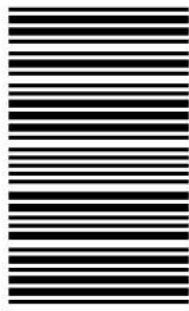


کد کنترل

537

A



537A

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه متمرکز) - سال ۱۴۰۰

دفترچه شماره (۱)

صبح جمعه

۹۹/۱۲/۱۵



«اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می شود.»

امام خمینی (ره)

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

رشته مهندسی هسته‌ای - راکتور - (کد ۲۳۶۶)

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: - حفاظت در برابر اشعه - محاسبات عددی پیشرفته - فیزیک راکتور - تکنولوژی نیروگاه‌های هسته‌ای	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 پاسخنامه را تأیید می‌نمایم.

امضا:

- ۱- کبالت - ۶۰ در هر واپاشی دو فوتون گاما با انرژی ۱/۱۷ و ۱/۳۳ مگا الکترون ولت و یک ذره بتا با انرژی ماکزیمم ۰/۳۱۴ مگا الکترون ولت تولید می‌کند. یک محلول حاوی کبالت - ۶۰ با اکتیویته $\frac{MBq}{\ell}$ ۱۰، متوسط چگالی توان چند وات بر کیلوگرم است؟ (فرض کنید حجم ماده بی‌نهایت است).

(۱) $4/2 \times 10^{-6}$

(۲) $12/6 \times 10^{-6}$

(۳) $4/2$

(۴) $12/6$

- ۲- با قرار دادن حفاظ از جنس سرب با ضخامت‌های مختلف جلو چشمه پرتوزایی، شمارش‌های زیر ثبت شده است. ضریب تضعیف خطی سرب برای این چشمه، چند cm^{-1} است؟

ضخامت (cm)	۰	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴
شمارش ثانیه	۱۰۰۰	۸۸۰	۷۷۰	۶۸۰	۶۰۰	۵۰۰	۴۵۰	۴۰۰

(۱) $0/1 cm^{-1}$

(۲) $10 cm^{-1}$

(۳) $0/0693 cm^{-1}$

(۴) هیچ کدام

- ۳- در اثر بروز یک سانحه ۱۸۵ kBq از ^{131}I به بدن یک تکنسین پزشکی هسته‌ای وارد می‌شود. ۳۷ kBq در تیروئید او قرار می‌گیرد و مابقی در سایر اعضا. با استفاده از دستگاه شمارش تیروئید، مسئول فیزیک بهداشت دز تیروئید او را ۶۱/۵ mSv و دز سایر قسمت‌ها را ۰/۱۳ mSv بر آورد می‌نماید. اگر ضریب وزنی بافت (W_T) برای تیروئید ۰/۰۵ باشد، دز مؤثر او چقدر است و آیا از حد دز سالانه پرتوگیری شغلی تجاوز کرده است؟

(۲) بیشتر از حد دز سالانه، $30/84 mSv$

(۱) کمتر از حد دز سالانه، $3/2 mSv$

(۴) بیشتر از حد دز سالانه، $61/37 mSv$

(۳) کمتر از حد دز سالانه، $61/68 mSv$

- ۴- کدام مواد به منظور حفاظ‌سازی چشمه نوترونی مناسب‌تر هستند؟

(۲) پلی‌اتیلن و آهن

(۱) پلی‌اتیلن و آلومینیوم

(۴) همه موارد

(۳) آب و مواد شکاف‌پذیر

- ۵- فرض کنید مقدار $200 \frac{\text{Bq}}{\text{min}}$ از ید -۱۳۱ به داخل یک آزمایشگاه با ابعاد $10 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ نشت می کند. برای آن که در حالت پایدار غلظت ید -۱۳۱ در هوای آزمایشگاه از DAC که برای ید -۱۳۱ برابر با $740 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3}$ است، تجاوز ننماید، نرخ تهویه کدام است؟

(۱) $0.27 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$

(۲) $1.67 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$

(۳) $3.7 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$

(۴) $6.16 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$

- ۶- شار تابش ترمزی در فاصله 20 cm از یک چشمه ^{32}P ($E_{\text{max}} = 1.71 \text{ MeV}$) با فعالیت 1 Ci که داخل حفاظ سربی $(Z = 82)$ با ضخامتی برابر با برد ماکزیمم ذرات بتا قرار گرفته است، چند فوتون $\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ است؟

(۱) 9.1×10^{-7}

(۲) 6.4×10^{-7}

(۳) 3.6×10^{-5}

(۴) 1.2×10^{-5}

- ۷- برای فوتون با انرژی 0.51 MeV (با عدد جرمی A و عدد اتمی Z) و برای فوتون با انرژی 0.1 MeV ، حفاظ ۲ (با عدد جرمی $2A$ و عدد اتمی $2Z$) استفاده شده است. نسبت سطح مقطع واکنش فوتوالکتریک در حفاظ ۱ به حفاظ ۲ برای این فوتون ها کدام است؟

(۱) ۱۶۰۰۰

(۲) ۶۳

(۳) ۰/۰۱۶

(۴) ۰/۰۰۱

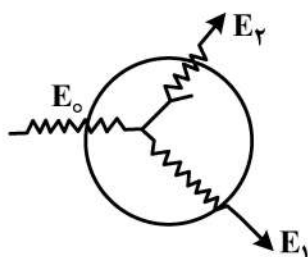
- ۸- در شکل زیر فوتونی با انرژی E_0 وارد حجم حساس در هوا شده و پراکندگی کامپتون رخ داده و فوتون با انرژی E_1 از حجم حساس خارج می شود. الکترون پس زده شده در ادامه تابش ترمزی برایش رخ می دهد و فوتون با انرژی E_2 از حجم حساس خارج می شود. با فرض واحد بودن جرم حجم حساس، مقادیر دز و کرما کدام است؟

(۱) $K = E_0 - E_1$, $D = E_0 - E_1$

(۲) $K = E_0 - E_1 - E_2$, $D = E_0 - E_1$

(۳) $K = E_0 - E_1$, $D = E_0 - E_1 - E_2$

(۴) $K = E_0 - E_1 - E_2$, $D = E_0 - E_1 - E_2$



- ۹- فرض کنید یک نمونه حاوی کبالت - ۵۹ به مدت یک هفته در راکتور تحت تابش نوترون حرارتی با شار $10^{11} \frac{n}{cm^2.s}$ قرار می‌گیرد. اگر اکتیویته کبالت - ۶۰ تولیدی $1 \mu Ci$ باشد و سطح مقطع واکنش (n, γ) جذب نوترون 36 بارن و نیمه عمر کبالت - ۶۰ برابر با $5/6$ سال باشد، تعداد اتم‌های کبالت - ۵۹ در نمونه اولیه کدام است؟

(۱) $1/3 \times 10^{17}$

(۲) $1/3 \times 10^{20}$

(۳) $2/45 \times 10^{17}$

(۴) $2/45 \times 10^{20}$

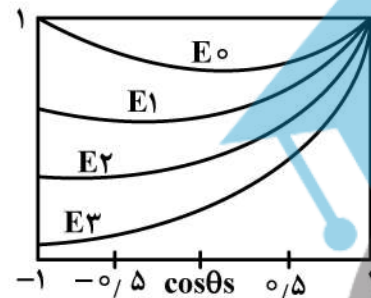
- ۱۰- در شکل زیر، نمودار سطح مقطع میکروسکوپی کامپتون در برخورد فوتون با انرژی‌های مختلف با الکترون بر حسب $\cos \theta$ رسم شده است. کدام مورد در خصوص انرژی فوتون‌های فرودی صحیح است؟ (θ زاویه پراکندگی کامپتون است.)

(۱) $E_1 < E_2 < E_3 < E_0$

(۲) $E_3 < E_2 < E_1 < E_0$

(۳) $E_3 > E_2 > E_1, E_0 \approx 0$

(۴) $E_3 < E_2 < E_1, E_0 \approx 0$



- ۱۱- براساس مقررات ملی و توصیه‌های بین‌المللی افرادی که به کار با اشعه اشتغال دارند، باید به صورت دوره‌ای مورد معاینات و آزمایش‌های پزشکی قرار گیرند. کدام گزینه از اهداف انجام این معاینات است؟

(۱) ارزیابی پرتوگیری شغلی فرد به منظور مقایسه با حدود دز

(۲) ارزیابی پرتوگیری داخلی به منظور لحاظ نمودن آن در دز مؤثر

(۳) بررسی‌های اپیدمیولوژیکی برای ارزیابی وقوع سرطان و اثرات ژنتیکی بین پرتوکاران

(۴) بررسی علائم و بیماری‌هایی که در صورت وقوع، ادامه کار با اشعه برای پرتوکار زیان‌آور است.

- ۱۲- کدام مورد بیشترین پرتوگیری را در انسان به وجود آورده است؟

(۱) پرتوگیری ناشی از استنشاق گاز رادن

(۲) سوانح هسته‌ای نظیر سانحه چرنوبیل و فوکوشیما

(۳) پرتوگیری ناشی از کارکرد راکتورهای هسته‌ای در جهان

(۴) پرتوگیری از آزمایشات پرتو تشخیصی و درمانی نظیر رادیولوژی و پزشکی هسته‌ای

- ۱۳- در مورد ارتباط دز جذبی و کرما در عمق بافت کدام عبارت صحیح است؟

(۱) کرما در عمق مشخصی ماکزیمم می‌شود و در آن عمق با دز جذبی برابر است.

(۲) کرما همواره با افزایش ضخامت (عمق بیشتر) کاهش می‌یابد.

(۳) کرما همیشه از دز جذبی کمتر است.

(۴) کرما و دز جذبی با هم برابر هستند.

۱۴- کدام عبارت نادرست است؟

- (۱) در تعیین معادل دز از ضرایب QF و در تعیین دز معادل از ضرایب W_R استفاده می‌شود.
 - (۲) QF تعبیری از LET است که به صورت تابعی ریاضی از LET نامحدود است.
 - (۳) دز معادل، خطرات ناشی از تابش بر هر بافت بدن را تخمین می‌زند.
 - (۴) RBE به مقدار انرژی پرتو بستگی ندارد و مستقل از نوع پرتو است.
- ۱۵- مطابق قوانین و مقررات ملی و بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوها، در مورد پرتوگیری شغلی کدام مورد درست است؟

- (۱) حدود دز مردم عادی، برابر $\frac{1}{10}$ پرتوگیری شغلی است.
- (۲) دز معادل برای عدسی‌های چشم از 100 mSv در سال تجاوز نکند.
- (۳) دز معادل برای دست‌ها و پاها و پوست از 100 mSv تجاوز نکند.
- (۴) دز مؤثر سالانه از 50 mSv تجاوز نکند، مشروط بر آن که دز پنج‌ساله فرد از 100 mSv فراتر نرود.

۱۶- در رابطه مبتنی بر تکرار $X_{n+1} = X_n(2 - aX_n)$ ، برای محاسبه $\frac{1}{a}$ ($a > 0$)، کدام یک از موارد زیر صحیح است؟

- (۱) با شروع از هر نقطه در بازه $(\frac{1}{2a}, \frac{3}{2a})$ ، همگرایی مجانبی خطی وجود دارد.
 - (۲) با شروع از هر نقطه در بازه $(\frac{1}{3a}, \frac{1}{2a})$ ، همگرایی مجانبی خطی وجود دارد.
 - (۳) با شروع از هر نقطه در بازه $(\frac{1}{3a}, \frac{1}{2a})$ ، همگرایی مجانبی مرتبه ۲ وجود دارد.
 - (۴) با شروع از هر نقطه در بازه $(\frac{1}{2a}, \frac{3}{2a})$ ، همگرایی مجانبی مرتبه ۲ وجود دارد.
- ۱۷- اگر $x_1 = x_0 + h$ ، $x_2 = x_0 + 2h$ ، $h \neq 0$ باشد، کدام یک از موارد زیر صحیح است؟ ($x_0 < a < x_0 + 2h$)

$$f'(x_0) = \frac{1}{2h} [-3f(x_0) + 2f(x_0 + h) - f(x_0 + 2h)] + \frac{h^2}{3} f''(a) \quad (۱)$$

$$f'(x_0) = \frac{1}{2h} [-3f(x_0) + 4f(x_0 + h) - f(x_0 + 2h)] + \frac{h^2}{3} f''(a) \quad (۲)$$

$$f'(x_0) = \frac{1}{2h} [-3f(x_0) + 4f(x_0 + h) - f(x_0 + 2h)] + \frac{h^2}{3} f''(a) \quad (۳)$$

$$f'(x_0) = \frac{1}{2h} [-3f(x_0) + 2f(x_0 + h) - f(x_0 + 2h)] + \frac{h^2}{3} f''(a) \quad (۴)$$

۱۸- برای تابع $f(x) = x^2$ ، حاصل $\int_0^2 f(x) dx$ با استفاده از روش‌های Trapezoid و Simpson's به ترتیب کدام است؟

(۱) ۲، ۳

(۲) ۴، ۴

(۳) $\frac{8}{3}$ ، ۴

(۴) ۴، $\frac{8}{3}$

۱۹- روش Adams-Bashforth مرتبه ۴ برای حل مسأله مقدار اولیه، به صورت زیر بیان می شود:

$$w_{i+1} = w_i + h F(t_i, h, w_{i+1}, w_i, \dots, w_{i-3})$$

که در آن

$$F(t_i, h, w_{i+1}, w_i, \dots, w_{i-3}) = \frac{h}{24} [55f(t_i, w_i) - 59f(t_{i-1}, w_{i-1}) + 37f(t_{i-2}, w_{i-2}) - 9f(t_{i-3}, w_{i-3})]$$

است. در این خصوص کدام مورد درست است؟

- (۱) این روش ناپایدار است.
- (۲) این روش به شدت پایدار است.
- (۳) این روش پایداری ضعیف دارد.
- (۴) این روش، با توجه به نوع مسئله می تواند پایدار یا ناپایدار باشد.

۲۰- اگر A یک ماتریس معین مثبت $n \times n$ باشد، کدام گزینه صحیح نیست؟

- (۱) A ماتریس غیر منفرد (non-singular) است.
- (۲) برای هر $i \neq j$ ، $(a_{ij})^2 = a_{ii}a_{jj}$
- (۳) برای هر $i = 1, 2, \dots, n$ ، $a_{ii} > 0$
- (۴) برای هر $1 \leq i, j, k \leq n$ ، $\max(|a_{ii}|) \leq \max(|a_{kj}|)$

۲۱- کدام یک از ماتریس های زیر از نوع **Strictly diagonally dominant** (ماتریس قطر غالب) است؟

$$(1) \begin{bmatrix} 7 & 2 & 0 \\ 3 & 5 & -1 \\ 0 & 5 & -6 \end{bmatrix}$$

$$(2) \begin{bmatrix} 7 & 2 & 0 \\ 2 & 5 & -1 \\ 0 & -6 & 5 \end{bmatrix}$$

$$(3) \begin{bmatrix} 6 & 4 & 1 \\ 4 & -5 & 0 \\ -3 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$(4) \begin{bmatrix} 6 & 4 & -3 \\ 4 & -2 & 0 \\ -3 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

۲۲- در حل معادله $x^3 + x - 1 = 0$ به روش تکرار، تعداد تکرارهای لازم جهت رسیدن به دقت 10^{-4} در بازه $[1, 11]$ برابر کدام گزینه است؟ $(\log_{10} 2 = 0.3)$

(۱) ۱۰

(۲) ۱۵

(۳) ۱۷

(۴) ۲۰

۲۳- برای تعیین توزیع شار نوترون در قلب راکتور، از آشکارسازی‌های نوترونی SPND استفاده شده است. اگر در نقاط $x_0 = 2$, $x_1 = 2.75$, $x_2 = 4$ شار نوترونی نرمال شده به ترتیب برابر $\frac{1}{2}$, $\frac{4}{11}$, $\frac{1}{4}$ باشد، کدام یک از روابط زیر بیانگر توزیع شار نوترونی در قلب راکتور بر حسب مختصات خواهد بود؟

$$(1) \frac{1}{22}x^2 - \frac{35}{88}x + \frac{1}{44}$$

$$(2) \frac{1}{22}x^2 - \frac{35}{88}x + \frac{49}{44}$$

$$(3) \frac{1}{88}x^2 - \frac{1}{88}x + \frac{1}{44}$$

$$(4) \frac{1}{88}x^2 - \frac{35}{44}x + \frac{49}{44}$$

۲۴- برای بردار $x = [-1, 1, -2, -3, 1]$ ، مقادیر $\|x\|_2$, $\|x\|_\infty$ به ترتیب در کدام گزینه آورده شده است؟

(۱) ۲ و ۳

(۲) ۳ و ۲

(۳) ۳ و ۴

(۴) ۴ و ۳

۲۵- در رابطه $w = \ln \frac{xy}{z}$ ، چنانچه بازه خطا در اندازه‌گیری پارامترهای x, y, z ، به ترتیب

$0.1 \leq \Delta x \leq 0.1$, $0.2 \leq \Delta y \leq 0.2$, $0.3 \leq \Delta z \leq 0.3$ باشد، برای $x = y = 1$ و $z = 3$ حداکثر خطا در

محاسبه w چقدر است؟

(۱) ۰.۳

(۲) ۰.۴

(۳) ۰.۲

(۴) ۰.۱

۲۶- در طرح‌های قدیمی‌تر راکتورهای MTR، صفحات سوخت در امتداد عرضی کمی انحنا داشته‌اند. دلیل این امر چه بوده است؟

(۱) نوترونیک بهتر (۲) جذب تنش‌های حرارتی

(۳) تسهیل عبور آب خنک‌کننده (۴) گنجانیدن هرچه بیشتر صفحات در بسته سوخت

۲۷- حداکثر ممکن برای ضریب تکثیر یک سیستم تکثیری چقدر می‌تواند باشد؟

(۱) η (۲) f (۳) ϵp (۴) k_{eff}

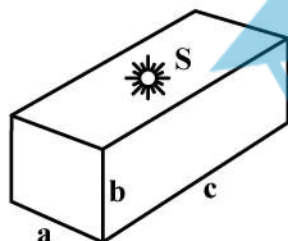
۲۸- در یک راکتور کروی برهنه، اگر نوترون‌های حرارتی دارای طول پخش 25 cm و $K_{\infty} = 2$ باشد، شعاع راکتور چند سانتی‌متر است؟ (چنانچه سیستم بحرانی باشد.)

(۱) ~ 15 (۲) ~ 18 (۳) ~ 53 (۴) ~ 75

۲۹- کدام مواد به‌عنوان بازتابنده در راکتورهای سریع مناسب‌ترند؟

(۱) C (۲) Pb (۳) D_2O (۴) H_2O

۳۰- یک تانک بزرگ محتوی آب مطابق شکل، یک چشمه نوترونی با شدت S را در مرکز خود جا داده است. برای فقط اندازه‌گیری تجربی ϕ چه سیستم مختصاتی مناسب‌تر است؟



(۱) استوانه‌ای

(۲) کارتزین

(۳) کروی

(۴) عمومی

۳۱- راکتوری با ابعاد فوق‌العاده بزرگ موجود است. از نوترون‌های به‌وجود آمده در اثر واکنش زنجیری، چه احتمالی وجود دارد که داخل راکتور جذب شوند؟

(۱) صفر

(۲) ~ 1

(۳) 0.5

(۴) 0.8

۳۲- در یک راکتور سریع کروی با سوخت همگن پلوتونیوم - سدیم، طول پخش محیط برای نوترون‌ها $L = 10\text{ cm}$ فرض می‌شود. اگر ضریب تکثیر بی‌نهایت $K_{\infty} = 1.64$ فرض شود، شعاع بحرانی راکتور بدون در نظر گرفتن طول امتداد یافته چند سانتی‌متر است؟

(۱) 25π

(۲) 20π

(۳) 12.5π

(۴) 2.5π

۳۳- فرض کنید سطح مقطع ماکروسکوپی پراکندگی گرافیت برای نوترون‌هایی با انرژی 1 eV برابر 0.4 cm^{-1} باشد. ضریب پخش برای این نوترون‌ها به‌طور تقریبی چند سانتی‌متر است؟

(۱) 0.9

(۲) 1.9

(۳) 9

(۴) 19

۳۴- دو باریکه نوترونی هر کدام با سرعت $2000 \frac{m}{s}$ و با چگالی $\frac{n}{cm^3}$ با زاویه 90° درجه یکدیگر را قطع

می کنند. شار این دو باریکه در محل تقاطع چند $\frac{n}{cm^2.s}$ است؟

(۱) $4\sqrt{2} \times 10^{11}$

(۲) $4\sqrt{2} \times 10^{13}$

(۳) 8×10^{11}

(۴) 8×10^{13}

۳۵- عمر نوترون های حرارتی در محیط بی نهایتی از ^{235}U ، تقریباً 10^{-8} ثانیه است. اگر عمر این نوترون ها در یک

کره اورانیومی با شعاع معین $3 \times 10^{-9} s$ باشد، احتمال نشت نوترون از کره اورانیومی کدام است؟

(۱) $0/3$

(۲) $0/6$

(۳) $0/7$

(۴) $0/9$

۳۶- نسبت تبدیل برابر واحد در یک راکتور حرارتی، چه معنی می دهد؟

(۱) میزان مواد شکافان (fissile) تولید شده با میزان مواد شکافان مصرف شده برابر است.

(۲) میزان مواد شکافت پذیر (fissionable) مصرف شده با میزان مواد شکافان مصرف شده برابر است.

(۳) میزان مواد شکافت پذیر (fissionable) مصرف شده بیش از میزان مواد شکافان مصرف شده است.

(۴) میزان مواد شکافت پذیر (fissionable) مصرف شده کمتر از میزان مواد شکافان مصرف شده است.

۳۷- نیروگاه های از نوع RBMK (کند کننده - گرافیت، خنک کننده - H_2O) کدام خصوصیت را دارند؟

(۱) خنک کننده آب سبک باید تحت فشار نگاه داشته شود.

(۲) بزرگی حجم قلب موجب دردسر هنگام تعویض سوخت است.

(۳) بزرگ بودن قلب نیازمند تعداد زیادی میله های کنترل است.

(۴) در هنگام افزایش قدرت می تواند راکتیویته مثبت دمانی داشته باشد.

۳۸- منظور از کاربرد سموم قابل سوختن در نیروگاه های هسته ای کدام است؟

(۱) مقابله با سمومی مانند Xe و Sm

(۲) کمک به افزایش ایمنی و کنترل نیروگاه

(۳) پرهیز از بوران محلول در آب و منحصراً استفاده از آن

(۴) کمک به جبران راکتیویته اضافی سوخت در ابتدای کار نیروگاه

۳۹- فشار $2000 psi$ درون محفظه راکتور PWR چگونه تولید می شود؟

(۱) با گردش پمپ مدار اولیه

(۲) با افزایش قدرت و دمای آب مدار اولیه

(۳) با تعبیه سیستم های هیدرولیکی در ابتدای کار راکتور

(۴) با کمک دستگاه فشارنده (Pressuriser) در مدار اولیه

- ۴۰- چرا فشار در مدار ثانویه PWR ها، کمتر از فشار در مدار اولیه است؟
 (۱) برای انتقال گرما به مدار ثانویه
 (۲) برای ایجاد جوشش و تولید بخار
 (۳) برای ایمنی هنگام نشت مواد رادیو اکتیو در حوادث
 (۴) برای افزایش ایمنی و فشار کمتر بر تشکیلات ثانویه
- ۴۱- بیشترین سهم ایجاد رادیو اکتیویته در توربین BWR ها، ناشی از کدام مورد است؟
 (۱) تولید N-16 در داخل راکتور
 (۲) نشت پاره‌های شکافت از راکتور به توربین
 (۳) عناصر رادیو اکتیو گازی تولید شده در پروسه شکافت
 (۴) اکتیویته القایی ناشی از جذب نوترون‌های حرارتی
- ۴۲- نیروگاهی دارای میزان مصرف سوخت متوسط MWd / T ۳۰۰۰۰ است. این نیروگاه به احتمال قوی از چه نوعی است؟
 (۱) CANDU (۲) HTGCR (۳) PWR (۴) FBR
- ۴۳- به کدام علت جریان خنک کننده در راکتور CANDU یک در میان به صورت رفت و برگشتی است؟
 (۱) جهت افزایش راندمان حرارتی
 (۲) ناشی از الزامات ماشین تعویض سوخت
 (۳) بهره‌وری بیشتر در امر انتقال حرارت
 (۴) کاهش تنش حرارتی که یک طرف راکتور خیلی داغ باشد.
- ۴۴- به چه دلیل شبکه چیدمان سوخت در CANDU مربعی است؟
 (۱) بهینه‌سازی ضریب تکثیر
 (۲) الزامات ماشین تعویض سوخت
 (۳) تسهیل در عبور میله‌های کنترل
 (۴) کاهش فضای بلااستفاده در قلب راکتور
- ۴۵- فصل مشترک حادثه‌های TMI و فوکوشیما در کدام مورد بوده است؟
 (۱) خطای آپراتور
 (۲) افزایش لحظه‌ای راکتیویته
 (۳) گرمای پسمان پس از خاموشی راکتور
 (۴) قطع برق شبکه و فقدان برق اضطراری



