



- 1) Um nêutron que é emitido em  $1.0E-02$  segundos após uma reação de fissão é considerado:
- A) térmico
  - B) prontos
  - C) captura
  - D) atrasado
  - E) rápido
- 2) Com relação ao produto de fissão Xe-135 é correto afirmar que:
- A) O nível do fluxo de nêutrons térmicos afeta tanto a produção quanto a remoção do Xenônio 135 no núcleo do reator.
  - B) Os nêutrons térmicos interagem com o Xenônio 135 basicamente por meio da reação de espalhamento.
  - C) O Xenônio 135 é essencialmente um absorvedor de nêutrons na região de ressonância epitérmica.
  - D) O Xenônio 135 é produto do decaimento radioativo do elemento Bário 135.
  - E) O Xenônio 135 atua como principal moderador de nêutrons em um reator PWR.
- 3) Durante a operação de um reator a plena potência, a reatividade diferencial negativa de um banco de controle é menos negativa nas extremidades superior e inferior do que a região central devido:
- A) a concentração de boro do moderador.
  - B) distribuição do fluxo de nêutrons.
  - C) concentração do xenônio.
  - D) distribuição da temperatura do combustível.
  - E) formação de “crud” nas varetas combustível.



4) Dados as seguintes condições iniciais:

Concentração de boro no moderador = 600 ppm

Coefficiente de temperatura do moderador =  $-0.015 \text{ } \Delta K/K/^\circ C$

Reatividade diferencial do boro =  $-0.010 \text{ } \Delta K/K/ppm$

Qual é a concentração final de boro no moderador requerida para a redução da temperatura média do moderador de  $4^\circ C$ ? Assumir que não ocorre mudança na posição das barras ou na potência do reator ou da turbina.

A) 606 ppm

B) 603 ppm

C) 597 ppm

D) 594 ppm

E) 600 ppm

5) Qual é a seção de choque macroscópica e microscópica de fissão para um núcleo de reator que opera com o fluxo de nêutrons térmico da ordem de  $3.0E+13 \text{ n/cm}^2.s$  e com  $1.0E+20 \text{ átomos/cm}^3$  de U-235 e uma taxa de reação de  $1.29E+12 \text{ fissões/cm}^3$ ?

A) 0,035 e 0,025

B) 0,043 e 430

C) 0,175 e 23

D) 1,453 e 0,871

E) 0,520 e 520

6) Na medicina nuclear para o tratamento de câncer utiliza-se o isótopo do Co-60 que emite partículas gamas que destroem as células cancerígenas. O Cobalto-60 decai por emissão de partículas beta e gama com a meia vida de 5,27 anos. Qual é a quantidade de Co-60 restante de uma amostra inicial de 3,42 gramas após 30 anos?

A) 0,56 gramas

B) 1,12 gramas

C) 0,067 gramas

D) 2,12 gramas

E) 0,762 gramas



- 7) Qual das seguintes opções descreve uma condição de reator pronto crítico?
- A) Um período do reator muito longo torna o controle muito lento e sem resposta.
- B) Fissões ocorrem tão rapidamente que a fração efetiva de nêutrons atrasados se aproxima de zero.
- C) Qualquer aumento na potência do reator requer uma adição de reatividade igual à fração de nêutrons prontos no núcleo.
- D) A reatividade positiva líquida no núcleo é maior ou igual à ordem de magnitude da fração de nêutrons atrasados.
- E) O reator encontra-se na condição estável sem mudança significativa na população de nêutrons.
- 8) Em um reator subcrítico,  $K_{eff}$  aumentou de 0,85 para 0,95 por retirada de barra. Qual das seguintes opções corresponde aproximadamente à reatividade inserida ao núcleo do reator?
- A) 0,099  $\Delta K/K$
- B) 0,124  $\Delta K/K$
- C) 0,176  $\Delta K/K$
- D) 0,229  $\Delta K/K$
- E) 0,512  $\Delta K/K$
- 9) Qual das seguintes condições tornará o coeficiente de temperatura do moderador (MTC) mais negativo?
- A) O banco de barras de controle é inserido 5% no núcleo.
- B) A temperatura do combustível diminui de 815 °C para 650 °C.
- C) A concentração de boro no refrigerante do reator aumenta em 20 ppm.
- D) A temperatura do moderador diminui de 260 °C para 230 °C.
- E) O banco de barras de controle não são movimentadas no núcleo.



10) Qual das opções abaixo escreve o efeito na reatividade inicial devido à diminuição da temperatura do moderador em um reator sub-moderado?

- A) Reatividade negativa será adicionada porque mais nêutrons serão absorvidos nas regiões de ressonância durante a termalização dos nêutrons.
- B) Reatividade negativa será adicionada porque mais nêutrons serão capturados no moderador.
- C) Reatividade positiva será adicionada porque menos nêutrons serão absorvidos nas regiões de ressonâncias durante a termalização dos nêutrons.
- D) Reatividade positiva será adicionada porque menos nêutrons serão capturados pelo moderador.
- E) Reatividade negativa será adicionada porque mais fissões ocorrem devido a maior termalização dos nêutrons.

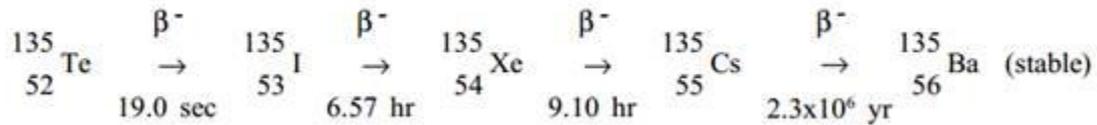
11) Considere um reator heterogêneo formado de barras metálicas de urânio com diâmetro de 3,0 cm dispostas em intervalo regular e espaçadas de 18,0 cm de grafite. Assuma o fator de desvantagem térmica de 1,6 e com assume constante os seguintes dados:

- Densidade do urânio:  $18,7 \text{ g/cm}^3$
- Densidade do grafite:  $1,62 \text{ g/cm}^3$
- Seção de choque de absorção microscópica do urânio: 7,68 Barns
- Seção de choque de absorção microscópica do grafite:  $4,5\text{E}-03$  Barns

O fator de utilização térmica (f) deste reator é:

- A) 1,233
- B) 0,875
- C) 0,933
- D) 2,120
- E) 0,763

12) Considere no núcleo do reator PWR que a formação do elemento Xe-135 é devida diretamente a fissão nuclear e também pela contribuição do decaimento de outros nuclídeos e a remoção do Xe-135 é devido a queima e decaimento, conforme descrita na cadeia abaixo:



Qual das afirmações abaixo é correta:

- A) A concentração de equilíbrio do Xe-135 não depende da potência do reator.
- B) A concentração de equilíbrio do Xe-135 não depende do fluxo de nêutrons.
- C) A concentração do Xe-135 não depende das fissões.
- D) A produção do Xe-135 não depende da potência do reator.
- E) A quantidade da concentração de equilíbrio do Xe-135 é função direta da potência.

13) Considere a afirmação abaixo:

*Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano.*

De acordo com a norma CNEN-NN 3.01, essa condição se aplica para:

- A) Somente para indivíduo ocupacionalmente exposto.
- B) Somente para dose efetiva do indivíduo do público.
- C) Somente para corpo inteiro do indivíduo ocupacionalmente exposto.
- D) Somente para dose efetiva do indivíduo ocupacionalmente exposto.
- E) Somente para cristalino do indivíduo ocupacionalmente exposto.

14) Qual fase do ciclo do combustível o gás enriquecido é transformado em Dióxido de Urânio?

- A) Enriquecimento
- B) Conversão
- C) Reconversão
- D) Fabricação de Pastilha
- E) Mineração

15) Após um determinado valor do campo elétrico todos os íons formados são coletados, e o sinal é então proporcional à energia da radiação incidente. O valor do sinal permanece o mesmo para um intervalo de variação do campo elétrico, em que a coleta das cargas não traz nenhum processo adicional. Nessa região de campo elétrico é que operam os detectores tipo câmara de ionização.

A qual região da figura abaixo se refere o texto acima?



Regiões de operação para detectores a gás.

- A) Não Proporcional
- B) Saturação Iônica
- C) Proporcional
- D) Proporcional Limitada
- E) Geiger Muller

16) Em estatística de Sistemas de contagem nucleares podemos definir dois tipos de erros os sistemáticos e os randômicos. Sobre esses erros assinale a alternativa correta:

- A) Esses erros possuem causas similares e se originam dos mesmos fenômenos.
- B) Os erros randômicos comparam os resultados de uma medida.
- C) Ambos os erros não afetam a precisão de uma medida.
- D) Erros sistêmicos apresentam uma diferença constante entre o valor medido e o valor verdadeiro.
- E) O processo de decaimento radioativo é a causa principal do erro sistêmico.



17) Foi realizada uma medida em que se obteve 100 contagens em 10 minutos. Sabendo que a unidade de medida é CPM (contagem por minuto) qual é a medida e o erro associado para um intervalo de confiança de um desvio padrão?

- A)  $100 \pm 10$
- B)  $10 \pm 10$
- C)  $10 \pm 1$
- D)  $1 \pm 0.1$
- E)  $100 \pm 1$

18) A eficiência de um detector está associada normalmente ao tipo e à energia da radiação e é basicamente a capacidade do detector de registrá-la. A eficiência de um detector pode ser definida de duas formas: eficiência intrínseca e eficiência absoluta. Assinale a alternativa que melhor define as duas formas de eficiência:

- A) A eficiência intrínseca é a razão entre os números de sinais registrados sobre o número de radiações emitidas pela fonte, enquanto a eficiência absoluta é a razão entre o número de sinais registrados e o número de radiações incidentes no detector.
- B) A eficiência absoluta é a razão entre os números de sinais registrados sobre o número de radiações emitidas pela fonte, enquanto a eficiência intrínseca é a razão entre o número de sinais registrados e o número de radiações incidentes no detector.
- C) A eficiência intrínseca é a razão entre o número de radiações emitidas pela fonte sobre os números de sinais registrados, enquanto a eficiência absoluta é a razão entre o número de sinais registrados e o número de radiações incidentes no detector.
- D) A eficiência absoluta é a razão entre o número de radiações emitidas pela fonte sobre os números de sinais registrados, enquanto a eficiência intrínseca é a razão entre o número de sinais registrados e o número de radiações incidentes no detector.
- E) A eficiência absoluta é a razão entre o número de radiações emitidas pela fonte sobre os números de sinais registrados, enquanto a eficiência intrínseca é a razão entre o número de radiações incidentes no detector e o número de sinais registrados.



19) Nêutrons rápidos são atenuados de forma aproximadamente exponencial, onde o coeficiente de atenuação é denominado Seção de Choque Macroscópica, que pode ser avaliado pelo Comprimento de Relaxação, conforme a equação e a tabela abaixo:

$$\phi(x) = \phi(0) \cdot e^{-\Sigma x} = \phi(0) \cdot e^{-\frac{x}{\lambda}}$$

Comprimento de Relaxação aproximado de alguns materiais, para nêutrons rápidos

Material	Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )	Comprimento de Relaxação (cm)
Água	1	10
Grafite	1,62	9
Berílio	1,85	9
Óxido de berílio	2,3	9
Concreto	2,3	12
Alumínio	2,7	10
Concreto baritado	3,5	9,5
Concreto com ferro	4,3	6,3
Ferro	7,8	6
Chumbo	11,3	9

Considere uma fonte de nêutrons e sua blindagem possuindo uma área bem definida variando apenas a espessura. Na hipótese do preço dessa blindagem ser diretamente proporcional a massa do material, qual material de blindagem teria um custo menor para uma atenuação de 90%?

- A) Grafite
- B) Concreto
- C) Concreto Baritado
- D) Concreto com Ferro
- E) Chumbo

20) Um reator é carregado com 100 toneladas de dióxido de Urânio (UO<sub>2</sub>) enriquecido a 4%. O reator opera num nível de potência de 4000 MW para 800 dias antes do desligamento para troca de combustível. Considere que a troca será de 100% dos elementos combustíveis. Qual é o Burnup total e o Burnup específico deste combustível, respectivamente?

- A) 3.200.000 MWd e 36.305 MWd/ton
- B) 320.000.000 MWd e 36.305 MWd/ton
- C) 5 MWd e 13.452 MWd/ton
- D) 3.200.000 MWd e 13.452 MWd/ton
- E) 320.000.000 MWd e 36.000 MWd/ton



- 21) Qual a principal razão de colocar veneno queimável no núcleo do reator?
- A) Diminuir a quantidade de combustível necessária para produzir uma determinada quantidade de calor.
  - B) Diminuir a quantidade de combustível necessária para produzir energia numa determinada duração da operação da planta.
  - C) Permitir que mais elementos combustíveis sejam carregados para prolongar um ciclo de operação.
  - D) Absorver nêutrons que de outra forma seriam perdidos no núcleo.
  - E) Aumentar a quantidade de nêutrons rápidos, desta forma aumentando a eficiência do reator.
- 22) O que é *yellow cake*?
- A) Forma em pó de óxido de urânio (principalmente  $U_3O_8$ ).
  - B) Hexafluoreto de urânio ( $UF_6$ ).
  - C) Dióxido de urânio ( $UO_2$ ).
  - D) *Pellets* cerâmicos.
  - E) Forma natural de urânio oriunda de rocha extraída de mina.
- 23) Qual das respostas abaixo corresponde a um método de mineração de urânio e um processo de enriquecimento, respectivamente?
- A) Lixiviação de pilha e lixiviação por percolação.
  - B) Difusão gasosa e lixiviação *in situ*.
  - C) Lixiviação *in situ* e separação isotópica a laser.
  - D) Moagem convencional e lixiviação por percolação.
  - E) Difusão gasosa e centrifugação a gás.
- 24) Qual é o risco químico mais importante em uma instalação de conversão de urânio?
- A) Desintegração de óxido de urânio.
  - B) Oxidação de urânio.
  - C) Manipulação de fluoretos químicos tóxicos.
  - D) Oxidação do aço dos recipientes de reação.
  - E) Manipulação do *yellow cake*.



25) Segundo a norma “CNEN NN 3.01 - DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA”, qual a definição de Dose Equivalente?

A) Grandeza dosimétrica fundamental expressa por  $D = d\varepsilon/dm$ , onde  $d\varepsilon$  é a energia média depositada pela radiação em um volume elementar de matéria de massa  $dm$ . A unidade no sistema internacional é o joule por quilograma (J/kg), denominada gray (Gy).

B) Expressão da dose efetiva total recebida por uma população ou um grupo de pessoas, definida como o produto do número de indivíduos expostos a uma fonte de radiação ionizante, pelo valor médio da distribuição de dose efetiva desses indivíduos. É expressa em pessoa-Sievert (pessoa.Sv).

C) É a soma das doses equivalentes ponderadas nos diversos órgãos e tecidos. A unidade no sistema internacional é o Joule por quilograma (J/kg), denominada Sievert (Sv).

D) Grandeza expressa por  $HT = Dt \cdot W_r$ , onde  $Dt$  é dose absorvida média no órgão ou tecido e  $W_r$  é o fator de ponderação da radiação. A unidade no sistema internacional é o Joule por quilograma (J/kg), denominada Sievert (Sv).

E) Dose que pode ser evitada por uma ou mais ações protetoras.

26) No ciclo do combustível, assinale a única etapa que, ainda, não é realizada em escala industrial no território nacional.

A) Mineração

B) Conversão

C) Enriquecimento

D) Reconversão

E) Fabricação de pastilhas

27) No contexto das interações de radiação ionizante com a matéria, o valor esperado para a taxa de perda de energia cinética (T) por distância em linha reta (X), representado diferencialmente por  $dT/dX$  é denominado:

A) Meia-Vida (*Half Life*)

B) Atenuação Sintética

C) Produção de Pares

D) *Stopping Power*

E) Efeito Doppler



28) Supondo que uma amostra de um isótopo imaginário possui uma constante de decaimento  $\lambda = 0,06931 \text{ s}^{-1}$ , em quanto tempo a atividade inicial diminuirá em 75%?

- A) 4 s
- B) 10 s
- C) 12 s
- D) 20 s
- E) 24 s

29) O processo de separação isotópica por centrifugação consiste em colocar o hexafluoreto de urânio gasoso,  $\text{UF}_6$  em compartimento adequado, submetendo-o a rotação com elevada velocidade angular. Considere as seguintes afirmativas:

- a) O princípio de funcionamento consiste em fazer o hexafluoreto depletado  $^{238}\text{UF}_6$  concentrar-se preferencialmente em direção ao centro do compartimento, próximo ao eixo do rotor, a fim de ser coletado.
- b) Uma diferença de temperatura entre as extremidades superior e inferior do compartimento estabelece um contra fluxo de gás.
- c) Diversas centrífugas podem ser ligadas em cascatas, a fim de aumentar grau de enriquecimento.

Marque a alternativa correspondente às respectivas afirmativas verdadeiras (V) ou falsas (F).

- A) V-F-V
- B) F-V-V
- C) V-F-F
- D) V-V-V
- E) F-F-V

30) Sejam as reações nucleares em um reator de dimensões infinitas, seja o valor  $f=0,671$  (*fuel utilization*) e o fator de reprodução  $\eta=2,2$  determine o fator de multiplicação (k):

- A) 1
- B) 0,796
- C) 0,31
- D) 3,28
- E) 1,48



31) Seja a fórmula de 4 fatores, utilizada para calcular o fator de multiplicação (K) de reatores com geometria infinita, considerando a faixa de nêutrons térmicos:

$$k_{\infty} = \eta \cdot f \cdot p \cdot \epsilon$$

O termo “p” na referida fórmula corresponde à:

- A) Fração de nêutrons de fissão desacelerados à faixa térmica sem serem absorvidos.
  - B) Fração de nêutrons rápidos que vazam do combustível.
  - C) Fração de nêutrons absorvidos pelo isótopo do combustível.
  - D) Fração de nêutrons que são absorvidos causando novas fissões do isótopo depletado.
  - E) Fração de nêutrons refletida pelo cobertor.
- 32) Relativo ao projeto termo-hidráulico de um reator, assinale a única alternativa FALSA.
- A) A densidade de potência do combustível é limitada principalmente pela temperatura de fusão do núcleo.
  - B) A temperatura de fusão do revestimento do combustível pode ser atingida em caso de fluxo crítico de calor.
  - C) A limitação de temperatura de operação do fluido refrigerante permite que o reator opere dentro de uma faixa adequada.
  - D) A baixa condutividade térmica de combustíveis cerâmicos induz a formação de baixos valores gradientes de temperatura que evitam efeitos deletérios como o inchamento (*swelling*) e o (*cracking*).
  - E) Elevada potência específica é uma qualidade desejada no projeto neutrônico, uma vez que a massa de combustível poderá ser reduzida.

33) “O contador Geiger (também contador Geiger-Müller ou contador G-M) serve para medir certas radiações ionizantes (partículas *alfa*, *beta* ou radiação gama e raios-X, mas não os nêutrons). Este instrumento de medida, cujo princípio foi imaginado por volta de 1913 por Hans Geiger, foi aperfeiçoado por Geiger e Walther Müller em 1928.”



(Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Contador\\_Geiger](https://pt.wikipedia.org/wiki/Contador_Geiger) em 21/03/2018)

Considere as afirmativas:

- Os contadores Geiger são uma subcategoria dos contadores do tipo câmara ionizante e tem por base de funcionamento a coleta de pares iônicos.
- Nestes contadores, um campo elétrico é criado de tal forma que uma avalanche pode se tornar o gatilho para outra, provocando uma reação em cadeia.
- Este instrumento possui uma câmara preenchida por gás.

Marque a alternativa correspondente às respectivas afirmativas verdadeiras (V) ou falsas (F).

- V-F-V
- F-V-V
- V-F-F
- V-V-V
- F-F-V

34) Suponha que um isótopo imaginário “i” possui seção de choque microscópica para fissão ( $\sigma_f$ ) de 2 Barns e possui seção de choque microscópica para absorção ( $\sigma_a$ ) de 3 barns. Supondo que este isótopo “i” libera 3 nêutrons em média a cada fissão ( $\nu$ ), qual será o valor da razão da quantidade de nêutrons produzidos por fissão pela quantidade de nêutrons absorvidos ( $\eta$ )?

- 1
- 18
- 6
- 3
- 2



35) Considere as afirmações relacionados aos seguintes isótopos:

- a)  $^{235}\text{U}$  é o único isótopo físsil naturalmente encontrado na natureza.
- b)  $^{239}\text{Pu}$  é criado a partir da absorção de nêutron por  $^{238}\text{U}$ .
- c)  $^{233}\text{Th}$  é um isótopo físsil utilizado como combustível nuclear.

Marque a alternativa correspondente às respectivas afirmativas verdadeiras (V) ou falsas (F).

- A) V-F-V
- B) F-V-V
- C) V-V-F
- D) V-V-V
- E) F-F-V

36) Considere as seguintes afirmativas relativas à arquitetura de um reator de água pressurizada (PWR).

- a) O pressurizador é o único componente bifásico do circuito primário.
- b) A troca térmica entre o circuito primário e o circuito secundário ocorre no Gerador de Vapor.
- c) A elevada pressão no circuito primário, necessária para garantir a água no estado líquido, demanda reforço estrutural fazendo com que os componentes do primário de um PWR sejam muito pesados.

Marque a alternativa correspondente às respectivas afirmativas verdadeiras (V) ou falsas (F).

- A) V-V-V
- B) V-F-V
- C) V-V-F
- D) F-V-V
- E) F-F-V



37) Um isótopo imaginário “i” possui coeficiente de atenuação  $\mu=0,2 \text{ cm}^{-1}$ . Determine o caminho livre médio ( $\lambda$ ).

- A) 5 cm
- B) 0,2 cm
- C) 4 cm
- D) 10 cm
- E) 2 cm

38) Considerando o projeto de um reator com água fervente (BWR), assinale a única alternativa FALSA.

- A) Reactores de água fervente (BWR) operam seu fluído de refrigeração a pressões menores que as pressões em circuitos primários de PWR.
- B) Reactores de água fervente (BWR) necessitam de geradores de vapor para efetuar a troca térmica entre os circuitos primário e secundário.
- C) O combustível utilizado em reatores PWR é muito similar ao combustível utilizado em BWR
- D) As varetas de controle são posicionadas na parte de baixo de núcleos de reatores BWR, uma vez que a parte de cima é destinada à coleta do vapor produzido.
- E) Em reatores BWR água radioativada entra em contato com as palhetas das turbinas.



- 39) Relacionado à interação entre radiação e matéria, assinale a única alternativa INCORRETA:
- A) No Efeito Foto-Elétrico, um fóton é absorvido por um átomo, o qual em seguida, ejeta um elétron.
  - B) Na Produção de Pares, dois fótons desaparecem para dar surgimento a um elétron e um pósitron.
  - C) O Efeito Compton consiste no espalhamento de um fóton por um elétron.
  - D) O Efeito Foto-Elétrico é responsável pela fissão do combustível nuclear.
  - E) O Efeito Compton consiste em um desafio para projeto de blindagem, uma vez que o feixe de fótons não desaparece completamente por ocasião do choque com o elétron.
- 40) Qual alternativa abaixo melhor define o conceito de reprocessamento?
- A) É a reintrodução do urânio e plutônio recuperado de armamento termonuclear de volta a um reator.
  - B) É a mistura de  $UO_2$  e  $PuO_2$ .
  - C) É a utilização de urânio natural em reatores.
  - D) É o processamento e reutilização dos produtos de fissão dos combustíveis queimados.
  - E) É a operação de recuperação de isótopos de urânio e plutônio do combustível queimado, sendo que outras partes do elemento, tais como o *cladding*, produtos de fissão e partes metálicas se tornam rejeitos de alta radioatividade.

■

Rascunho

■

Rascunho

▣

Rascunho

■

Rascunho