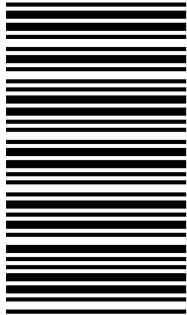


کد کنترل

911

A



911A

عصر پنجشنبه

۱۴۰۳/۱۲/۰۲



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

«علم و تحقیق، کلید پیشرفت کشور است.»  
مقام معظم رهبری

دفترچه شماره ۳ از ۳

آزمون ورودی دوره‌های دکتری (نیمه‌متمرکز) - سال ۱۴۰۴  
مهندسی هسته‌ای (کد ۲۳۶۵)

مدت زمان پاسخگویی: ۱۳۵ دقیقه

تعداد سؤال: ۱۲۵ سؤال

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤال‌ها

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	تا شماره
۱	حفاظت در برابر اشعه	۱۵	۱	۱۵
۲	ریاضیات مهندسی	۱۰	۱۶	۲۵
۳	آشکارسازی - محاسبات ترابرد پرتوها	۲۰	۲۶	۴۵
۴	محاسبات عددی پیشرفته - فیزیک راکتور - تکنولوژی نیروگاه‌های هسته‌ای	۳۰	۴۶	۷۵
۵	رادیوایزوتوپ‌ها و کاربرد آنها - آشکارسازی و دوزیمتری - دستگاه‌های پرتو پزشکی	۳۰	۷۶	۱۰۵
۶	گداخت	۲۰	۱۰۶	۱۲۵

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

این آزمون نمره منفی دارد.

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 کادر زیر، به منزله عدم حضور شما در جلسه آزمون است.

اینجانب ..... با شماره داوطلبی ..... با آگاهی کامل، یکسان بودن شماره صندلی خود با شماره داوطلبی مندرج در بالای کارت ورود به جلسه، بالای پاسخنامه و دفترچه سؤالات، نوع و کدکنترل درج شده بر روی جلد دفترچه سؤالات و پایین پاسخنامه‌ام را تأیید می‌نمایم.

امضا:

حفاظت در برابر اشعه:

۱- جهت حفاظت‌سازی در مقابل ذرات باردار، کدام یک از موارد زیر به ترتیب لایه اول و دوم مناسب تر است؟

(۱) سرب - شیشه

(۲) آلومینیم - سرب

(۳) سرب - سرب

(۴) شیشه - آلومینیم

۲- در کدام وضعیت زیر، امکان استفاده از اتاقک یونش برای سنجش کمیت پرتودهی وجود ندارد؟

(۱) شتاب‌دهنده‌های خطی درمانی با انرژی بالاتر از ۶MV

(۲) پزشکی هسته‌ای با تکنسیوم - ۹۹ m

(۳) رادیوگرافی صنعتی با ایریدیوم - ۱۹۲

(۴) براکی‌تراپی با  $^{125}I$

۳- حساس‌ترین شاخص زیست‌شناختی در بیش - پرتوگیری‌های حاد، چیست؟

(۱) سرخ‌شدگی پوست

(۲) بالا رفتن محسوس دمای بدن

(۳) تهوع و استفراغ

(۴) تغییر در گلبول‌های خونی

۴- کدام مورد، در خصوص ضریب انباشت درست است؟

(۱) با کاهش ضخامت حفاظ، کاهش می‌یابد.

(۲) با افزایش انرژی پرتو، به صورت نمایی کاهش می‌یابد.

(۳) با افزایش ضخامت حفاظ، به صورت خطی افزایش می‌یابد.

(۴) به انرژی فوتون فرودی و ضخامت حفاظ بستگی دارد و تقریباً مستقل از جنس حفاظ است.

۵- کدام مورد، در خصوص CSDA (تقریب کندسازی پیوسته) برای محاسبه برد ذره باردار درست نیست؟

(۱) برای ذره باردار با انرژی  $T_0$ ، از رابطه  $\int_{T_0}^{\infty} \frac{dT}{(-dT/dS)}$  به دست می‌آید.

(۲) بیانگر مسافتی است که ذره طی می‌کند تا متوقف شود.

(۳) عمدتاً برای محاسبه برد ذرات باردار سبک استفاده می‌شود.

(۴) می‌تواند جهت محاسبه برد ذره آلفا با دقت مناسب استفاده شود.

۶- فوتونی با انرژی ۲MeV و شدت  $\frac{\#}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} \times 10^6 \times 2$  به حفاظی با ضریب تضعیف  $0.1 \text{ cm}^{-1}$  که دارای ضریب

انباشت ۵ است، برخورد می‌کند. اگر شار انباشت در سطح خارجی حفاظ برابر  $\frac{\#}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} \times 10^6$  باشد، ضخامت حفاظ

چند سانتی‌متر است؟  $\ln(10) = 2.3$  و  $\ln(2) = 0.7$

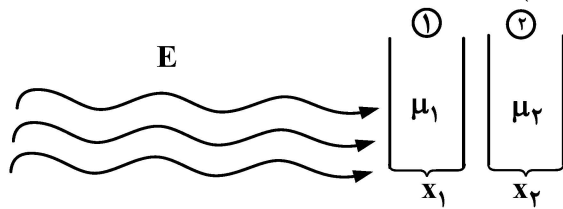
(۱) ۰.۷

(۲) ۲.۳

(۳) ۷

(۴) ۲۳

۷- کدام مورد، در خصوص ضریب انباشت کل حفاظ دولایه‌ای زیر درست است؟  
( $B_1$ ، ضریب انباشت ماده ۱ و  $B_2$ ، ضریب انباشت ماده ۲ است.)



$$B = B_1(E, \mu_1 x_1) + B_1(E, \mu_1 x_1 + \mu_2 x_2) - B_2(E, \mu_2 x_2) \quad (1)$$

$$B = B_1(E, \mu_1 x_1) + B_2(E, \mu_1 x_1 + \mu_2 x_2) - B_2(E, \mu_1 x_1) \quad (2)$$

$$B = B_1(E, \mu_1 x_1) + B_2(E, \mu_1 x_1 + \mu_2 x_2) - B_2(E, \mu_2 x_2) \quad (3)$$

$$B = B_1(E, \mu_1 x_1) + B_2(E, \mu_2 x_2) \quad (4)$$

۸- اگر  $H'$  نرخ دُز برحسب  $\frac{\mu Sv}{h}$  باشد، به کدام یک از ناحیه‌های زیر، منطقه تحت کنترل گفته می‌شود؟

$$H' > 2500 \quad (1)$$

$$7/5 < H' < 2000 \quad (3)$$

$$2/5 < H' < 7/5 \quad (4)$$

۹- در حفاظی به ضخامت ۱ متر، اگر ضریب تضعیف برای فوتون با انرژی مشخص  $0.2 \text{ cm}^{-1}$  باشد، متوسط تعداد برخورد‌های فوتون در داخل حفاظ چقدر است؟

$$2 \quad (1) \quad 5 \quad (2) \quad 20 \quad (3) \quad 50 \quad (4)$$

۱۰- عوامل تعیین‌کننده خصوصیات حفاظ ساختمانی در هر واحدی که با پرتو سروکار دارد، کدام است؟

(۱) ضریب تصحیح فشار و دما - حجم کار (W) - ضریب کاربرد (U) - ضریب اشغال (T)

(۲) KV و mA دستگاه - حجم کار (W) - ضریب کاربرد (U) - ضریب اشغال (T)

(۳) KV و mA دستگاه - حجم کار (W) - ضریب تصحیح فشار و دما

(۴) ضریب تصحیح فشار و دما - حجم کار (W) - ضریب اشغال (T)

۱۱- کدام ویژگی‌ها برای یک چشمه استاندارد کالیبراسیون گاما درست است؟

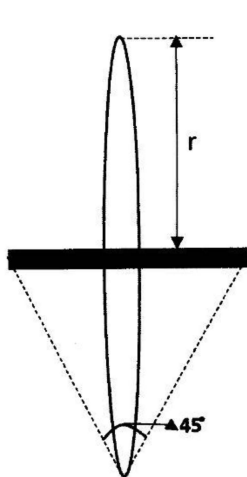
(۱) چشمه‌های با فعالیت ویژه بالا و در اندازه کوچک، بدون هرگونه پوشش کپسول

(۲) چشمه‌های با فعالیت ویژه پایین و در اندازه بزرگ، بدون هرگونه پوشش کپسول

(۳) چشمه‌های با فعالیت ویژه پایین و در اندازه بزرگ با پوشش کپسول

(۴) چشمه‌های با فعالیت ویژه بالا و در اندازه کوچک با پوشش کپسول

۱۲- آهنگ دُز دریافتی کل حلقه‌ای بسیار نازک به شعاع ۱ متر که مطابق شکل، در اطراف یک میله پرتوزای فوتونی با



فاکتور گامای  $\frac{mSv \cdot m^2}{Bq \cdot h}$  و با اکتیویته واحد طول C قرار گرفته باشد، چند  $\frac{mSv}{h}$  است؟

$$\frac{C\pi^2}{4} \quad (1)$$

$$\frac{C\pi}{8} \quad (2)$$

$$22/5 C \quad (3)$$

$$45\pi C \quad (4)$$

۱۳- ۱۰۰۰ بکرل از ایزوتوپ بتازای  $^{35}\text{S}$  با انرژی بیشینه  $0.17\text{MeV}$  و انرژی میانگین  $0.05\text{MeV}$  در کبد یک فرد به وزن  $864$  گرم تجمع یافته است. دُز جذبی کبد این فرد پس از  $10$  روز، چند میکروگری است؟  
 (۱)  $1/6$  (۲)  $5$  (۳)  $8$  (۴)  $27/2$

۱۴- آهنگ دُز جذبی در فاصله یک متری از چشمه نقطه‌ای و همسانگرد نوترونی تک‌انرژی با گسیل  $\frac{n}{s} = 3.14 \times 10^{10}$  و ضریب کرمای  $\frac{\text{cGy.cm}^2}{n} = 10^{-10} \times 0.5$  و در شرایط تعادل الکترونی، چند سانتی‌گری بر ثانیه است؟  
 (۱)  $1.57$  (۲)  $0.157$  (۳)  $0.125$  (۴)  $0.125 \times 10^{-4}$

۱۵- دیوار حفاظ اولیه مابین یک اتاق تصویربرداری  $x$  با اتاق مجاور تحت‌نظارت با ضریب اشغال  $0.25$  و بیشینه پرتوگیری مجاز هفتگی  $\frac{R}{W} = 0.01$ ، براساس مقدار ضریب کاهش  $k$  طراحی و ساخته شده است. چنانچه کاربری این اتاق به ناحیه تحت‌کنترل با ضریب اشغال تمام‌وقت و بیشینه پرتوگیری مجاز هفتگی  $\frac{R}{W} = 0.1$  تغییر یابد، ضریب کاهش جدید چند  $k$  خواهد بود؟  
 (۱)  $10$  (۲)  $2/5$  (۳)  $1$  (۴)  $0.1$

ریاضیات مهندسی:

۱۶- اگر سری فوریه کسینوسی نیم‌دامنه تابع  $0 < x < \pi$ ،  $f(x) = x \cos x$  به صورت  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(nx) - \frac{2}{\pi}$  باشد،

آنگاه مقدار  $a_2 \times a_3$  کدام است؟

- (۱)  $-\frac{80}{9\pi^2}$   
 (۲)  $-\frac{40}{9\pi^2}$   
 (۳)  $\frac{40}{9\pi^2}$   
 (۴)  $\frac{80}{9\pi^2}$

۱۷- اگر  $F_s\{f(x)\} = \int_0^{\infty} f(x) \sin(wx) dx$  تبدیل فوریه سینوسی تابع  $f$  باشد، آنگاه تبدیل فوریه سینوسی تابع

$f(x) = \frac{x}{a^2 + x^2}$ ،  $a > 0$  کدام است؟

- (۱)  $\frac{2}{\pi} e^{-aw}$   
 (۲)  $\frac{\pi}{2} e^{-aw}$   
 (۳)  $\pi e^{-aw}$   
 (۴)  $2\pi e^{-aw}$

۱۸- با استفاده از تغییر متغیر  $z = x - y$  و  $v = y$ ، جواب معادله دیفرانسیل  $u_{xx} + 2u_{xy} + u_{yy} = 0$ ، کدام است؟

$$u(x, y) = x\phi(x - y) + \psi(y) \quad (۲) \qquad u(x, y) = y\phi(x - y) + \psi(x) \quad (۱)$$

$$u(x, y) = y\phi(x - y) + \psi(x - y) \quad (۴) \qquad u(x, y) = x\phi(x - y) + \psi(x - y) \quad (۳)$$

۱۹- با انتخاب جواب مسئله زیر به صورت  $u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} G_n(t) \sin(nx)$ ، تابع  $G_n$  در کدام معادله دیفرانسیل معمولی صدق می‌کند؟

$$\begin{cases} u_{tt} + au_t + bu = c^2 u_{xx}, & 0 < x < \pi, t > 0, \\ u(x, 0) = f(x), u_t(x, 0) = 0 \\ u(0, t) = u(\pi, t) = 0 \end{cases}$$

$$G_n'' + aG_n' + (b + n^2 c^2) G_n = 0 \quad (۱)$$

$$G_n'' + aG_n' - (b + n^2 c^2) G_n = 0 \quad (۲)$$

$$G_n'' + aG_n' + (b - n^2 c^2) G_n = 0 \quad (۳)$$

$$G_n'' + aG_n' - (b - n^2 c^2) G_n = 0 \quad (۴)$$

۲۰- جواب معادله دیفرانسیل با مشتقات جزئی  $\begin{cases} u_{tt} - u_{xx} = \sin(\pi x), & 0 < x < 1, t > 0 \\ u(x, 0) = u_t(x, 0) = 0, & 0 \leq x \leq 1 \\ u(0, t) = u(1, t) = 0 \end{cases}$ ، کدام است؟

$$u(x, t) = \frac{1}{\pi^2} \sin(\pi x)(1 - \cos(\pi t)) \quad (۱)$$

$$u(x, t) = -\frac{1}{\pi^2} \sin(\pi x)(1 - \cos(\pi t)) \quad (۲)$$

$$u(x, t) = \frac{1}{2\pi^2} \sin(\pi x)(1 - \cos(\pi t)) \quad (۳)$$

$$u(x, t) = -\frac{1}{2\pi^2} \sin(\pi x)(1 - \cos(\pi t)) \quad (۴)$$

۲۱- مکان هندسی اعداد مختلط  $z$  در صفحه مختلط، که در نامساوی  $\text{Im}\left(\frac{e^{|z|} + i}{e^{|z|} - i}\right) > \frac{1}{2}$  صدق می‌کنند، کدام است؟

$$|z| < \ln 2 \quad (۱)$$

$$|z| < 2 \ln 2 \quad (۲)$$

$$|z| < \frac{1}{2} \ln(2 + \sqrt{3}) \quad (۳)$$

$$|z| < \ln(2 + \sqrt{3}) \quad (۴)$$

۲۲- فرض کنید  $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$  در تمام نقاط صفحه تحلیلی،  $u(x, y) = 2x(1 - y)$  و  $v(0, 0) = 1$ . آنگاه  $v(x, y)$ ، کدام است؟

$$y(2 - y) + x^2 + 1 \quad (۲) \qquad 2y(1 - x) + 1 \quad (۱)$$

$$x^2 + y^2 - 2x + 1 \quad (۴) \qquad x^2 + y^2 - 2y + 1 \quad (۳)$$

۲۳- کدام مورد برای  $z_0 = 0$  در تابع  $f(z) = \frac{\sinh(z)}{z^6}$  درست است؟

- (۱) قطب مرتبه چهارم با مانده  $\frac{1}{3}$   
 (۲) قطب مرتبه چهارم با مانده  $\frac{1}{6}$   
 (۳) قطب مرتبه سوم با مانده  $\frac{1}{6}$   
 (۴) قطب مرتبه سوم با مانده  $\frac{1}{3}$

۲۴- مقدار  $\oint_{|z|=3} \frac{\sin(\pi z^2) + 2 \cos(\pi z)}{(z-1)(z-2)} dz$  کدام است؟

- (۱)  $-8\pi i$   
 (۲)  $-4\pi i$   
 (۳)  $4\pi i$   
 (۴)  $8\pi i$

۲۵- ناحیه  $0 < \theta < \frac{\pi}{4}$  در صفحه  $(r, \theta)$ ، تحت نگاشت  $w = \frac{-i}{z^2}$  به کدام ناحیه در صفحه  $w$ ، نگاشته می‌شود؟

- (۱) ربع اول  
 (۲) ربع دوم  
 (۳) ربع سوم  
 (۴) ربع چهارم

آشکارسازی - محاسبات ترابرد پرتوها:

۲۶- تفاوت دو ساختار **overlap** و **start-stop** در واحد **TAC** چیست؟

- (۱) دارای سرعت بیشتر و کمتر غیرخطی است.  
 (۲) دومی، دارای سرعت بیشتر و کمتر غیرخطی است.  
 (۳) دومی، دارای سرعت کمتر و کمتر غیرخطی است.  
 (۴) اولی، دارای سرعت کمتر و خطی است.

۲۷- کدام مورد، از مزیت‌های لامپ تکثیرگر فوتون صفحه‌ای ریزکانال نسبت به طراحی‌های معمول تر است؟

- (۱) رزولوشن زمانی کمتر  
 (۲) حساسیت بیشتر نسبت به میدان مغناطیسی  
 (۳) حساسیت بیشتر نسبت به میدان مغناطیسی و رزولوشن زمانی کمتر  
 (۴) حساسیت کمتر نسبت به میدان مغناطیسی و رزولوشن زمانی بهتر

۲۸- اگر ثابت زمانی مدار **CR - RC shaping** با زمان **rise time** پیش تقویت‌کننده قابل مقایسه باشد، چه اثری در خروجی این مدار دارد؟

- (۱) عرض پالس‌های خروجی کوتاه می‌شود.  
 (۲) برخی از پالس‌ها حذف می‌شوند.  
 (۳) برخی از دامنه‌ها از دست می‌روند.  
 (۴) در دامنه پالس خروجی تغییری ایجاد نمی‌شود.

۲۹- پهن‌شدگی قله‌ها و **tail** دنباله مشاهده‌شده در آشکارسازهای **CZT** نشان چیست؟ و برای بهبود آن چه باید کرد؟

- (۱) از دست رفتن حفره‌ها - بیشتر کردن ولتاژ  
 (۲) از دست رفتن الکترون‌ها - بیشتر کردن ولتاژ  
 (۳) از دست رفتن الکترون‌ها - کم کردن ضخامت  
 (۴) از دست رفتن حفره‌ها - کم کردن ضخامت آشکارساز و بیشتر کردن ولتاژ

- ۳۰- سطح‌های آشکارساز نیمه‌رسانای حساس به مکان CCD، از چه طریقی ایجاد می‌شود؟  
 (۱) اعمال ولتاژ به کانال توقف  
 (۲) اعمال ولتاژ به الکتروود کنترل  
 (۳) Readout Section  
 (۴) تغییر ولتاژ در Drive Pulse Lines
- ۳۱- اگر لبه کامپتون مشاهده شده در طیف خروجی یک آشکارساز ژرمانیومی ناشی از گامای ساطع شده از یک رادیوایزوتوپ، در انرژی  $1/16\text{MeV}$  قرار گرفته باشد، چنانچه این رادیوایزوتوپ را در مقابل یک سوسوزن  $\text{NaI}$  قرار دهیم، لبه کامپتون مشاهده شده در انرژی ..... قرار می‌گیرد.  
 (۱)  $1/16\text{MeV}$  (۲)  $1/17\text{MeV}$  (۳)  $1/18\text{MeV}$  (۴)  $2/16\text{MeV}$
- ۳۲- کدام مورد، جمله زیر را به درستی کامل می‌کند؟  
 «در دینکتور سیلیکان لیتیوم هنگامی که ذرات آلفا به قسمت p دینکتور تابش شوند، هر چه رنج ذرات ..... باشد، Rise Time ..... دارد.»  
 (۱) کمتر - طولانی‌تری (۲) بیشتر - کوتاه‌تری (۳) کمتر - کوتاه‌تری (۴) ارتباطی ندارد.
- ۳۳- انرژی نوترون‌ها را با استفاده از کدام یک از موارد زیر و با چه دقتی می‌توان اندازه گرفت؟  
 (۱)  $\text{BF}_3$  و آشکارساز فوزویج به‌طور هم‌زمان - به‌طور دقیق  
 (۲) روش زمان پرواز - به‌طور تقریبی  
 (۳) آشکارساز  $\text{BF}_3$  - به‌طور دقیق  
 (۴) آشکارساز فوزویج - تخمینی
- ۳۴- در آشکارسازهای تناسبی، کدام مورد «نادرست» است؟  
 (۱) یکنواختی و صاف بودن سیم آند از مهم‌ترین عوامل هندسی در قدرت تفکیک انرژی هستند.  
 (۲) استفاده از شمارنده‌های تناسبی در مدت طولانی، باعث افت ضریب تکثیر و قدرت تفکیک انرژی می‌شود.  
 (۳) اگر قدرت تفکیک انرژی به قدرت تفکیک ناشی از محدودیت‌های آماری نزدیک باشد، لازم است اثرات مخرب نویز الکتریکی، غیریکنواختی‌های هندسی اتاقک و تغییرات در پارامترهای عملکردی آشکارساز را کمینه کرد.  
 (۴) اگر آهنگ پرتودهی در طول زمان اندازه‌گیری تغییر کند، دامنه پالس‌های تولیدی و قدرت تفکیک انرژی تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند.
- ۳۵- در یک آشکارساز فلج‌شونده با زمان مرگ  $\tau$ ، اگر آهنگ شمارش واقعی  $n$  و آهنگ شمارش ثبت شده برابر  $m$  باشد، بیشینه آهنگ شمارش ثبت شده قابل اعتماد چقدر است؟  
 (۱)  $\frac{1}{\tau e}$  (۲)  $\frac{1}{\tau}$  (۳)  $\frac{e}{\tau}$  (۴)  $\tau e$
- ۳۶- نوترون در یک محیط از چشمه خارج می‌شود. احتمال آن که نتواند بیش از یک پویش آزاد میانگین از چشمه دور شود، چند برابر آن است که بیش از یک پویش آزاد میانگین در محیط از چشمه دور می‌شود؟  
 (۱)  $e^{-1}$  (۲)  $e - 1$   
 (۳)  $1 - e^{-1}$  (۴)  $\frac{1 - e^{-1}}{e - 1}$
- ۳۷- معادله ترابرد خطی بولتزمن برای ترابرد نوترون، به ترتیب، دارای چند بُعد زمان، انرژی، مکان و زاویه است؟  
 (۱) یک - یک - سه - دو (۲) یک - یک - سه - یک  
 (۳) یک - یک - دو - دو (۴) یک - یک - یک - دو

۳۸- اگر  $f(V \rightarrow V')$  احتمال تغییر سرعت نوترون در واکنش باشد، حاصل  $\int f(V \rightarrow V') dV'$  برای واکنش‌های جذب

پرتوزا و پراکندگی الاستیک، به ترتیب، کدام یک از موارد است؟

- (۱) ۱ و ۲ (۲) صفر و ۲ (۳) ۱ و صفر (۴) صفر و ۱

۳۹- کدام مورد درست نیست؟

- (۱) جریان نوترون، در واقع مومنتوم اول شار زاویه‌ای است.  
 (۲) شار کل نوترون، در واقع مومنتوم صفرم شار زاویه‌ای است.  
 (۳) شار زاویه‌ای نوترون، کمیتی برداری و شار کل نوترون، کمیتی اسکالر است.  
 (۴) شار کل نوترون، مجموع مسافت‌های طی شده توسط نوترون‌ها بر واحد حجم بر واحد زمان است.

۴۰- در پراکندگی الاستیک نوترون با انرژی  $E$ ، اگر  $A$  عدد جرمی هسته هدف،  $\alpha = \left(\frac{A-1}{A+1}\right)^2$  و

$S = \frac{1}{2} \left[ (A+1)\sqrt{\frac{E'}{E}} - (A-1)\sqrt{\frac{E}{E'}} \right]$  و  $E'$ ، انرژی نوترون حاصل از پراکندگی باشد، کدام مورد درست است؟  
 ( $\mu_0 = \cos \theta$  و  $\theta$  زاویه پراکندگی است.)

$$f_s(\mu_0, E \rightarrow E') = \begin{cases} \frac{\delta(\mu_0 - S)}{2\pi(1-\alpha)E} & \alpha E < E' < E \\ 0 & E' < \alpha E, E' > E \end{cases} \quad (1)$$

$$f_s(\mu_0, E \rightarrow E') = \begin{cases} \frac{\delta(\mu_0 - S)}{2\pi(1-\alpha)} & \alpha E < E' < E \\ 0 & E' < \alpha E, E' > E \end{cases} \quad (2)$$

$$f_s(\mu_0, E \rightarrow E') = \begin{cases} \frac{\delta(\mu_0 - S)}{2\pi(1-\alpha)\sqrt{E}} & \alpha E < E' < 2\alpha E \\ 0 & E' < \alpha E, E' > 2\alpha E \end{cases} \quad (3)$$

$$f_s(\mu_0, E \rightarrow E') = \begin{cases} \frac{\delta(\mu_0 - S)E}{2\pi(1-\alpha)} & \alpha E < E' < E \\ 0 & E' < \alpha E, E' > E \end{cases} \quad (4)$$

۴۱- اگر  $\alpha$ ، ضریب آلبدو و  $J^{\text{ext}}$  جریان خارجی نوترون باشد، کدام مورد، بیانگر شرط مرزی مارک برای تقریب  $P_1$  است؟

$$J^{\text{ext}} = 0 \text{ و } \alpha = 1 \quad (2) \qquad J^{\text{ext}} = \frac{\phi}{2} \text{ و } \alpha = 0 \quad (1)$$

$$J^{\text{ext}} = 0 \text{ و } \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad (4) \qquad J^{\text{ext}} = 0 \text{ و } \alpha = -0.72 \quad (3)$$

۴۲- برای چشمه نقطه‌ای نوترون با شدت  $\frac{n}{s} = 9\pi \times 10^8$  که در محیطی با سطح مقطع ماکروسکوپی  $1 \text{ cm}^2$  قرار

دارد، شار برخوردنکرده بر حسب  $\frac{n}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}$  در فاصله ۳ پویش آزاد از چشمه نقطه‌ای، کدام است؟

$$(\text{Ln}(2) = 0.693) \text{ و } (\text{Ln}(5) = 1.609)$$

$$125 \quad (2) \qquad 1250 \quad (1)$$

$$25 \times 10^6 \quad (4) \qquad 9\pi \times 10^6 \quad (3)$$



۴۳- اگر  $Y_{l,m}(\theta, \phi)$  تابع هارمونیک کروی باشد، مؤلفه  $x$  زاویه فضایی جهت حرکت نوترون  $(\Omega, x)$ ، کدام است؟

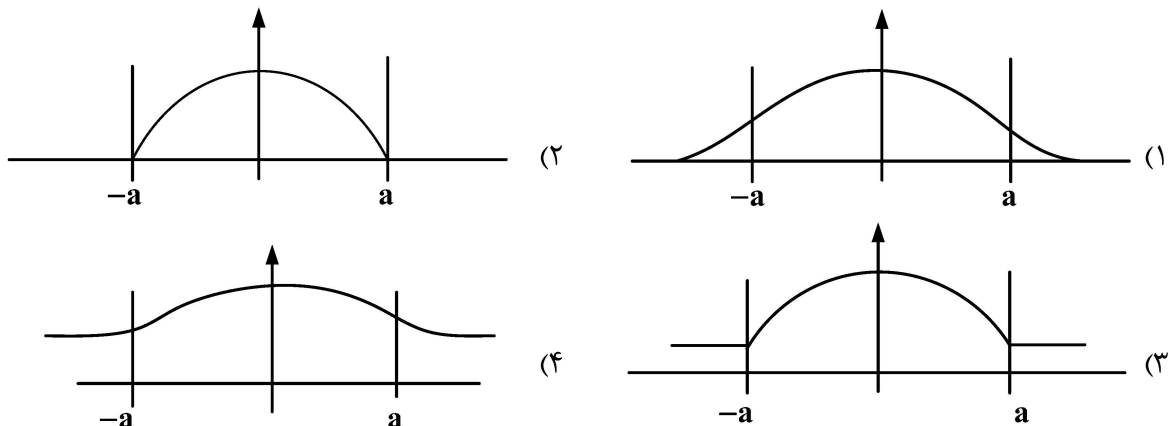
$$(1) \frac{\sqrt{2}}{2} (Y_{1,1} - Y_{1,-1}) \quad (2) \frac{-i\sqrt{2}}{2} (Y_{1,1} + Y_{1,-1})$$

$$(3) \frac{i\sqrt{2}}{2} (Y_{1,1} + Y_{1,-1}) \quad (4) \frac{-\sqrt{2}}{2} (Y_{1,1} - Y_{1,-1})$$

۴۴- اگر  $C$ ، تعداد متوسط نوترون‌های حاصل از برخورد نوترون باشد، به ازای چه مقداری از  $C$ ، طول استراحت مجانبی مربوط به تئوری برابر به مقدار طول پخش تئوری پخش نزدیک خواهد شد؟

$$(1) C = 0 \quad (2) C = 1 \quad (3) C = 2/43 \quad (4) C \rightarrow \infty$$

۴۵- شکل شار در داخل تیغه حاوی چشمه نوترون و خارج از آن (خارج تیغه خلا است) براساس معادله پخش نوترون، چگونه است؟



محاسبات عددی پیشرفته - فیزیک راکتور - تکنولوژی نیروگاه‌های هسته‌ای:

۴۶- در رابطه مبتنی بر تکرار  $x_{n+1} = \frac{\alpha x_n + x_n^{-2} + 1}{\alpha + 1}$ ، به ازای چه مقداری از  $\alpha$ ، سریع‌ترین همگرایی ممکن رخ خواهد داد؟

$$\left( \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = \lim_{n \rightarrow \infty} x_{n+1} = P \right) \quad (1) P^2$$

$$(2) P^4$$

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

$$(4) \frac{2}{P^4}$$

۴۷- برای ماتریس  $A = \begin{bmatrix} 1+s & -s \\ s & 1-s \end{bmatrix}$ ، به ازای کدام یک از مقادیر  $p$  و  $q$ ، رابطه  $A^n = pA + qI$  برقرار است؟ در این صورت

$e^A$  برابر کدام است؟

$$(1) e^A = I + A, \quad q = -n, \quad p = n-1$$

$$(2) e^A = eA, \quad q = n+1, \quad p = 1-n$$

$$(3) e^A = e^n A, \quad q = n-1, \quad p = n$$

$$(4) e^A = eA, \quad q = 1-n, \quad p = n$$

۴۸- معکوس ماتریس  $\begin{bmatrix} 2 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & -1 \\ 2 & -1 & 3 \end{bmatrix}$ ، کدام است؟

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & (2) \\ \begin{bmatrix} 2 & 1 & 2 \\ -1 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{bmatrix} & (4) \\ \begin{bmatrix} 2 & 1 & -1 \\ 1 & 2 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} & (1) \\ \begin{bmatrix} 2 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \end{bmatrix} & (3) \end{matrix}$$

۴۹- عدد شرطی (condition number) ماتریس  $A = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 9 \\ 4 & 9 & 16 \\ 9 & 16 & 25 \end{bmatrix}$ ، کدام است؟ (از نرم بیشینه جمع مطلق

سطرها استفاده شود.)

۵۰ (۱) ۲۲۵ (۲)

۲۵۰ (۳) ۷۵۰ (۴)

۵۰- در رابطه  $\int_{x_0}^{x_1} y(x) dx = h(ay_0 + by_1 + cy_2) + R$  quadrature که  $x_i = x_0 + ih$  و  $y(x_i) = y_i$  است، ضرایب

a, b و c کدام‌اند؟

(۱)  $c = \frac{1}{12}, b = \frac{1}{3}, a = \frac{-1}{12}$

(۲)  $c = \frac{-1}{12}, b = \frac{2}{3}, a = \frac{5}{12}$

(۳)  $c = \frac{-1}{12}, b = \frac{2}{3}, a = \frac{1}{3}$

(۴)  $c = \frac{-1}{12}, b = \frac{5}{12}, a = \frac{2}{3}$

۵۱- با استفاده از جدول زیر،  $f''(6, 3)$  چقدر است؟

x	۶,۰	۶,۱	۶,۲	۶,۳	۶,۴
f(x)	۰,۱۷۵۰	-۰,۱۹۹۸	-۰,۲۲۲۳	-۰,۲۴۲۲	-۰,۲۵۹۶

(۱) صفر

(۲) ۰,۲۵

(۳) ۰,۳۵

(۴) ۰,۵۰

۵۲- تابع نمایی  $f(x) = e^x$  را در بازه  $[0, 2]$  در نظر بگیرید. کدام یک از موارد زیر در خصوص پاسخ  $\int_0^2 e^x dx$  با

استفاده از روش Simpson درست است؟

(۱)  $\frac{1}{3}(-1 + 4e + e^2)$

(۲)  $\frac{2}{3}(1 - 4e + e^2)$

(۳)  $\frac{1}{3}(1 + 4e + e^2)$

(۴)  $\frac{1}{3}(1 + 2e + e^2)$

۵۳- به‌ازای کدام‌یک از موارد زیر، برای رابطه  $P(x) = a_0(x-a)^3 + a_1(x-a)^2 + a_2(x-a) + a_3$  شروط  $P(a) = f(a)$  و  $P'(a) = f'(a)$  و  $P(b) = f(b)$  و  $P'(b) = f'(b)$  برقرار است؟

$$a_0 = \frac{2}{(b-a)^2} [f(a) - f(b)] + \frac{1}{(b-a)} [f'(a) + f'(b)] ; a_2 = f'(a) \quad (1)$$

$$a_1 = \frac{3}{(b-a)^2} [f(a) - f(b)] - \frac{1}{(b-a)} [2f'(a) + f'(b)] ; a_3 = f(a)$$

$$a_0 = \frac{3}{(b-a)^2} [f(b) - f(a)] - \frac{1}{(b-a)} [2f'(a) + f'(b)] ; a_2 = f(a) \quad (2)$$

$$a_1 = \frac{2}{(b-a)^2} [f(a) - f(b)] + \frac{1}{(b-a)} [f'(a) + f'(b)] ; a_2 = f'(a)$$

$$a_0 = \frac{2}{(b-a)^2} [f(a) - f(b)] + \frac{1}{(b-a)} [f'(a) + f'(b)] ; a_2 = f'(a) \quad (3)$$

$$a_1 = \frac{3}{(b-a)} [f(b) - f(a)] + \frac{1}{(b-a)^2} [f'(a) + f'(b)] ; a_3 = f(a)$$

$$a_0 = \frac{3}{(b-a)} [f(b) - f(a)] + \frac{1}{(b-a)^2} [f'(a) + f'(b)] ; a_2 = f(a) \quad (4)$$

$$a_1 = \frac{2}{(b-a)^2} [f(a) - f(b)] + \frac{1}{(b-a)^3} [f'(a) + f'(b)] ; a_3 = f'(a)$$

۵۴- با استفاده از نقاط  $x_0 = 0$ ،  $x_1 = 1$  و  $x_2 = 3$ ، تقریب مرتبه دوم لژاندر تابع  $f(x) = \frac{1}{x+1}$  کدام است؟

$$\frac{1}{2}x^2 + 1 \quad (1)$$

$$\frac{1}{8}x^2 - \frac{5}{8}x + 1 \quad (2)$$

$$\frac{1}{4}x^2 - \frac{3}{4}x + 1 \quad (3)$$

$$-\frac{1}{4}x^2 + \frac{3}{4}x + 1 \quad (4)$$

۵۵- کدام مورد زیر، بیانگر بسط تیلور  $\ln(1+x)$  حول  $x_0 = 1$  است؟

$$\ln 2 - \frac{(x-1)}{2} + \frac{(x-1)^2}{4} - \frac{(x-1)^3}{6} + \frac{(x-1)^4}{24} - \dots \quad (1)$$

$$\ln 2 + (x-1) - \frac{(x-1)^2}{2} + \frac{(x-1)^3}{3} - \frac{(x-1)^4}{4} + \dots \quad (2)$$

$$\ln 2 - \frac{1}{2}(x-1) + \frac{1}{8}(x-1)^2 - \frac{1}{24}(x-1)^3 + \frac{1}{64}(x-1)^4 - \dots \quad (3)$$

$$\ln 2 + \frac{1}{2}(x-1) - \frac{1}{8}(x-1)^2 + \frac{1}{24}(x-1)^3 - \frac{1}{64}(x-1)^4 + \dots \quad (4)$$

۵۶- در محیطی با رفتار  $\frac{1}{V}$  (سرعت نوترون است)، سطح مقطع جذب نوترون حرارتی ۱ بر سانتی‌متر است. متوسط طول عمر نوترون‌های ۱ مگاالکترون ولتی کدام است؟

- (۱) ۴/۵ میکروثانیه  
 (۲) ۴/۵ میلی‌ثانیه  
 (۳) ۶/۵ میکروثانیه  
 (۴) ۶/۵ میلی‌ثانیه

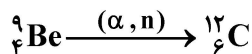
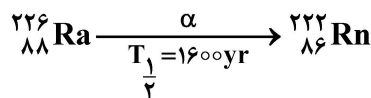
۵۷- در راکتوری که فقط از اورانیوم ۲۳۵ خالص ساخته شده است، احتمال عدم نشت هندسی نوترون‌های آبی و تأخیری به ترتیب ۰/۶ و ۰/۷ است. در صورتی که ضریب بازدهی حرارتی این راکتور را واحد فرض کنیم، مقدار بیشینه راکتیویته در این راکتور، چند دلار است؟ ( $\beta = 0.0065$  و  $\eta = 2.07$ )

- (۱) ۲۶  
 (۲) ۲۶/۵  
 (۳) ۲۷  
 (۴) ۲۷/۵

۵۸- راکتور زیر بحرانی با ضریب تکثیر ۰/۹۹ با حضور چشمه‌ای با قدرت  $10^8$  نوترون بر ثانیه، به تعادل می‌رسد. مقدار جمعیت نوترونی در این راکتور کدام است؟ ( $\beta = 0.0065$ ،  $\lambda = 0.1$  بر ثانیه،  $\Lambda = 9.9 \times 10^{-4}$  ثانیه)

- (۱)  $10^6$   
 (۲)  $10^7$   
 (۳)  $10^8$   
 (۴)  $10^9$

۵۹- واکنش‌های زیر، مربوط به یک چشمه نوترون هستند. چند گرم  $Ra-226$  نیاز است تا  $10^6 \frac{\text{neutron}}{\text{sec}}$  تولید شود؟

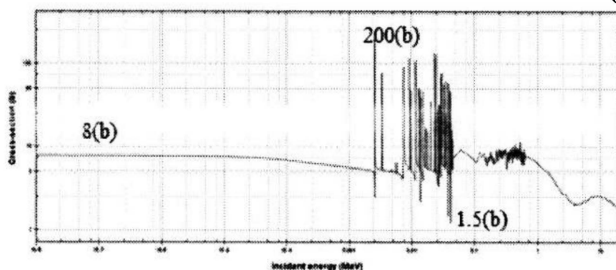


- (۱)  $4 \times 10^{-6}$   
 (۲)  $4 \times 10^{-5}$   
 (۳)  $3 \times 10^{-6}$   
 (۴)  $3 \times 10^{-5}$

۶۰- احتمال اینکه نوترون در هنگام پیمودن یک پویش آزاد، حداقل دو برخورد انجام دهد، کدام است؟

- (۱)  $1 - e^{-1}$   
 (۲)  $1 - e^{-2}$   
 (۳)  $1 - 2e^{-1}$   
 (۴)  $1 - 2e^{-2}$

۶۱- سطح مقطع پراکندگی الاستیک برای ماده‌ای، به صورت زیر است. کدام مورد، بیانگر تخمین شعاع هندسی هسته این ماده و عدد جرمی آن است؟ ( $r_e = 2.82e - 13 \text{ cm}$ )



- (۱)  $R = 7.98 \text{ fm}$  &  $A = 181$   
 (۲)  $R = 9.78 \text{ fm}$  &  $A = 181$   
 (۳)  $R = 7.98 \text{ fm}$  &  $A = 161$   
 (۴)  $R = 9.78 \text{ fm}$  &  $A = 161$

۶۲- برای تولید ۱ وات توان از اورانیوم ۲۳۵، چه تعداد شکافت در واحد زمان باید صورت پذیرد؟

- (۱)  $4.12 \times 10^{11}$   
 (۲)  $4.12 \times 10^{10}$   
 (۳)  $3.12 \times 10^{11}$   
 (۴)  $3.12 \times 10^{10}$

۶۳- با سقوط میله‌های کنترل به قلب راکتوری با سوخت اورانیوم ۲۳۵، توان راکتور به ۵ درصد توان اولیه کاهش می‌یابد. راکتیویته میله‌های کنترل بر حسب pcm کدام است؟

- (۱) -۱۲۶۰۰  
(۲) -۱۲۴۰۰  
(۳) -۱۱۶۰۰  
(۴) -۱۱۴۰۰

۶۴- در یک راکتور بحرانی بی‌نهایت، با سوخت اورانیوم ۲۳۵ و کندکننده آب‌سبک، عمر نوترون‌های آبی بر حسب ثانیه کدام است؟ ( $\eta = 2.065$  &  $t_{DM} = 2.1 \times 10^{-4}$  ثانیه)

- (۱)  $1.08 \times 10^{-4}$   
(۲)  $2.08 \times 10^{-4}$   
(۳)  $1.08 \times 10^{-3}$   
(۴)  $2.08 \times 10^{-3}$

۶۵- یک راکتور بحرانی با سوخت اورانیوم ۲۳۵ و کندکننده آب‌سبک، به شکل استوانه با شعاع ۵۶ سانتی‌متر و ارتفاع h طراحی شده است. ارتفاع h چند سانتی‌متر باید در نظر گرفته شود تا نیاز به کمترین مقدار جرم بحرانی داشته باشید؟

- (۱) ۱۱۲/۰  
(۲) ۱۰۶/۴  
(۳) ۱۰۱/۹  
(۴) ۹۶/۳

۶۶- اگر میزان شار متوسط حرارتی حجمی در یک میله سوخت برابر  $3 \frac{W}{cm}$  و میزان شار حرارتی بحرانی برابر

$2 \frac{W}{cm^2} = q_{CHF}''$  باشد، با در نظر گرفتن  $DNBR = 1.3$ ، قطر بهینه میله سوخت چند میلی‌متر است؟

- (۱) ۱۰/۲  
(۲) ۸/۲  
(۳) ۶/۱  
(۴) ۵/۳

۶۷- اگر میزان راکتیویته اضافی قلب راکتور آب‌سبک تحت فشار در لحظه راه‌اندازی ۱۸/۴٪ و میزان بازدهی اسید بوریک

$12.5 \frac{pcm}{ppm}$  باشد، مقدار اسید بوریک لازم برای بحرانی شدن قلب، چند  $\frac{gr}{kg}$  است؟ ( $1 \frac{gr}{kg} = 175 ppm$ )

- (۱) ۱۶۰۰/۴  
(۲) ۱۴۷۲/۵  
(۳) ۱۶/۵  
(۴) ۸/۴

۶۸- کدام عامل زیر، بر توزیع محوری قدرت در قلب راکتور مؤثر است؟

- (۱) نشت هندسی از دیوار  
(۲) سموم تولیدشده در اثر شکافت  
(۳) سموم مصرفی  
(۴) آرایش ابتدایی سوخت

۶۹- نسبت  $\frac{v_m}{v_u}$  برای یک راکتور PWR با آرایش مربعی، قطر میله سوخت ۱۰ mm و گام شبکه ۱۵ میلی‌متر چقدر است؟

- (۱) ۳/۲۵  
(۲) ۲/۲۵  
(۳) ۱/۸۶  
(۴) ۱/۲۵

۷۰- امکان برقراری واکنش زنجیره‌ای در یک راکتور با سوخت اورانیوم طبیعی، در همجواری با کدام کندکننده و خنک‌کننده به ترتیب میسر نیست؟

- (۱) آب‌سبک - آب‌سبک  
(۲) گرافیت - آب‌سبک  
(۳) آب‌سنگین - آب‌سنگین  
(۴) گرافیت - آب‌سنگین

۷۱- کدام مورد زیر، جزو مزایای استفاده از فلزات مذاب به‌عنوان سیال خنک‌کننده در راکتورهای هسته‌ای است؟

- (۱) اکتیویته القایی کم  
(۲) عدم واکنش‌پذیری با گازهای غیرقابل تراکم  
(۳) قدرت جذب پایین  
(۴) امکان بهره‌برداری در فشار پایین

۷۲- غنا و قطر میله سوخت در یک راکتور BWR، نسبت به یک راکتور PWR با توان یکسان، به ترتیب، کدام است؟

- (۱) کمتر - بیشتر  
 (۲) کمتر - کمتر  
 (۳) بیشتر - کمتر  
 (۴) بیشتر - بیشتر

۷۳- در کدام راکتور، عکس‌العمل حرارتی سیال خنک‌کننده بدون در نظر گرفتن سموم حل‌شده در آب، اندکی مثبت است؟

- (۱) HTGR      (۲) PWR      (۳) CANDU      (۴) BWR

۷۴- اثر داپلر، در ابتدای سیکل نسبت به انتهای سیکل چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) کمتر می‌شود.  
 (۲) بیشتر می‌شود.

(۳) تغییر نمی‌کند.  
 (۴) در سیکل تعادلی، کمتر و در سیکل گذار، بیشتر می‌شود.

۷۵- در کنترل توان یک راکتور PWR، بارپذیری کدام یک از روش‌های زیر بهتر از بقیه است؟

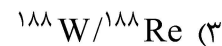
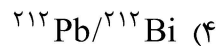
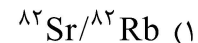
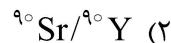
- (۱) لغزشی  
 (۲) فشار ثابت  
 (۳) ترکیبی  
 (۴) فشار متغیر

رادایزوتوپ‌ها و کاربرد آنها - آشکارسازی و دوزیمتری - دستگاه‌های پرتو پزشکی:

۷۶- یکی از روش‌های تولید رادیونوکلئیدها در پزشکی هسته‌ای، استفاده از مولدهای رادیونوکلئیدی است. با توجه به

خواص هسته‌ای رادیونوکلئیدهای حاصل، کدام مورد برای کاربردهای درمانی مناسب نیست؟

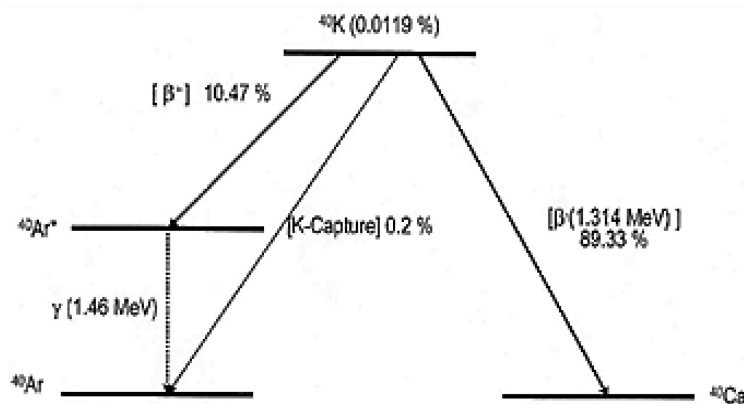
$^{90}\text{Y}$ 64.1 h $\beta^-$ 2.3... $\gamma$ (2186...)	$^{82}\text{Rb}$ 1.27 m $\beta^+$ 3.3... $\gamma$ 776...	$^{188}\text{Re}$ 17 h $\beta^-$ 2.1... $\gamma$ 155, 633...	$^{212}\text{Bi}$ 25 m    60.6m $\alpha$ 6.34 $\beta^-$ 2.3 $\beta^- ; \gamma$ $\alpha$ 6.05
---	---	---	---



۷۷- شکل زیر، شمای واپاشی رادیونوکلئید پتاسیم-۴۰ (با فراوانی ۰/۱۱۹ درصد) نشان می‌دهد. چنانچه نیمه‌عمر

این رادیونوکلئید برای تولید کلسیم-۴۰ حدود  $1/4 \times 10^{10}$  سال باشد، ثابت واپاشی آن برای تولید آرگون-۴۰،

چه میزان بر سال خواهد بود؟ ( $\ln 2 = 0.7$ )



(۱)  $4/15 \times 10^{-10}$

(۲)  $5 \times 10^{-11}$

(۳)  $5/6 \times 10^{-11}$

(۴)  $6 \times 10^{-12}$

۷۸- تولید رادیونوکلئید مس-۶۴، از طریق کدام روش امکان پذیر نیست؟

- (۱)  ${}^{64}\text{Zn}(d, \gamma){}^{64}\text{Cu}$  (۲)  ${}^{65}\text{Cu}(p, \gamma){}^{64}\text{Cu}$   
 (۳)  ${}^{63}\text{Cu}(n, \gamma){}^{64}\text{Cu}$  (۴)  ${}^{64}\text{Zn}(n, p){}^{64}\text{Cu}$

۷۹- در واکنش شکافت  ${}^{235}\text{U}$  که منجر به تولید محصولات پایدار  ${}^{100}\text{Mo}$  و  ${}^{133}\text{Cs}$  می‌شود، پاره‌های شکافت تولیدشده اولیه کدام است؟

- (۱)  ${}^{132}\text{Cs}, {}^{101}\text{Mo}$  (۲)  ${}^{134}\text{Cs}, {}^{99}\text{Mo}$   
 (۳)  ${}^{133}\text{Te}, {}^{100}\text{Zr}$  (۴)  ${}^{133}\text{La}, {}^{100}\text{Tc}$

۸۰- رادیونوکلئید بیسموت-۲۱۰ (با نیمه‌عمر ۵ روز)، از طریق گسیل ذرات بتای منفی با انرژی متوسط  $0.34\text{MeV}$  به پلونیوم-۲۱۰ واپاشی می‌کند. نرخ انرژی گسیل شده از ۴ میلی‌گرم نمونه حاوی این رادیونوکلئید برحسب وات چقدر خواهد بود؟ ( $\ln 2 = 0.7$ )

- (۱) ۱ (۲) ۲  
 (۳) ۳ (۴) ۴

۸۱- فسفر-۳۲ (با نیمه‌عمر ۱۴ روز) با گسیل ذره بتای منفی به گوگرد-۳۲ (پایدار) واپاشی می‌کند. اگر ۱ کوری فسفر-۳۲ خالص در ظرفی نگهداری شود، وزن گوگرد تولیدشده پس از حدود یک ماه، چند میکروگرم خواهد شد؟ ( $\ln 2 = 0.7$ )

- (۱)  $1/6$  (۲)  $2/6$   
 (۳)  $3/4$  (۴)  $4/9$

۸۲- زنجیره واپاشی  $A \rightarrow B \rightarrow C$  را در نظر بگیرید. در این زنجیره، C پایدار و نیمه‌عمر رادیونوکلئید B نصف نیمه‌عمر رادیونوکلئید A است. اگر در ابتدا نمونه مخلوطی حاوی رادیونوکلئیدهای A و B با اکتیویته‌های یکسان موجود باشد، پس از گذشت مدت زمان برابر با یک نیمه‌عمر رادیونوکلئید A، اکتیویته رادیونوکلئید B، چه درصدی از اکتیویته کل خواهد بود؟

- (۱) ۳۳ (۲) ۴۰  
 (۳) ۵۰ (۴) ۶۰

۸۳- زنجیره واپاشی  ${}^{92}\text{Sr} \rightarrow {}^{92}\text{Y} \rightarrow {}^{92}\text{Zr}$  را در نظر بگیرید. چنانچه در ابتدا نمونه‌ای خالص از  ${}^{92}\text{Sr}$  موجود باشد، پس از چند ساعت، اکتیویته آن با اکتیویته  ${}^{92}\text{Y}$  برابر می‌شود؟ ( $\ln 2 = 0.7, \ln 3 = 1.1$ )

${}^{92}\text{Sr}$ 2.7 h	${}^{92}\text{Y}$ 3.6 h
-----------------------------	----------------------------

- (۱)  $4/5$  (۲)  $3/6$   
 (۳)  $3/2$  (۴)  $2/7$

۸۴- یک ورقه فلزی به ضخامت  $0.2\text{mm}$  (چگالی  $19.2\text{g.cm}^{-3}$ )، در یک راکتور هسته‌ای با شار متوسط نوترون‌های حرارتی  $10^{20}\text{ n.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  به مدت ۵ دقیقه پرتو دهی و رادیونوکلئید طلا-۱۹۸ (با نیمه‌عمر ۲/۷ روز) تولید می‌شود. اکتیویته ویژه ورقه ۳۳ ساعت پس از پرتو دهی ۲۰ کوری بر  $\text{cm}^2$  اندازه‌گیری شده است. سطح مقطع این واکنش برای جذب نوترون برحسب بارن، تقریباً چقدر است؟ ( $\ln 2 = 0.7$ )

- (۱) ۵۰ (۲) ۷۰  
 (۳) ۱۰۰ (۴) ۱۴۰

۸۵- برای تولید رادیونوکلئید اکسیژن-۱۵، یک هدف کربن-۱۲ به ضخامت  $0.9 \text{ mm}$  (با وزن مولکولی ۱۲ و چگالی  $2.7 \text{ g/cm}^3$ ) به مدت ۴ دقیقه با باریکه ذرات آلفا با انرژی  $14.6 \text{ MeV}$  و با شدت جریان  $200 \text{ nA}$  پرتو دهی می‌شود. در انتهای پرتو دهی، چند میلی کوری اکسیژن-۱۵ تولید خواهد شد؟ نیمه عمر اکسیژن-۱۵ حدود ۲ دقیقه و سطح مقطع تشکیل آن از طریق واکنش  $(\alpha, n)$ ، برابر ۲۴ میلی بارن است. ( $\ln 2 = 0.7$ )

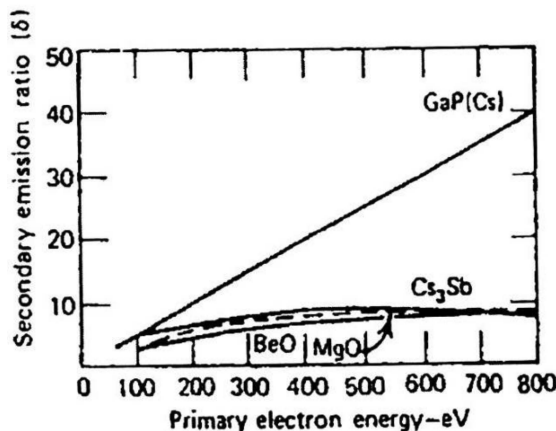
(۱) ۱۲

(۲) ۶

(۳) ۴

(۴) ۳

۸۶- مطابق شکل زیر، ولتاژ کل لازم برای رسیدن به بهره الکترونی  $10^6$  در یک لامپ تکثیرگر فوتون، دارای ۶ مرحله تکثیر و داینودهایی از جنس  $\text{GaP}(\text{Cs})$ ، چقدر است؟



(۱) ۲۰۰

(۲) ۵۰۰

(۳) ۸۰۰

(۴) ۱۲۰۰

۸۷- کدام مورد، جمله زیر را به درستی کامل می‌کند؟

«در آشکارسازهای  $\text{CdTe}$  به دلیل سرعت کم حفره‌ها، عمدتاً از سایز ..... و هندسه ..... در ساخت این نوع آشکارسازها استفاده می‌شود.»

(۱) کوچک - صفحه‌ای

(۲) کوچک - استوانه‌ای

(۳) بزرگ - صفحه‌ای

(۴) بزرگ - استوانه‌ای

۸۸- یک آشکارساز نیمه‌رسانای **fully-depleted** با ضخامت  $0.1 \text{ mm}$  را در نظر بگیرید. چنانچه ولتاژ اعمالی در حدی باشد که حامل‌های بار به سرعت اشباع برسند، بیشینه زمان جمع‌آوری الکترون‌ها و حفره‌ها برابر با کدام مورد

است؟ ( $V_{\text{sat}} = 10^7 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ )

(۱) ۱ پیکوثانیه

(۲) ۱ میلی ثانیه

(۳) ۱ نانوثانیه

(۴) ۱ میکروثانیه

۸۹- کدام مورد در خصوص دوزیمترها درست است؟

(۱) دوزیمترهای TLD را برخلاف دوزیمتر فیلم بیج می‌توان چندین بار خواند.

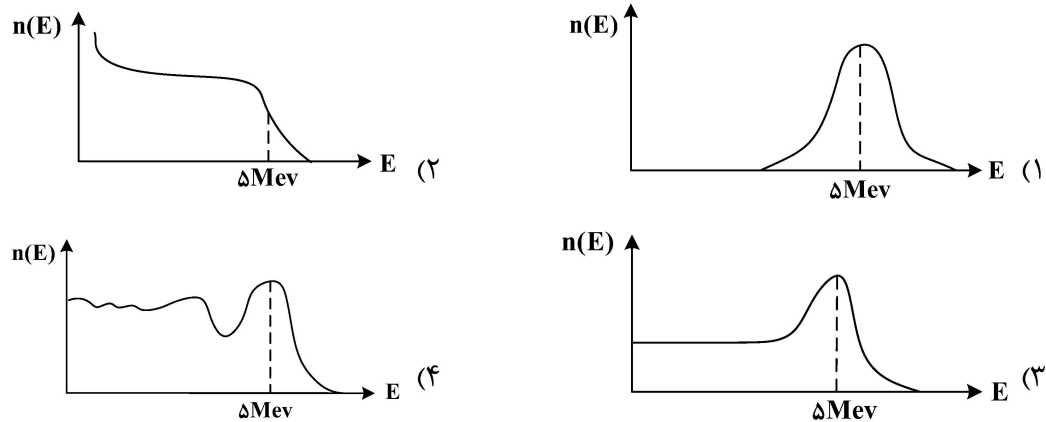
(۲) ساخت دوزیمترهای TLD، ارزان‌تر از دوزیمتر فیلم بیج است.

(۳) دوزیمتر TLD، بدون هرگونه محوشدگی هستند.

(۴) دوزیمترهای TLD، نیازی به کالیبراسیون ندارند.



۹۰- کدام شکل زیر، بیانگر تابع پاسخ آشکارساز سوسوزنی  $NE_{213}$  به فوتون با انرژی  $\Delta MeV$  است؟



۹۱- در یک آشکارساز گازی، اگر  $N$  تعداد الکترون‌های اولیه تولیدشده از تابش و  $\delta$ ، تعداد متوسط برهم‌کنش فوتوالکتریک ناشی از جفت الکترون یون باشد، کدام مورد زیر، بیانگر ضریب تکثیر آشکارساز گازی است؟

$$M = N + \delta N^2 \quad (1) \quad M = \frac{N}{1 - N\delta} \quad (2)$$

$$M = \frac{1}{1 - N\delta} \quad (3) \quad M = \frac{N}{1 - (N\delta)^2} \quad (4)$$

۹۲- انرژی یونش در یک آشکارساز  $31 eV$  است. تنها ۵ درصد از پروتوهای ایکس با انرژی  $3/1 MeV$  در این آشکارساز ایجاد یونش می‌کنند. اگر ظرفیت خازنی آشکارساز  $200 pF$  و ضریب تکثیر آن ۲ باشد و  $10$  فوتون ایکس هم‌زمان وارد این آشکارساز شوند، دامنه ولتاژ ایجادشده چه مقدار است؟

(بار الکترون  $= 1.6 \times 10^{-19} C$ )

$$160 mV \quad (1) \quad 160 \mu V \quad (2)$$

$$80 mV \quad (3) \quad 80 \mu V \quad (4)$$

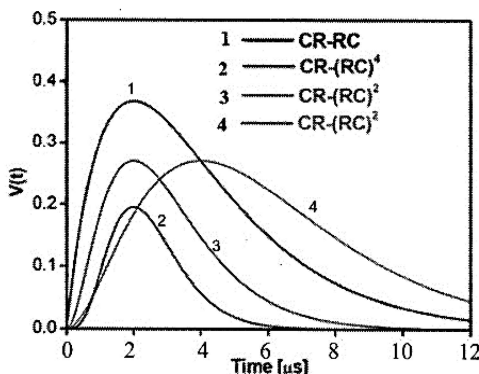
۹۳- در اندازه‌گیری تابش، شمارش ناخالص ثبت‌شده در مدت‌زمان  $10$  دقیقه برابر  $1000$  شمارش است. شمارش زمینه ثبت‌شده در مدت‌زمان  $5$  دقیقه،  $100$  است. اگر زمینه ثابت بماند و زمان اندازه‌گیری شمارش زمینه را  $20$  برابر کنیم. خطای نسبی نرخ شمارش خالص چه تغییری خواهد کرد؟

(۱) حدود ۳٪ افزایش می‌یابد. (۲) حدود ۱۰٪ کاهش می‌یابد.

(۳) کمتر از ۱٪ کاهش می‌یابد. (۴) تغییری نمی‌کند.

۹۴- در شکل زیر، در صورتی که ثابت زمانی مدار  $CR-RC$ ، برابر با  $4$  میکروثانیه باشد، ثابت زمانی کدام مدار

$CR-RC^{II}$  همان  $4$  میکروثانیه است؟



Pulse shape of the  $CR-(RC)^n$  circuit.

(۱) فقط مدار  $CR-RC$  منحنی شماره ۱

(۲)  $CR-RC^4$  منحنی شماره ۲

(۳)  $CR-RC^2$  منحنی شماره ۳

(۴)  $CR-RC^2$  منحنی شماره ۴

۹۵- کدام آشکارسازهای زیر، به ترتیب، برای نوترون‌های حرارتی و جداسازی نوترون - گاما مناسب است؟

(۱)  $BF_3$  و NE-۲۱۳

(۲) HPGE و NE-۲۱۳

(۳) NaI و  $BF_3$

(۴) NE-۲۱۳ و LYSO

۹۶- آنژیوگرافی تشدید مغناطیسی هسته‌ای بر مبنای روش بهبود فلوی خون استوار است. از کدام تکنیک برای ایجاد

تصاویری از آناتومی رگ‌های عروقی استفاده می‌شود؟

(۱) تزریق مواد حاجب

(۲) کنتراست فاز و زمان پرواز

(۳) کنتراست فاز و نشانه‌گذاری اسپین شریانی

(۴) نشانه‌گذاری اسپین شریانی و زمان پرواز

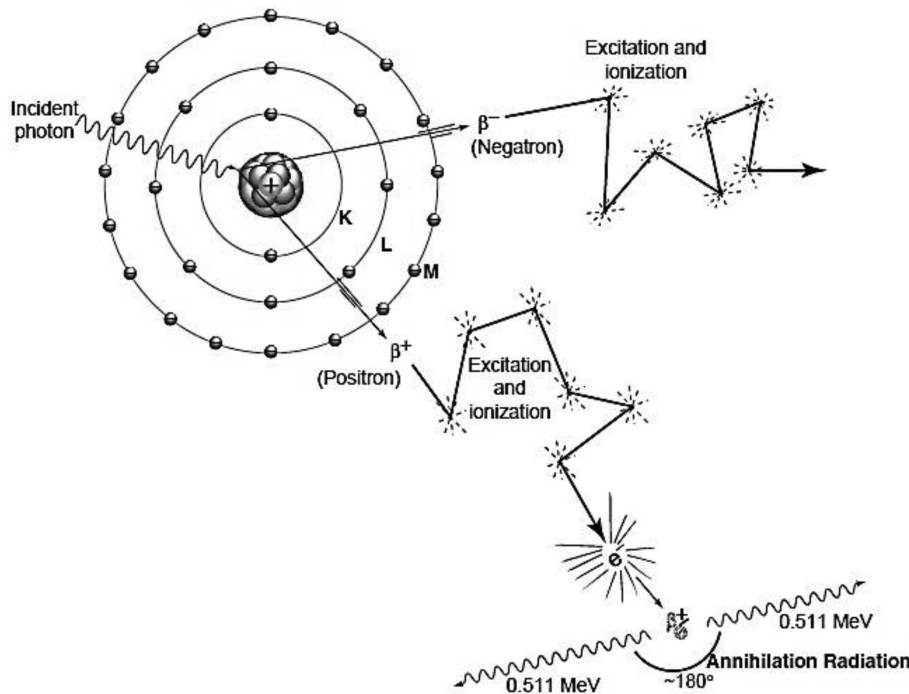
۹۷- کدام سیستم تصویربرداری پزشکی، براساس مفهوم شکل زیر است؟

(۱) CT

(۲) MRI

(۳) PET

(۴) SPECT



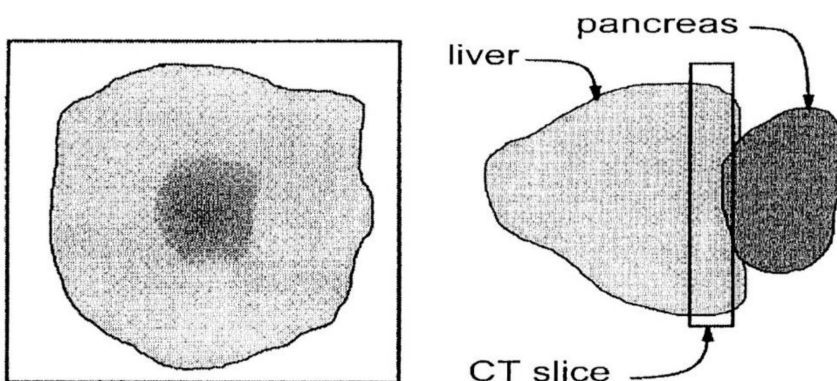
۹۸- در تصویر حاصله از سیستم توموگرافی کامپیوتری، کدام آرتیفکت در شکل زیر نشان داده شده است؟

(۱) حجم جزئی

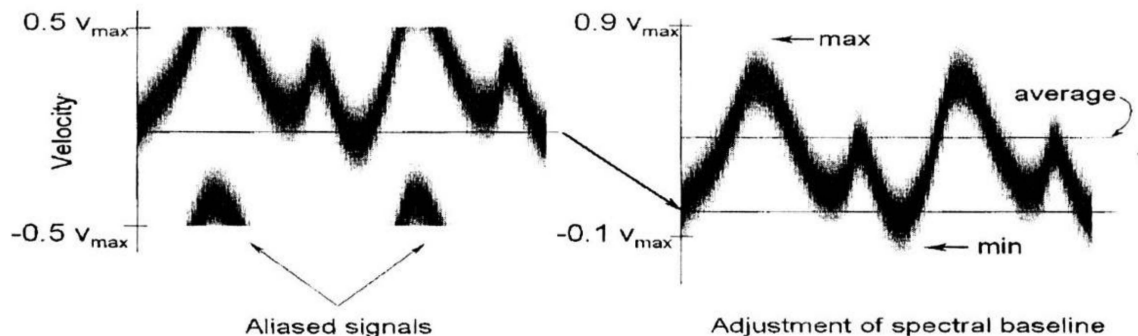
(۲) حرکتی

(۳) حلقوی

(۴) ناشی از سخت شدن پرتو



۹۹- در سیستم تصویربرداری اولتراسونیک، معیارهای کمی‌سازی ضربه‌پذیری و مقاومتی، به ویژگی‌های طیف داپلر بستگی دارند. با توجه به شکل زیر، معیار مقاومتی (RI) از کدام رابطه محاسبه می‌شود؟



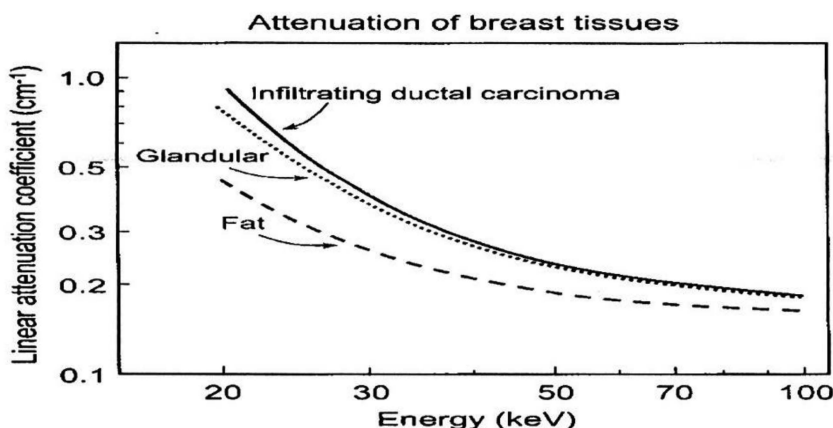
$$RI = (\max - \min) / \max \quad (۲)$$

$$RI = (\max - \min) / \text{average} \quad (۱)$$

$$RI = \min / \text{average} \quad (۴)$$

$$RI = \min \times \max / \text{average} \quad (۳)$$

۱۰۰- در روش تصویربرداری ماموگرافی، کنتراست تصویر با توجه به شکل زیر، در کدام حالت بهبود می‌یابد؟



(۲) افزایش شیفتمیایی

(۱) کاهش ضریب تضعیف خطی

(۴) کاهش انرژی

(۳) افزایش نویز

۱۰۱- اگر روابط زمانی زیر، نشانگر تغییرات بردارهای مغناطیس‌شدگی طولی و عرضی در سیستم تصویربرداری تشدید مغناطیسی هسته‌ای باشد، نسبت زمان آسایش اسپین - شبکه به زمان آسایش اسپین - اسپین، معادل کدام عبارت است؟

$$M_{xy}(t) = M_o e^{-\frac{t}{T_2}}$$

$$M_z(t) = M_o (1 - e^{-\frac{t}{T_1}})$$

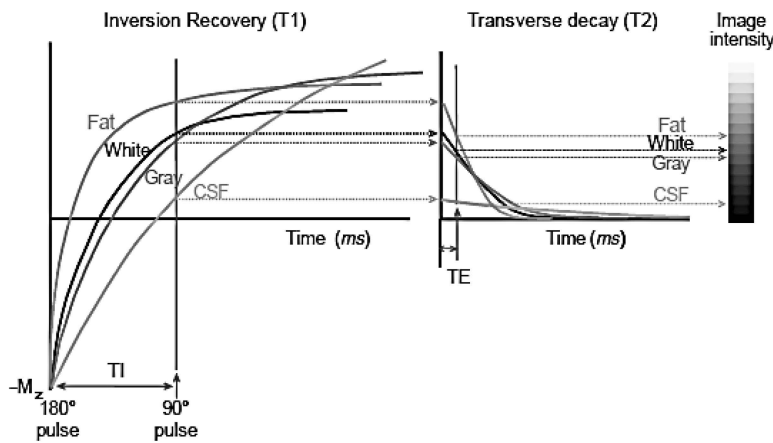
$$\frac{\ln(M_{xy}(t)/M_o)}{\ln(1 + M_z(t)/M_o)} \quad (۲)$$

$$\frac{\ln(M_z(t)/M_o)}{\ln(M_{xy}(t)/M_o)} \quad (۱)$$

$$\frac{\ln(1 - M_z(t)/M_o)}{\ln(M_{xy}(t)/M_o)} \quad (۴)$$

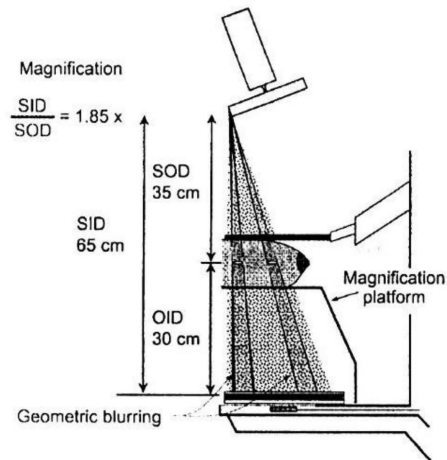
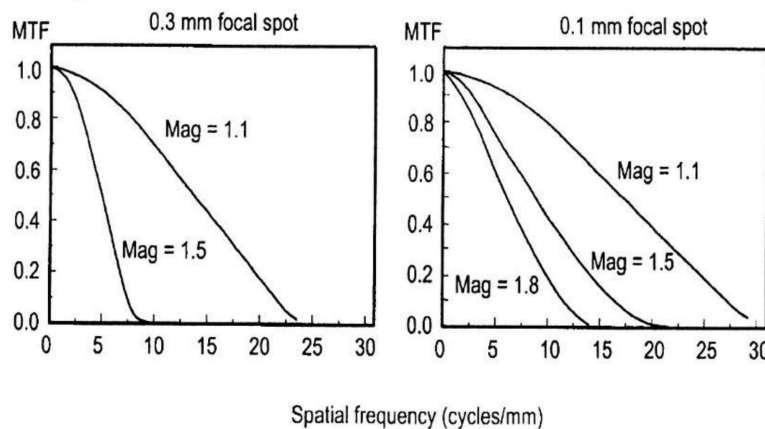
$$\frac{\ln(M_{xy}(t)/M_o)}{\ln(1 - M_z(t)/M_o)} \quad (۳)$$

۱۰۲- در سیستم تصویربرداری تشدید مغناطیسی هسته‌ای، شکل زیر ناشی از اعمال پالس تحریک  $180^\circ$  درجه است. شدت سیگنال و کنتراست تصویر به چه عواملی بستگی دارند؟



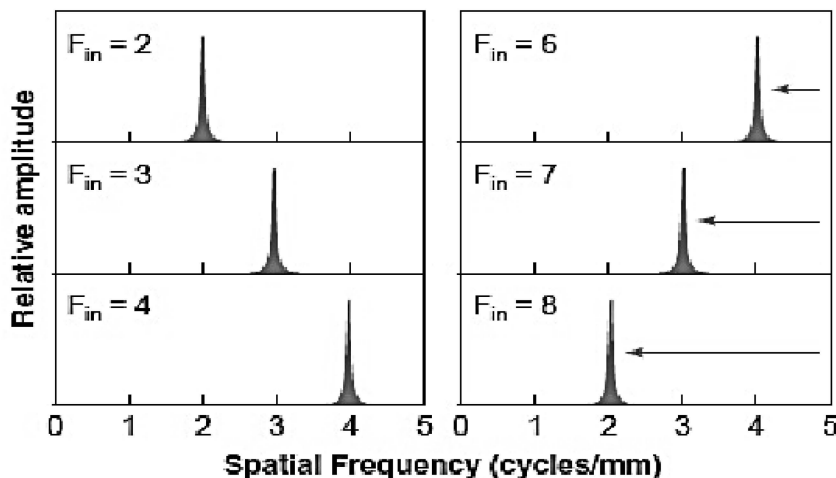
- (۱)  $T_2$  و TE
- (۲)  $T_1$  و TE
- (۳)  $T_1$  و  $T_2$
- (۴)  $T_1$  و  $T_1$

۱۰۳- با توجه به اشکال زیر، در کدام حالت اجزای بسیار کوچک و ریز در تصویر پستان حاصله از سیستم تصویربرداری، بهتر مشخص و مشاهده می‌شوند؟



- (۱) اندازه کانونی  $1^\circ$  و بزرگنمایی هندسی  $1/8$
- (۲) اندازه کانونی  $1^\circ$  و بزرگنمایی هندسی  $1/5$
- (۳) اندازه کانونی  $3^\circ$  و بزرگنمایی هندسی  $1/8$
- (۴) اندازه کانونی  $3^\circ$  و بزرگنمایی هندسی  $1/5$

۱۰۴- با توجه به شکل زیر، اثر الیاسینگ (aliasing) در تصویر، وقتی فرکانس نایکوئیست پنج سیکل بر میلی‌متر باشد، در کدام فرکانس ورودی رخ می‌دهد؟



- (۱) ۲ و ۴
- (۲) ۳ و ۷
- (۳) ۴ و ۸
- (۴) ۶ و ۸

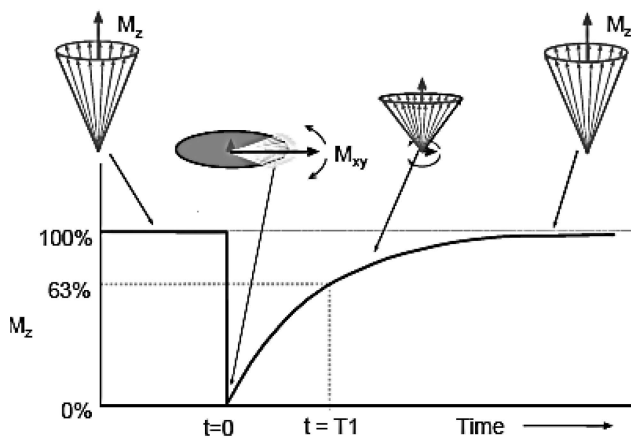
۱۰۵- در سیستم تصویربرداری تشدید مغناطیسی هسته‌ای، تغییرات بردار مغناطیس‌شدگی با زمان در شکل زیر نشان داده شده است. در زمان  $t = 0$ ، پالس چنددرجه جهت تحریک سیستم اسپینی اعمال شده است؟

(۱) ۴۵

(۲) ۹۰

(۳) ۱۰۰

(۴) ۱۸۰



گذاخت:

۱۰۶- کدام مورد، از کاربردهای میدان میلر است؟

- (۱) آرایش میدان در خصوص کاربرد پلاسمای داغ
- (۲) عدم وجود میدان مغناطیسی قطبی در توکامک
- (۳) محصورسازی ذرات باردار
- (۴) نبود ذرات باردار چرخان به دور میدان

۱۰۷- چرا می‌توان پلاسمای را از نظر بار الکتریکی خنثی فرض کرد؟

- (۱) پلاسمای سیال نیست.
- (۲) تابع قانون فارادی نیست.
- (۳) بار در اثر هدایت الکتریکی سریعاً جریان پیدا می‌کند.
- (۴) ثابت دی‌الکتریک خلأ بسیار کوچک است.

۱۰۸- کدام مورد، در خصوص اجزای توکامک درست است؟

- (۱) چنبره متقارن محوری، میدان مغناطیسی بزرگ، فشار متوسط پلاسمای و یک جریان
- (۲) سیم‌پیچ و یک راکتور استخری دارد که با آب معمولی پر می‌شوند.
- (۳) لوبیاشکل یا دایروی است ولی اجزای آن متقارن نیستند.
- (۴) توکامک همان پلاسمای به بیان دیگر و کلی است.

۱۰۹- موج هیبرید پایین‌تر چیست؟

- (۱) یک موج الکترواستاتیک که به موازات میدان مغناطیسی انتشار پیدا می‌کند.
- (۲) یک موج الکترواستاتیک که عمود بر میدان مغناطیسی انتشار پیدا می‌کند.
- (۳) یک موج الکترومغناطیسی که به موازات میدان انتشار پیدا می‌کند.
- (۴) نمی‌تواند پلاسمای را گرم کند.

۱۱۰- کدام مورد، گرمایش اولیه در پلاسمای است؟

- (۱) گرم کردن پلاسمای در توکامک از طریق گرمای ژول
- (۲) گرم کردن پلاسمای از طریق به‌کارگرفتن اورانیوم تهی‌شده
- (۳) گرم کردن پلاسمای در توکامک با استفاده از مکانیک جامدات
- (۴) در تمام شرایط، پلاسمای در توکامک به گرمایش نیاز ندارد.

۱۱۱- سه دسته مهم تراپرد در پلاسما کدام‌اند؟

- (۱) ناپایداری‌های خرد - ناپایداری‌های کلان - ناپایداری کینک
- (۲) سیستم‌های پایدارکننده - گرمایش ثانویه - پدیده کمپتون
- (۳) رسانش حرارتی - پخش ذرات - پخش میدان مغناطیسی
- (۴) پدیده تونل زنی - ناپایداری حلزونی - ناپایداری خرد

۱۱۲- قسمت‌های اصلی یک راکتور گداخت کدام‌اند؟

- (۱) مغناطیس ابررسانا - دستگاه زدپینچ - دستگاه پلاسما کانونی.
- (۲) مغناطیس ابررسانا - لیتیم - دستگاه تتاپینچ - میدان الکتریکی کوچک.
- (۳) پوشش ثانویه - دیواره ثانویه - عایق مسطح - عایق خم شده - دیواره نیمه‌عایق
- (۴) پلاسما مرکزی - دیواره اولیه و مواد ساختاری - لایه پوشش و لایه حفاظتی - پیچ‌های مغناطیس ابررسانا

۱۱۳- حداکثر دمای قابل دستیابی با گرمایش اهمی، به‌طور معمول چقدر است؟

- (۱) اصولاً با گرمایش اهمی، شاهد فعل‌وانفعال معنی‌داری در پلاسما نخواهیم بود.
- (۲) کمتر از حدود ۵۰ میلیون درجه
- (۳) نزدیک به درجه حرارت اتاق
- (۴) حدود درجه حرارت کلون

۱۱۴- کدام مورد، تعریف شعاع دمای است؟

- (۱) بُردی است که در آن، میدان مغناطیسی صفر است.
- (۲) بُردی است که در آن، میدان الکتریکی عملاً صفر است.
- (۳) بُردی است که در آن، اثر انحراف با شعاع بزرگ دیده می‌شود.
- (۴) بُردی است که در آن فاصله، میدان الکتریکی ذره باردار عملاً اثر می‌کند.

۱۱۵- کدام مورد، به مهم‌ترین ویژگی در تعریف استلارتور اشاره دارد؟

- (۱) جریان چنبره‌ای خالص که در استلارتور حرکت دارد، مربوط به اثر خودراه‌اندازی ذاتی آن است.
- (۲) یک ساختار چنبره‌ای چهاربعدی که از چند سیستم مارپیچی به‌صورت حداقل ۲ چنبره تشکیل شده است.
- (۳) تعداد زیادی پیچه با میدان غیرمارپیچی
- (۴) استلارتور همان توکامک است.

۱۱۶- بر اساس مطالعات نظری، کدام مورد در خصوص فراوانی الکترون‌های گریزان درست است؟

- (۱) بستگی زیادی به یون‌ها دارد.
- (۲) در ناپایداری پلاسما نقش ندارند.
- (۳) بستگی نزدیکی با چگالی ذرات دارد.
- (۴) در برخورد با دیواره اولیه، باعث از بین رفتن دیواره می‌شوند.

۱۱۷- کدام مورد، بیانگر معادله پایداری پلاسما است؟

$$P(r) + \frac{B^2(r)}{2\mu} = \frac{B^2(a)}{2\mu} \quad (۲) \quad \oint \frac{\vec{B}}{\mu} \circ d\vec{\ell} = \iint j_n ds \quad (۱)$$

$$\pi r^2 B_z = \text{const.} \quad (۴) \quad \vec{J} = \frac{\vec{\nabla} \times \vec{B}}{\mu} \quad (۳)$$

۱۱۸- کدام مورد، در خصوص هزینه‌ای که برای نیروگاه گداخت باید مصرف شود تا از نظر زیست‌محیطی قابلیت عملکرد مناسب داشته باشد، درست است؟

- (۱) نوع هدف تعیین‌کننده منابع ناخالصی بوده، هزینه آن قابل صرف‌نظر کردن است.
- (۲) این هزینه را نباید در جدول مخارج اصلی نیروگاه به‌کارگرفت.
- (۳) به‌طور مقایسه‌ای، از بقیه نیروگاه‌ها کمتر است.
- (۴) صرفاً بستگی به ماده غیراز سوخت در هدف دارد.

۱۱۹- کدام تعریف زیر، در خصوص تولید «تتاپینچ» درست است؟

- (۱) توسط یک جریان سمتی با رشد سریع در یک رسانای تک‌حلقه‌ای خارجی که به دور لوله حاوی پلاسما پیچیده شده است، تولید می‌شود.
- (۲) این جریان نمی‌تواند مولد یک میدان مغناطیسی که پلاسما را گرم و فشرده می‌کند، باشد.
- (۳) به‌وضوح دیده می‌شود جریان به‌قدر کافی زیاد نیست و نقشی ندارد.
- (۴) جریان الکتریکی قدرتمند نمی‌تواند به‌طور دائمی باعث تراکم شود.

۱۲۰- شرط توانایی رقابت نیروگاه‌های گداخت لختی در اندازه‌های کوچک، کدام است؟

- (۱) کاهش هزینه‌های محرک برای به دست آوردن مجدد «توازن» با سایر زیرسیستم‌های نیروگاه
- (۲) بسیار کمتر بودن هزینه تولید الکتریسیته در این نیروگاه‌ها از سایر نیروگاه‌ها
- (۳) مستقل بودن هزینه‌های محرک از مخارج سایر سیستم‌های نیروگاهی
- (۴) عدم نیاز زمان و هزینه لازم برای بازسازی شرایط محفظه

۱۲۱- اگر  $\rho R$  بیانگر چگالی سطحی سوخت  $\left(\frac{g}{cm^2}\right)$  باشد، شبیه‌سازی‌ها و محاسبات نشان می‌دهد که برای دستیابی به

بهره بیش از ۱۰۰٪، باید کسر سوخت بیشتر از سی درصد باشد که در این صورت،  $\eta \approx 10\%$  خواهد شد. کدام مورد درست است؟

- (۱)  $\rho R$ ، مستقل از چگالی سختی سوخت است.
- (۲) تغییرات حالات کپسول گداخت لختی، با بهره بالا بیان نمی‌شود.
- (۳) چگالی نهایی سوخت، عموماً پس از تغییرات کامل کپسول به‌وجود می‌آید که قابل اندازه‌گیری نیست.
- (۴) مقدار  $\rho R$  موردنیاز برای انفجار کپسول گداخت لختی با بهره بالا، باید بیش از  $\frac{3gr}{cm^2}$  باشد.

۱۲۲- برای راکتورهای گداخت لختی، هدف‌ها در نقطه کانونی لیزرها باید با چه آهنگی پرتاب شوند؟

- (۱) در نقطه کانونی آهنگ پرتاب قابل اندازه‌گیری نیست و فرایند تنظیم به زمان بستگی دارد.
- (۲) این آهنگ پرتاب در نقطه کانونی باید یک تا ده هرتز (Hz) باشد.
- (۳) در نقطه کانونی آهنگ قابل قبول حداکثر صفر است.
- (۴) آهنگ پرتاب در نقطه کانونی معنی ندارد.

۱۲۳- جذب تشدید عبارت از تبدیل موج الکترومغناطیسی لیزر فرودی به امواج الکترونی پلاسماست. کدام مورد در خصوص افزایش یا کاهش ضریب جذب تشدید درست است؟

- (۱) با تبدیل موج الکترومغناطیسی لیزر فرودی رابطه‌ای نداشته و مستقل از آن است.
- (۲) داده‌های تجربی، با تعریف بالا در خصوص جذب تشدید همخوانی ندارد.
- (۳) با نسبت  $(I\lambda^2)^{\frac{1}{2}}$  افزایش می‌یابد.
- (۴) فقط با نور قطبی رابطه دارد.

۱۲۴- در پلاسمای  $q_s$  فاکتور ایمنی چه نامیده می‌شود؟

- (۱) هر چه فاکتور ایمنی بیشتر شود، پلاسما پایدارتر می‌شود.
- (۲) براساس نتایج تجربی، فاکتور ایمنی کوچک‌تر از صفر است.
- (۳) فاکتور ایمنی، در هدایت الکتریکی پلاسما اثرگذار است.
- (۴) فاکتور ایمنی، نقشی در پایداری پلاسما ندارد.

۱۲۵- پلاسمایی که از میدان مغناطیسی می‌گریزد، به محض برخورد با یک سطح جامد چه تغییری می‌کند؟

- (۱) گریز بالا باعث محصورسازی به روش لختی می‌شود.
- (۲) با سرعت محسوسی، به‌طور فوق‌العاده گرم می‌شود.
- (۳) به‌طور خودبه‌خودی، باعث تکثیر پلاسما می‌شود.
- (۴) به سرعت سرد می‌شود.