خطِ مماس بر نمودار سرعت - زمان، برابر ..... متحرک است.

۱۰ در اتم هیدروژن، بلندترین طول موج در رشته بالمر $(n' = 2)$ چند نانومتر است؟ $(R = 0/01\ (nm)^{-1})$

۱۱ جسمی را با سرعت $v_{\circ}$ روی یک سطح افقی که ضریب اصطکاک آن با جسم μ است پرتاب می‌کنیم.

الف) پس از چه مدتی جسم متوقف می‌شود؟

ب) پس از طی چه مسافتی جسم می‌ایستد؟

پ) اگر جرم جسم و سرعت اولیه هر یک، ۲ برابر شوند، پاسخ قسمت‌های الف و ب هر یک چگونه تغییر می‌کنند؟

۱۲ در شکل روبه‌رو وقتی وزنهٔ $۴٫۰kg$ را به فنر آویزان می‌کنیم، در حالت تعادل طول فنر $۱۴٫۰cm$ می‌شود، وقتی وزنهٔ $۵٫۰kg$ را به فنر آویزان می‌کنیم، در حالت تعادل طول فنر $۱۵٫۰\ cm$ می‌شود.الف) ثابت فنر چقدر است؟

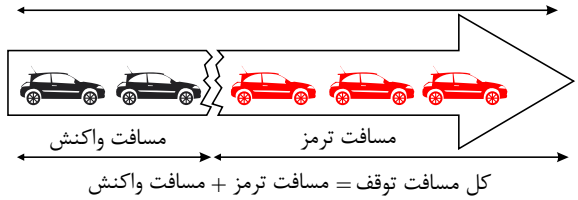
ب) طول عادی فنر (بدون وزنه) چند سانتی‌متر است؟

۱۳ برای یک راننده دانستن کل مسافت توقف خودرو اهمیت دارد. همان‌طور که شکل نشان می‌دهد کل مسافت توقف، دو قسمت دارد مسافت واکنش (مسافتی که خودرو از لحظهٔ دیدن مانع تا ترمز گرفتن طی می‌کند) و مسافت ترمز (مسافتی که خودرو از لحظهٔ ترمز گرفتن تا توقف کامل طی می‌کند). الف) دو عامل مؤثر در مسافت واکنش را بنویسید.

ب) زمان واکنش راننده‌ای $۰٫۶۰s$ است. در طی این زمان، خودرو مسافت $۱۸m$ را طی می‌کند. با فرض ثابت بودن سرعت در این مدت، اندازهٔ آن را حساب کنید.

پ) اگر در این سرعت راننده ترمز کند و خودرو پس از $۵٫۰\ s$ متوقف شود، مسافت ترمز و شتاب خودرو را حساب کنید.

ت) وقتی خودرو ترمز می‌کند، نیروی خالص وارد بر آن چقدر است؟ جرم خودرو را $۱۵۰۰\ kg$ فرض کنید.



۱۴ مکان جسمی برحسب زمان برحسب یکاهای SI به‌صورت زیر به‌دست می‌آید: (حرکت جسم در لحظه صفر آغاز شده است.)

$$x = ۱٫۵t^{۳} - t + ۲٫۵$$

الف) سرعت متوسط جسم در دو ثانیهٔ اول حرکت چقدر است؟

ب) سرعت متوسط جسم از لحظهٔ $t = ۲s$ تا چه لحظه‌ای برابر ۷۷ متر بر ثانیه است؟

۱۵ رابطهٔ مکان و زمان متحرکی برحسب یکاهای SI به‌صورت زیر است:

$$x = ۴t^{۲} - ۱۲t + ۱۳$$

در محدودهٔ زمانی $t_{۱} = ۱s$ تا $t_{۲} = ۴s$ الف) جابه‌جایی ب) مسافت پیموده‌شدهٔ متحرک را به‌دست آورید؟

۱۶ عنصر رادیواکتیو $^{۲۳۸}_{۹۲}U$ ضمن تابش ۸ ذرهٔ آلفا و ۶ ذرهٔ بتا (الکترون) به عنصر $^{A}_{Z}X$ تبدیل شده است. پس از نوشتن واکنش، مقادیر Z و A را محاسبه کنید.

۱۷ اگر انرژی یک نوسانگر $۲۵J$ باشد، در صورتی‌که دامنهٔ آن ۲ برابر و دورهٔ تناوب آن ۵ برابر شود انرژی آن چند ژول خواهد شد؟

۱۸ الف) شتاب گرانشی ناشی از خورشید در سطح زمین چقدر است؟

ب) شتاب گرانشی ناشی از ماه در سطح زمین چقدر است؟

$$M_{\text{خورشید}} = ۱٫۹۹ \times ۱۰^{۳۰}kg \ , \ M_{\text{ماه}} = ۷٫۳۶ \times ۱۰^{۲۲}kg$$

$$\text{فاصلهٔ زمین تا خورشید} = ۱۴۹٫۶ \times ۱۰^{۶}km$$

$$\text{فاصلهٔ زمین تا ماه} = ۳٫۸۴ \times ۱۰^{۵}km$$

۱۹ وقتی عدد اتمی افزایش می‌یابد، عناصرِ داخل هسته، برای پایدار ماندن چه تغییری می‌کنند؟

۲۰ پس از گذشت ۱۰۰ روز، تعداد هسته‌های پرتوزای یک نمونه، به $\frac{۱}{۱۶}$ تعداد موجود در آغاز کاهش یافته است. نیمه عمر این ماده چند روز است؟

پاسخ‌نامه تشریحی

۱ نیروی متوسط موثر وارد بر توپ برابر است با آهنگ تغییر تکانهٔ توپ. یعنی:

$$F_{av}=\frac{\Delta p}{\Delta t}=\frac{m(\Delta v)}{\Delta t}$$
$$|F_{av}|=\left|\frac{۰/۴\times(-۱۵-۱۰)}{۰/۰۵}\right|$$
$$|F_{av}|=۲۰۰N$$

۲

$$K=\frac{p^۲}{۲m}\Rightarrow ۴۰۰=\frac{p^۲}{۲\times ۰/۵}\Rightarrow P=۲۰kg\cdot m/s$$

۳

$$T=۲\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$
$$T=۲\pi\sqrt{\frac{۰/۲}{۹/۸}}=\frac{۶}{۷}s$$

۴

می‌دانیم هرچه الکترون به ترازهای انرژی پایین‌تر سقوط کند، انرژی و درنتیجه بسامد فوتون تابش‌شده بیشتر خواهد بود، بنابراین از : $n=۳$ به $n=۱$ بیشترین بسامد و از $n=۳$ به $n=۲$ کمترین بسامد را فوتون تابشی خواهد داشت.

$$E=hf=h\frac{c}{\lambda}\rightarrow f\propto\frac{۱}{\lambda}\rightarrow\frac{f_{max}}{f_{min}}=\frac{\frac{۱}{\lambda_{min}}}{\frac{۱}{\lambda_{max}}}$$
$$\rightarrow\frac{f_{max}}{f_{min}}=\frac{R(\frac{۱}{۱^۲}-\frac{۱}{۳^۲})}{R(\frac{۱}{۲^۲}-\frac{۱}{۳^۲})}=\frac{\frac{۸}{۹}}{\frac{۵}{۳۶}}=\frac{\cancel{۳۶}^{۴}\times ۸}{\cancel{۹}_{۱}\times ۵}=\frac{۳۲}{۵}=۶/۴$$

توجه: می‌دانیم الکترونی که در مدار $n=۳$ است با گذار به ترازهای انرژی پایین‌تر، تابش می‌کند و هرچه به لایه‌های پایین گذار انجام پذیرد، انرژی و درنتیجه بسامد فوتون تابشی بیشتر است.

پس:

$$if: n_۱=۳\rightarrow n_۲=۱\Rightarrow E=E_{max}\ \text{و}\ f=f_{max}\ \text{و}\ \lambda=\lambda_{min}$$
$$if: n_۱=۳\rightarrow n_۲=۲\Rightarrow E=E_{min}\ \text{و}\ f=f_{min}\ \text{و}\ \lambda=\lambda_{max}$$

۵ طبق تعریف ارائه‌شده از شدت تابشی در متن سؤال شدت تابشی را به شکل زیر می‌توان نوشت:

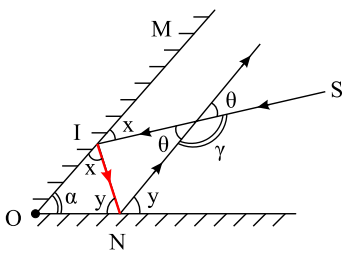
$$\begin{cases}A=\text{مساحت سطح کره}=۴\pi R^۲=۴\times ۳\times(\frac{۱}{۲})^۲=\frac{۱۲}{۴}=۳m^۲\\ I=\frac{E}{A\cdot t}=\frac{۳/۶}{۳\times ۶۰}=۰/۰۲W/m^۲\end{cases}$$

توجه: یکای شدت تابشی:

$$I=\frac{E}{At}=\frac{(\frac{E}{t})}{A}=\frac{P}{A}(W/m^۲)$$

۶

الف



$$\overset{\Delta}{OMN}\ :\ x+y+\alpha=۱۸۰^\circ\ :\ (x+y)=\boxed{۱۸۰^\circ-\alpha}\quad(۱)$$
$$\overset{\Delta}{MNI}\ :\ \theta+(۱۸۰-۲x)+(۱۸۰-۲y)=۱۸۰^\circ\rightarrow\theta=۲x+۲y-۱۸۰^\circ$$
$$\rightarrow\boxed{\theta=۲(x+y)-۱۸۰^\circ}\quad(۲)$$
$$\xrightarrow{(۱)\ ,\ (۲)}\theta=۲(۱۸۰^\circ-\alpha)-۱۸۰^\circ=۱۸۰^\circ-۲\alpha\Rightarrow\boxed{\theta=۱۸۰^\circ-۲\alpha}\quad,۵=۲\alpha$$

ب

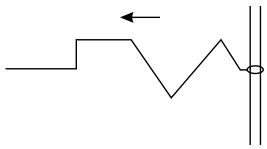
اگر زاویهٔ α، ۱۵° افزایش یابد:

$$\begin{cases}\theta_1 = 180^\circ - 2\alpha_1 \\ \theta_2 = 180^\circ - 2(\alpha_1 + 15^\circ) = \underbrace{180^\circ - 2\alpha_1}_{\theta_1} - 30^\circ \Rightarrow \boxed{\theta_2 = \theta_1 - 30^\circ}\end{cases}$$ θ، 30° کاهش می‌یابد.

۷ می‌دانیم در گسیل القایی توسط یک چشمهٔ خارجی مناسب (از جمله درخش‌های شدید نور معمولی یا تخلیه‌های ولتاژ بالا) می‌توان الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کرد. اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد. به این پدیده اصطلاحاً وارونی جمعیت گفته می‌شود.

وارونی جمعیت الکترون‌ها در یک محیط لیزری، مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه پایدار: (Metastable) نسبت به تراز پایین‌تر بسیار بیشتر باشند.

۸ شکل موج بازتابیده از مانع نرم به‌گونه‌ای است که گویی قرینهٔ موج تابیده نسبت به میلهٔ اتصال ترسیم می‌شود (تصویر آینه‌ای موج)، پس:



۹

الف جابه‌جایی

ب تغییر سرعت

پ با سرعت ثابت (یکنواخت)

ت مماس

ث شتاب لحظه‌ای

۱۰ بلندترین طول موج مربوط به $n' = n' + 1$ بوده که در اینجا $n = 3$ می‌شود.

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100}(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}) \Rightarrow \lambda = 720\ nm$$

۱۱ پس از پرتاب تنها نیروی مؤثر وارد بر جسم، نیروی اصطکاک جنبشی است. بنابراین با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

الف)

$$-f_k = ma \Rightarrow -\mu_k mg = ma \Rightarrow a = -\mu_k g$$

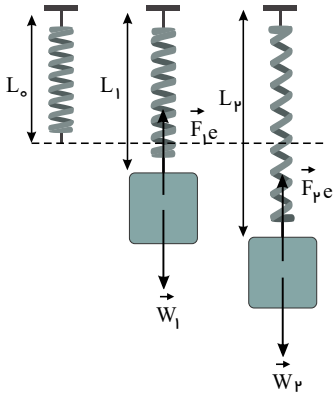
$$v = at + v_\circ \xrightarrow{v=\circ} t = \frac{v_\circ}{-a} = \frac{v_\circ}{\mu_k g}$$

ب)

$$v^2 - v_\circ^2 = 2a\Delta x \xrightarrow{v=\circ} \Delta x = -\frac{v_\circ^2}{2a} = \frac{-v_\circ^2}{-2\mu_k g} \Rightarrow \Delta x = \frac{v_\circ^2}{2\mu_k g}$$

پ) اگر جرم جسم تغییر کند، مسافت تا توقف، زمان توقف و شتاب حرکت تغییر نمی‌کند. اما با دو برابر شدن سرعت اولیهٔ پرتاب، مسافت طی شده تا توقف چهار برابر و زمان توقف دو برابر می‌شود.

۱۲ **الف)**



$$F_{1e} = m_1 g \to k(L_1 - L_\circ) = m_1 g\ (1)$$

$$F_{2e} = m_2 g \to k(L_2 - L_\circ) = m_2 g\ \ (2)$$

$$(m_2 - m_1)g = k(L_2 - L_1)$$

$$\to k = \frac{(m_2 - m_1)g}{(L_2 - L_1)}$$

$$\to k = \frac{(5kg - 4kg) \times 9{,}8N/kg}{(15cm - 14cm)} = 9{,}8N/cm$$

ب)

$$k(L_1 - L_\circ) = m_1 g \to 9{,}8(N/cm)\,(14cm - L_\circ) = 4kg \times 9{,}8N/kg \to L_\circ = 10cm$$

روش دوم در تعیین ثابت فنر، به صورت زیر نیز می‌توان عمل کرد:

$$\Delta F_e = k\Delta l \xrightarrow[\Delta f_e = (\Delta m)g]{\Delta l = l_2 - l_1} \to k = \frac{(\Delta m)g}{\Delta l}k = \frac{1 \times 9{,}8}{1} \to k = 9{,}8\frac{N}{cm}$$

۱۳ الف) زمان واکنش و تندی خودرو

ب)

$$\Delta x = vt \rightarrow ۱۸m = v \times ۰/۶s \rightarrow v = ۳۰m/s$$

پ)

$$x = (\frac{v + v_۰}{۲})t = (\frac{۰ + ۳۰}{۲}) \times ۵ = ۷۵m$$

$$a = \frac{v - v_۰}{t} = \frac{۰ - ۳۰}{۵} \rightarrow a = -۶m/s^۲$$

ت)

$$F_{net} = ma \rightarrow F_{net} = ۱۵۰۰ \times (-۶) \rightarrow F_{net} = -۹۰۰۰N$$

۱۴ الف)

$$\begin{cases} t_۱ = ۰s \Rightarrow x_۱ = ۲/۵m \\ t_۲ = ۲s \Rightarrow x_۲ = ۱/۵ \times ۲^۳ - ۲ + ۲/۵ = ۱۲/۵m \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_{av} = \frac{x_۲ - x_۱}{t_۲ - t_۱} = \frac{۱۲/۵ - ۲/۵}{۲ - ۰} = \frac{۱۰}{۲} = ۵m/s$$

ب) لحظهٔ مورد نظر را T فرض می‌کنیم.

$$\begin{cases} t_۱ = ۲s \Rightarrow x_۲ = ۱/۵ \times ۲^۳ - ۲ + ۲/۵ \\ t_۲ = T \Rightarrow x_۲ = ۱/۵T^۲ - T + ۲/۵ \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_{av} = \frac{x_۲ - x_۱}{t_۲ - t_۱} = \frac{(۱/۵T^۲ - T + ۲/۵) - (۱/۵ \times ۲^۳ - ۲ + ۲/۵)}{T - ۲}$$

$$\Rightarrow v_{av} = \frac{۱/۵(T^۳ - ۲^۳) - (T - ۲)}{T - ۲} = \frac{۱/۵(T - ۲)(T^۲ + ۲T + ۴) - (T - ۲)}{T - ۲}$$

$$= ۱/۵(T^۲ + ۲T + ۴) - ۱ = ۱/۵T^۲ + ۳T + ۵$$

$$\xrightarrow{v_{av} = ۷۷} ۱/۵T^۲ + ۳T + ۵ = ۷۷ \Rightarrow ۱/۵T^۲ + ۳T - ۷۲ = ۰$$

$$\Rightarrow T^۲ + ۲T - ۴۸ = ۰ \Rightarrow (T + ۸)(T - ۶) = ۰ \Rightarrow \begin{cases} T = -۸s \\ T = ۶s \end{cases}$$ قابل قبول نیست.

۱۵ الف)

$$\begin{cases} t_۱ = ۱s \Rightarrow x_۱ = ۴ \times ۱^۲ - ۱۲ \times ۱ + ۱۳ = ۵m \\ t_۲ = ۴s \Rightarrow x_۲ = ۴ \times ۴^۲ - ۱۲ \times ۴ + ۱۳ = ۲۹m \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta x = x_۲ - x_۱ = ۲۹m - ۵m = ۲۴m$$

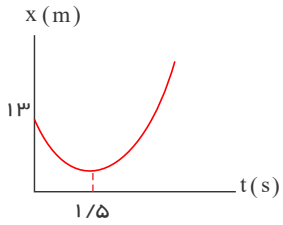
ب) بررسی می‌کنیم که متحرک در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۱s$ تا $t_۲ = ۴s$ تغییر جهت داشته است یا خیر.

رابطهٔ مکان - زمان را به‌صورت زیر تغییر می‌دهیم:

$$x = ۴t^۲ - ۱۲t + ۱۳ = (۴t^۲ - ۱۲t + ۹) + ۴ = (۲t - ۳)^۲ + ۴$$

با توجّه به رابطهٔ مکان - زمان، نمودار مکان - زمان متحرک به شکل fi است. مشاهده می‌شود که متحرک در لحظهٔ $t_M = ۱/۵s$ تغییر جهت می‌دهد. پس برای محاسبهٔ مسافت پیموده‌شده در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۱s$ تا $t_۲ = ۴s$ باید ابتدا مکان متحرک در لحظهٔ $t_M = ۱/۵s$ را به‌دست آوریم.

$$t_M = ۱/۵s \Rightarrow x_M = ۴ \times ۱/۵^۲ - ۱۲ \times ۱/۵ + ۱۳ = ۴m$$



این متحرک در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۱s$ تا $t_۲ = ۴s$ ابتدا از مکان $x_۱ = ۵m$ در یک سو به مکان $x_M = ۴m$ رفته و مسافت $|x_M = x_۱| = ۱m$ متر را می‌پیماید، سپس از مکان $x_M = ۴m$ در یک سو به مکان $x_۲ = ۲۹m$ رفته و مسافت $|x_۲ - x_M| = ۲۵m$ متر را می‌پیماید. بنابراین، متحرک در این بازهٔ زمانی در مجموع مسافت $۲۵m + ۱m = ۲۶m$ را پیموده است.

۱۶ تعداد نوکلئون‌ها در طی فرایند واپاشی هسته‌ای پایسته است.

$$^{۲۳۸}_{۹۲}U \rightarrow ^{۴}_{۲}He^{۲+} + ^{۰}_{۱}e^{-} + ^{A}_{Z}X$$

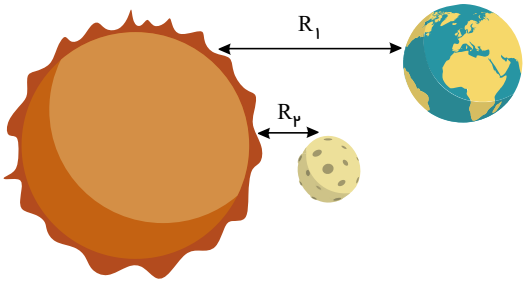
$$\begin{cases} ۲۳۸ = ۸ \times ۴ + ۶ \times ۰ + A \Rightarrow A = ۲۰۶ \\ ۹۲ = ۱۶ + ۶ \times (-۱) + Z \Rightarrow Z = ۸۲ \end{cases}$$

۱۷ با توجه به رابطهٔ $E=\frac{۱}{۲}mA^۲\omega^۲$ نسبت انرژی‌ها به‌صورت زیر است:

$$\frac{E_۲}{E_۱}=\frac{A_۲^۲}{A_۱^۲}\times\frac{\omega_۲^۲}{\omega_۱^۲}\xrightarrow{\omega=\frac{۲\pi}{T}}\frac{E_۲}{E_۱}=(\frac{A_۲}{A_۱})^۲\times(\frac{T_۱}{T_۲})^۲$$

$$\xrightarrow{A_۲=۲A_۱\ ,\ T_۲=۵T_۱}\frac{E_۲}{E_۱}=۴\times\frac{۱}{۲۵}=\frac{۴}{۲۵}\xrightarrow{E_۱=۲۵J}\boxed{E_۲=۴J}$$

۱۸ الف)



$$g_{R_{e۱}}=\frac{GM_s}{R_۱^۲}=\frac{۶٫۶۷\times۱۰^{-۱۱}N\cdot m^۲/kg^۲\times۱٫۹۹\times۱۰^{۳۰}kg}{(۱۴۹٫۶\times۱۰^۶\times۱۰^۳m)^۲}$$

$$g_{R_{e۱}}=۵٫۹۳\times۱۰^{-۳}N/kg$$

ب)

$$g_{R_{e۲}}=\frac{GM_m}{R_۲^۲}=\frac{۶٫۶۷\times۱۰^{-۱۱}N\cdot m^۲/kg^۲\times۷٫۳۶\times۱۰^{۲۲}kg}{(۳٫۸۴\times۱۰^۵\times۱۰^۳m)^۲}=۳٫۳۳\times۱۰^{-۵}N/kg$$

۱۹ تعداد نوترون‌ها در هسته افزایش می‌یابد.

۲۰

$$N=\frac{N_۰}{۲^n}\to N=\frac{N_۰}{۱۶}=\frac{N_۰}{۲^۴}\to n=۴$$

$$n=\frac{t}{T}\to T=\frac{۱۰۰}{۴}=۲۵\ \text{روز}$$