



CONCURSO PÚBLICO PARA A AMAZÔNIA AZUL
TECNOLOGIAS DE DEFESA S.A. – AMAZUL
EDITAL Nº 01/2025

(MANHÃ)

FÍSICO

NÍVEL SUPERIOR TIPO 1 – BRANCA



SUA PROVA

- Além deste caderno, contendo **60 (sessenta)** questões objetivas e **1 (uma)** redação, você receberá do fiscal de sala:
 - o cartão de respostas das questões objetivas
 - a folha de textos definitivos para a redação



TEMPO

- Você dispõe de **4 (quatro) horas** para a realização da prova, já incluído o tempo para a marcação do cartão de respostas e o preenchimento da folha destinada aos textos definitivos da redação.
- **3 (três) horas** após o início da prova é possível retirar-se da sala, sem levar o caderno de prova.
- A partir dos **30 (sessenta) minutos** anteriores ao término da prova é possível retirar-se da sala **levando o caderno de provas**.



NÃO SERÁ PERMITIDO

- Qualquer tipo de comunicação entre os candidatos durante a aplicação da prova;
- Anotar informações relativas às respostas em qualquer outro meio que não seja o caderno de questões;
- Levantar da cadeira sem autorização do fiscal de sala;
- Usar o sanitário ao término da prova, após deixar a sala.



INFORMAÇÕES GERAIS

- Verifique se seu caderno de questões está completo, sem repetição de questões ou falhas. Caso contrário, **notifique imediatamente o fiscal da sala**, para que sejam tomadas as devidas providências;
- Confira seus dados pessoais, especialmente nome, número de inscrição e documento de identidade e leia atentamente as instruções para preencher a folha de texto definitivo e cartão de respostas;
- Para o preenchimento das folhas de textos definitivos e cartão de respostas, use somente caneta esferográfica, fabricada em material transparente, com tinta preta ou azul;
- Assine seu nome apenas nos espaços reservados nas folhas de textos definitivos e cartão de respostas;
- Confira seu cargo, cor e tipo do caderno de questões. Caso tenha recebido caderno de cargo ou cor ou tipo **diferente** do impresso em suas folhas de textos definitivos e cartão de respostas, o fiscal de sala deve ser **obrigatoriamente** informado para o devido registro na ata da sala;
- Reserve tempo suficiente para o preenchimento das suas folhas de textos definitivos e cartão de respostas. O preenchimento é de sua responsabilidade e **não será permitida a troca das folhas de textos definitivos em caso de erro cometido pelo candidato**;
- Para fins de avaliação, serão levadas em consideração apenas as marcações realizadas nas folhas de textos definitivos e cartão de respostas;
- A FGV coletará as impressões digitais dos candidatos na lista de presença;
- Os candidatos serão submetidos ao sistema de detecção de metais quando do ingresso e da saída de sanitários durante a realização das provas.
- **Boa prova!**

Módulo I

Língua Portuguesa

As questões da prova de Língua Portuguesa referem-se ao texto a seguir:

Por não estarem distraídos

(Clarice Lispector)

Havia a levíssima embriaguez de andarem juntos, a alegria como quando se sente a garganta um pouco seca e se vê que por admiração se estava de boca entreaberta: eles respiravam de antemão o ar que estava à frente, e ter esta sede era a própria água deles. Andavam por ruas e ruas falando e rindo, falavam e riam para dar matéria e peso à levíssima embriaguez que era a alegria da sede deles. Por causa de carros e pessoas, às vezes eles se tocavam, e ao toque – a sede é a graça, mas as águas são uma beleza de escuras – e ao toque brilhava o brilho da água deles, a boca ficando um pouco mais seca de admiração. Como eles admiravam estarem juntos! Até que tudo se transformou em não. Tudo se transformou em não quando eles quiseram essa mesma alegria deles. Então a grande dança dos erros. O cerimonial das palavras desacertadas. Ele procurava e não via, ela não via que ele não vira, ela que estava ali, no entanto. No entanto, ele que estava ali. Tudo errou, e havia a grande poeira das ruas, e quanto mais erravam, mais com aspereza queriam, sem um sorriso. Tudo só porque tinham prestado atenção, só porque não estavam bastante distraídos. Só porque, de súbitos, exigentes e duros, quiseram ter o que já tinham. Tudo porque quiseram dar um nome; porque quiseram ser, eles que eram. Foram então aprender que, não se estando distraído, o telefone não toca, e é preciso sair de casa para que a carta chegue, e quando o telefone finalmente toca, o deserto da espera já cortou os fios. Tudo, tudo por não estarem mais distraídos.

1

O texto apresenta uma perspectiva amorosa baseada

- (A) na vigilância ao outro, a partir do zelo e cuidado com a relação.
- (B) no comprometimento, fundamentado no acordo entre os amantes.
- (C) na leveza e no contentamento, amparados na fruição do relacionamento.
- (D) na firmeza e no engajamento, considerado o pacto amoroso.
- (E) na constância, contrastando com a efemeridade das relações modernas.

2

Assinale a opção que não apresenta uma causa para o distanciamento dos amantes.

- (A) A perda da admiração mútua.
- (B) O desejo de atribuir um rótulo à relação.
- (C) O fato de estarem atentos ao enlace amoroso.
- (D) Os erros de ambos os amantes.
- (E) A vontade de estabelecer uma relação diferente da que já possuíam.

3

Na frase “Ele procurava e não via”, o conectivo destacado tem o valor de

- (A) adição.
- (B) alternância.
- (C) oposição.
- (D) complementariedade.
- (E) concomitância.

4

Na frase “Até que tudo se transformou em não”, assinale a alternativa incorreta sobre o elemento em destaque.

- (A) Trata-se de uma palavra substantivada, precedida de preposição.
- (B) Originalmente é um advérbio de negação.
- (C) Atua, no trecho, como identificador do estado do sujeito.
- (D) Mantém sua função original como modificador do verbo.
- (E) Sofreu um processo de derivação imprópria.

5

Sobre a linguagem utilizada no texto, pode-se afirmar que

- (A) apresenta tom formal, construindo uma distância do texto em relação ao leitor.
- (B) manifesta um caráter técnico ao recorrer a expressões do ambiente literário.
- (C) expõe teor poético, já que explora a plurissignificação de muitos vocábulos.
- (D) reitera a ironia, considerando o contraditório do relacionamento amoroso.
- (E) revela a informalidade para ressaltar o estilo reflexivo do narrador.

6

Observe a frase “Ela não via que ele não vira” e julgue as sentenças.

- I. O segundo verbo, no passado, marca uma anterioridade em relação ao primeiro, também no passado.
- II. Há uma concomitância temporal entre os dois verbos, já que ambos estão no passado.
- III. Trata-se do verbo *ver* conjugado no pretérito imperfeito e pretérito mais-que-perfeito, respectivamente.
- IV. O passado contínuo, inscrito pelo primeiro verbo, intensifica a oposição do trecho, em contraste ao segundo verbo, no futuro.

Está correto o que se afirma em

- (A) I e III, apenas.
- (B) III e IV, apenas.
- (C) II e III, apenas.
- (D) II, III e IV, apenas.
- (E) I, II e III, apenas.

7

Assinale a opção que apresenta sujeito exposto na oração.

- (A) Havia a levíssima embriaguez de andarem juntos.
- (B) Andavam por ruas e ruas falando e rindo.
- (C) E se vê que por admiração se estava de boca entreaberta.
- (D) Só porque, de súbitos, exigentes e duros, quiseram ter o que já tinham.
- (E) E ao toque brilhava o brilho da água deles.

8

Em “a boca ficando um pouco mais seca de admiração”, a locução destacada tem valor de

- (A) origem.
- (B) modo.
- (C) meio.
- (D) assunto.
- (E) causa.

9

A crase em “eles respiravam de antemão o ar que estava à frente” se justifica, pois

- (A) trata-se de um complemento do verbo.
- (B) é um uso facultativo, já que desfaz uma ambiguidade no trecho.
- (C) acompanha uma locução conjuntiva.
- (D) representa um caso de uso com locução adverbial feminina.
- (E) observa-se uma atribuição espacial condicionada pelo verbo de estado.

10

Alguns elementos linguísticos funcionam como dêiticos, ou seja, sua referência não está necessariamente no texto. Assinale a opção em que se percebe o uso de elementos dêiticos.

- (A) As águas são uma beleza de escuras.
- (B) Então a grande dança dos erros.
- (C) No entanto, ele que estava ali.
- (D) E havia a grande poeira das ruas.
- (E) O deserto da espera já cortou os fios.

Raciocínio Lógico

11

Na segunda-feira, João fez a seguinte afirmação:

“Se Maria viajou ontem, então estou de plantão depois de amanhã”.

Se reposicionada temporalmente para o dia seguinte, terça-feira, então uma afirmação logicamente equivalente à afirmação feita por João na segunda-feira seria

- (A) Se eu não estou de plantão depois de amanhã, então Maria não viajou ontem.
- (B) Se eu não estou de plantão amanhã, então Maria não viajou anteontem.
- (C) Se eu estou de plantão amanhã, então Maria viajou anteontem.
- (D) Se Maria não viajou anteontem, então não estou de plantão amanhã.
- (E) Se eu estou de plantão depois de amanhã, então Maria viajou ontem.

12

Originalmente, o preço de um produto era igual a P. Deseja-se obter o novo preço do produto ao final da aplicação, em incidência *composta*, de dois descontos sucessivos, o primeiro de 15% e o segundo de 5%.

Para isso, basta multiplicar P por

- (A) $\frac{1}{5}$.
- (B) $\frac{4}{5}$.
- (C) $\frac{19}{20}$.
- (D) $\frac{3}{400}$.
- (E) $\frac{323}{400}$.

13

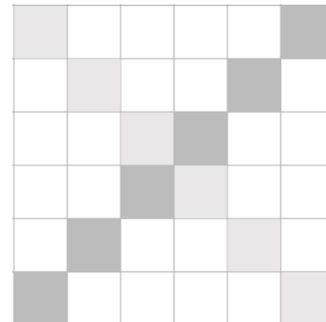
Duas urnas, A e B, estão dispostas lado a lado. No interior de cada uma das urnas há 6 bolas idênticas, exceto por suas cores. Na urna A, há 4 bolas azuis e 2 bolas verdes e, na urna B, há 2 bolas azuis e 4 bolas verdes. Uma bola será retirada ao acaso da urna A. Se a bola for verde, então ela será colocada sobre uma mesa, uma bola será retirada ao acaso da urna B e também será colocada sobre a mesa. Se a bola retirada da urna A for azul, então ela será inserida na urna B, a urna será sacudida e duas bolas serão retiradas ao acaso da urna B. As duas bolas retiradas da urna B serão colocadas sobre a mesa.

Qual é a probabilidade de que, ao final, duas bolas azuis estejam sobre a mesa?

- (A) $\frac{2}{21}$
- (B) $\frac{1}{7}$
- (C) $\frac{2}{3}$
- (D) $\frac{1}{3}$
- (E) $\frac{1}{2}$

14

Os compartimentos de um armário se dispõem como uma matriz $n \times n$, $n > 2$. Em cada um dos n^2 compartimentos do armário será colocada uma única bola que é, necessariamente, toda branca ou toda preta. As bolas colocadas em compartimentos adjacentes de uma mesma linha ou de uma mesma coluna deverão ter cores diferentes. A figura a seguir mostra o exemplo da disposição matricial do armário quando $n = 6$, e destaca a diagonal principal (na cor cinza claro) e a diagonal secundária (na cor cinza escuro).



Todas as bolas que ocuparão essas duas diagonais terão a mesma cor quando, e apenas quando, n for

- (A) par.
- (B) ímpar.
- (C) primo.
- (D) maior que 2.
- (E) quadrado perfeito.

15

O tempo médio de trâmite processual no setor previdenciário de uma empresa era de 2 anos e 5 meses. Todos os funcionários do setor trabalham em um mesmo ritmo, mas, recentemente, o número de funcionários foi reduzido em 25%.

Diante da manutenção do ritmo individual de trabalho e da redução do número de funcionários, espera-se que o tempo médio de trâmite processual no setor passe a ser mais próximo de

- (A) 3 anos, 2 meses e 20 dias.
- (B) 1 ano, 9 meses e 22 dias.
- (C) 4 anos e 6 meses.
- (D) 3 anos e 7 dias.
- (E) 3 anos e 8 dias.

16

Maria fez uma afirmação sobre o carro de João e sobre o número de pessoas que estariam em seu interior. Ela disse: "O carro de João é azul ou verde e há, no máximo, 3 pessoas no carro".

Verificou-se, no entanto, que tal afirmação é falsa.

Portanto, o carro de João

- (A) não é azul, nem verde, e há, pelo menos, 3 pessoas no carro.
- (B) é azul e verde, ou há, no máximo, 3 pessoas no carro.
- (C) não é azul, nem verde, ou há, pelo menos, 4 pessoas no carro.
- (D) é azul ou verde, mas há mais do que 4 pessoas no carro.
- (E) não é azul ou não é verde, ou há, no mínimo, 3 pessoas no carro.

17

Uma distribuição é formada por seis dados distintos, já dispostos em ordem crescente:

6 ; 11 ; x ; 14 ; 15 ; y

Sabe-se que a mediana da distribuição é um número natural e que a média aritmética da distribuição é igual a 15.

O valor de $x + y$ é

- (A) 32.
- (B) 34.
- (C) 37.
- (D) 44.
- (E) 45.

18

A seguir são apresentados dois números racionais, cujas representações no sistema decimal são dízimas periódicas:

$$X = 0, \overline{84} = 0,8484 \dots$$

$$Y = 0, \overline{48} = 0,4848 \dots$$

A soma $X + Y$ é igual a

- (A) 1,1321...
- (B) 1,2222...
- (C) 1,3232...
- (D) 1,3233...
- (E) 1,3333...

19

Um mapa foi disposto sobre o plano cartesiano xy e representou a localização de dois pontos turísticos pelos pontos A(1, -2) e B(3,4).

As coordenadas do ponto do segmento que liga os pontos A e B, e que é equidistante desses dois pontos, é

- (A) (3,3)
- (B) (3,2)
- (C) (2,3)
- (D) (2,1)
- (E) (1,2)

20

Considere os seguintes dois subconjuntos do plano cartesiano xy :

$$A = \{(x, y)/x \in [-3, 1] \text{ e } y \in [3, 5]\}$$

$$B = \{(x, y)/x \in [-2, 2] \text{ e } y \in [1, 4]\}$$

O conjunto $A \cap B$ é definido por:

- (A) $A \cap B = \{(x, y)/x \in [-3, 1] \text{ e } y \in [2, 5]\}$
- (B) $A \cap B = \{(x, y)/x \in [-3, 2] \text{ e } y \in [2, 5]\}$
- (C) $A \cap B = \{(x, y)/x \in [-2, 1] \text{ e } y \in [3, 4]\}$
- (D) $A \cap B = \{(x, y)/x \in [-2, 1] \text{ e } y \in [3, 5]\}$
- (E) $A \cap B = \{(x, y)/x \in [-3, 1] \text{ e } y \in [3, 4]\}$

Noções de Informática

21

O Microsoft Excel 365 BR oferece como recurso fórmulas que automatizam tarefas. Cada função possui finalidade específica e comportamento próprio, não devendo ser confundidas entre si.

No âmbito do software Microsoft Excel 365 BR, a função

- (A) **DIA.DA.SEMANA()** extrai o valor dia da semana de uma data, retornando o nome completo do dia da semana como texto formatado a partir de uma data informada, variando entre 1 e 31.
- (B) **PROCX()** busca o valor informado na matriz de pesquisa e retorna o resultado correspondente em uma linha ou coluna, permitindo buscas em qualquer direção.
- (C) **REPT()** retorna os caracteres mais à direita de um valor de texto, tabulados à esquerda, direita, centralizado ou justificado. A informação sobre o idioma do texto é opcional.
- (D) **SOMASE()** conta os valores de um intervalo segundo condição fornecida, somando ao final o número de ocorrências válidas.
- (E) **SUBTOTAL()** aplica sempre soma ao intervalo e ignora linhas ocultas manualmente, sendo projetada para funcionar em linhas de dados, flexibilizando o seu uso.

22

Considerando a família de protocolos da arquitetura TCP/IP, assinale a opção que corretamente apresenta o protocolo que implementa a técnica de "lease" ou "leasing", na qual a concessão de um endereço IP pelo servidor a um cliente deve ser renovada antes de expirada.

- (A) DHCP – *Dynamic Host Configuration Protocol*.
- (B) HTTP – *Hypertext Transfer Protocol*.
- (C) FTP – *File Transfer Protocol*.
- (D) NAT – *Network Address Translation*.
- (E) SSH – *Secure Shell*.

23

O Registro do Windows organiza informações do sistema e dos usuários em uma estrutura hierárquica.

Considerando a forma como o registro é estruturado, assinale a opção correta.

- (A) As entradas de registro subordinadas à chave HKEY_PERFORMANCE_NLSTEXT permitem acessar dados de desempenho. Os dados não são armazenados no registro em si; as funções de registro fazem com que o sistema colete os dados de sua fonte.
- (B) Cada chave possui um nome composto por um ou mais caracteres alfanuméricos, diferenciando maiúsculas de minúsculas, à exceção do caractere de barra invertida (\), que pode integrar as chaves.
- (C) Novos usuários que logam no sistema compartilham *hives* padrão das configurações básicas do sistema, em um arquivo separado por perfil do usuário (*user profile*).
- (D) O registro é um banco de dados com elementos essenciais ao funcionamento do Windows e dos aplicativos de serviço nele executados, sendo estruturados em forma colunar.
- (E) Uma *hive* de perfil de usuário (*user profile*) é um grupo de chaves, subchaves e valores no registro, subordinadas à chave HKEY_USERS, carregadas em memória quando o usuário loga ou o sistema operacional inicia.

24

No que concerne aos conceitos relacionados a redes de computadores, assinale a alternativa que apresenta uma associação **incorreta**.

- (A) **Computação em nuvem**: utiliza o modelo de computação distribuída, em que não existe a demanda de conhecimento do local físico de armazenamento de recursos e/ou dados.
- (B) **Extranet**: uma rede privada estendida baseada na internet que permite acesso remoto via autenticação, permitindo, assim, o acesso externo aos serviços de uma intranet a entes credenciados.
- (C) **Internet**: rede mundial de computadores, em que a troca de informações armazenadas remotamente é realizada prescindindo, na maioria das vezes, do local onde os dados estão fisicamente armazenados.
- (D) **Intranet**: rede privada que utiliza modelo baseado nos mesmos protocolos da internet para acesso aos dados, reduzindo os custos de implementação de aplicativos frente a soluções proprietárias.
- (E) **Web**: protocolo de transferência de hiperdocumentos realizada por um site hospedeiro, e respondida por requisições de clientes navegadores, tais como: Google Chrome, Microsoft Edge e Mozilla Firefox.

25

No contexto de segurança da informação, mais especificamente sobre *malwares*, associe corretamente o cada item numerado no primeiro bloco (variando de 1 a 4) às lacunas do segundo bloco.

1. Cavalo de troia (*trojan horse*)
 2. Verme (*worm*)
 3. Bomba lógica (*logic bomb*)
 4. Zumbi (*zombie, bot*)
- () Execução autônoma com capacidade de replicação automática e propagação entre sistemas conectados.
 - () Malware ativado por condição predefinida após período hibernado.
 - () Ataque a outras máquinas executado por software malicioso instalado em host comprometido.
 - () Software aparentemente útil que possui desvio oculto e malicioso de finalidade.

Assinale a opção que corretamente associa o nome do *malware* no primeiro bloco e a característica apresentada no segundo bloco.

- (A) 1-2-4-3
- (B) 4-1-3-2
- (C) 2-3-4-1
- (D) 1-3-2-4
- (E) 3-4-2-1

Língua Inglesa

READ THE TEXT AND ANSWER THE FOLLOWING QUESTIONS

Social Dimensions of Climate Change

Extreme weather events are deeply intertwined with global patterns of inequality. The poorest and most vulnerable people bear the brunt of climate change impacts yet contribute the least to the crisis. As the impacts of climate change mount, millions of vulnerable people face disproportionate challenges in terms of loss of jobs; physical harm; disease; mental health effects; food insecurity; access to water; migration and forced displacement; loss of shelter, assets, and community ties, and other related risks.

Some people are more vulnerable to climate change than others. For example, workers in sectors such as agriculture, fishing, and tourism rely on natural resources that are particularly sensitive to increasingly unpredictable weather and seasonal patterns. Female-headed households, children, persons with disabilities, Indigenous Peoples and ethnic minorities, landless tenants, migrant workers, displaced persons, older people, and other socially marginalized groups often have fewer financial and other resources to cope with and recover from shocks which might threaten their wellbeing and the wellbeing of their families. The root causes of their vulnerability lie in a combination of their geographical locations; their financial, socio-economic, cultural, and social status; and their access to resources, services, and decision-making power.

The poor are often not just among the most vulnerable to climate change, but also disproportionately impacted by measures to address it. These impacts can include increased costs of living, loss of livelihoods, and limited access to resources and support systems, which exacerbate existing inequalities and poverty trends. In the absence of well-designed and citizen-centered policies, efforts to tackle climate change can have unintended consequences for the livelihoods of certain groups, including placing a higher financial burden on poor households [...].

While much progress has been made on the science and the types of policies needed to support a transition to low carbon, climate-resilient development, a challenge facing many countries is engaging citizens who are concerned that they will be unfairly impacted by climate policies. Citizen-centered programs play a vital role in ensuring that resources are used efficiently. Engaging people in shaping climate action is equally critical for achieving lasting impact. This means ensuring transparency, access to information, and active citizen engagement on climate risks and green growth. Such involvement can help build public support to reduce climate impacts, overcome behavioral and political barriers to decarbonization, as well as foster both new ideas and a sense of ownership over solutions.

Moreover, communities bring unique perspectives, skills, and a wealth of knowledge to the challenge of strengthening resilience and addressing climate change. They should be engaged as partners in resilience-building rather than being regarded merely as beneficiaries. Research and experience show that community leaders can successfully set priorities, influence ownership, as well as design and implement investment programs that are responsive to their community's own needs. A 2022 report by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) recognizes the value of diverse forms of knowledge — such as scientific, Indigenous, and local knowledge — in building climate resilience. Innovations in the architecture of climate finance can connect communities and marginalized groups to the policy, technical, and financial assistance that they need for locally relevant and effective development outcomes.

From: <https://www.worldbank.org/en/topic/social-dimensions-of-climate-change>

26

Based on the text, mark the statements below as TRUE (T) or FALSE (F).

- () Harsh climate conditions exert a uniform impact across populations.
- () Supporting citizen involvement is key to building commitment.
- () At this stage, the challenges have been wholly addressed and handled.

The statements are, respectively:

- (A) T, F, T.
- (B) F, T, F.
- (C) T, T, F.
- (D) F, T, T.
- (E) F, F, T.

27

The idiom in "bear the brunt of climate change impacts" (1st paragraph) means to:

- (A) dodge.
- (B) bypass.
- (C) be spared.
- (D) put up with.
- (E) keep out of.

28

"Yet" in "yet contribute the least" (1st paragraph) introduces an idea of:

- (A) time.
- (B) contrast.
- (C) condition.
- (D) emphasis.
- (E) repetition.

29

The verb in "efforts to tackle climate change" (3rd paragraph) is semantically equivalent to:

- (A) turn away from.
- (B) battle against.
- (C) grapple with.
- (D) leave out.
- (E) brush off.

30

The modal verb in "They should be engaged as partners" (5th paragraph) indicates a(n):

- (A) obligation.
- (B) prediction.
- (C) suggestion.
- (D) permission.
- (E) willingness.

Módulo II

Física

31

No processo de licenciamento de uma instalação nuclear, a Aprovação do Local constitui uma das etapas iniciais previstas na Norma CNEN NE-1.04. Essa fase tem como objetivo verificar se o local proposto para implantação da instalação atende aos requisitos de segurança nuclear e radiológica, considerando diversos aspectos que possam influenciar a proteção das pessoas e do meio ambiente.

Com base nas disposições dessa norma, assinale a opção correta sobre o conteúdo e os requisitos relacionados ao Relatório do Local a ser submetido à CNEN para análise:

- (A) O requerimento de Aprovação do Local deve ser submetido à CNEN acompanhado de 5 exemplares do "Relatório do Local".
- (B) O Relatório do Local deve incluir informações sobre a distribuição da população e as características físicas do local, como sismologia e meteorologia.
- (C) A CNEN não exige nenhuma informação sobre as características gerais de projeto e de operação da instalação proposta, mas é indispensável apresentar plano de radioproteção completo, incluindo os possíveis impactos ambientais.
- (D) O Relatório do Local deve incluir a natureza dos materiais radioativos a serem contidos, contudo seu inventário é desnecessário, desde que a concentração de atividade total esteja abaixo dos limites de isenção.
- (E) O Relatório do Local deve ser encaminhado apenas com informações sobre o emprego pretendido da instalação.

32

Durante o processo de licenciamento de uma instalação nuclear, a Norma CNEN NE-1.04 – Licenciamento de Instalações Nucleares, estabelece que o titular da instalação deve garantir a existência de um Plano de Emergência capaz de orientar ações imediatas e eficazes, em caso de eventos anormais que possam representar risco à saúde humana, ao meio ambiente ou à integridade da instalação.

Esse plano deve abranger procedimentos técnicos e administrativos para prevenção, resposta e mitigação de acidentes radiológicos ou nucleares, assegurando que todos os responsáveis saibam como agir para proteger o público, os trabalhadores e as propriedades potencialmente afetados.

Considerando o que dispõe o item 8.5 da Norma CNEN NE-1.04, assinale a opção correta:

- (A) O Plano de Emergência deve ser elaborado apenas após a concessão da Licença de Construção.
- (B) O Plano de Emergência deve incluir disposições para treinamento dos empregados da organização operadora, sendo dispensável treinamento de qualquer outro indivíduo, desde que haja eficácia e periodicidade nos exercícios.
- (C) O Plano de Emergência deve demonstrar que, em caso de emergência envolvendo radiação, serão tomadas medidas apropriadas para prevenir danos a propriedades.
- (D) O Plano de Emergência não precisa considerar a estrutura organizacional para fazer frente a emergências, pois essa responsabilidade é exclusiva da CNEN.
- (E) Disposições para organizar de forma permanente os serviços e procedimentos em situações de emergência, bem como listas de pessoas com qualificações especiais para atuar nessas circunstâncias.

33

A Norma CNEN NN 3.01 – Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica define, em sua Seção V, as funções, responsabilidades e autoridade do Supervisor de Radioproteção, profissional essencial para garantir que as práticas envolvendo radiação ionizante sejam conduzidas de acordo com os princípios de segurança e proteção radiológica. Cabe a esse profissional identificar riscos, orientar a equipe quanto a procedimentos seguros e comunicar, de forma imediata, qualquer irregularidade que possa comprometer a segurança da instalação, dos trabalhadores ou do público.

Com base nas disposições dessa norma, analise os itens a seguir:

- I. Valendo-se dos requisitos de proteção radiológica, o Supervisor de Radioproteção deve interromper qualquer atividade da instalação a partir do momento em que identificar potencial risco.
- II. Não é de responsabilidade do Supervisor de Radioproteção manter o titular da instalação informado sobre eventos relativos à radioproteção e à segurança radiológica, sendo necessário apenas informá-lo sobre alterações na rotina e nos procedimentos dentro da instalação.
- III. O Supervisor de Radioproteção deve comunicar ao titular da instalação em momento oportuno irregularidades constatadas com fontes de radiação.

Está **incorreto** o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) II, apenas.
- (C) I e II, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

34

As exposições médicas acidentais ou não intencionais representam situações em que pacientes, embriões, fetos ou indivíduos são expostos à radiação ionizante de forma não planejada ou em magnitude superior à prescrita, podendo comprometer a segurança do procedimento e os princípios de justificação e otimização da proteção radiológica.

A CNEN NN 3.01 – Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, estabelece que, nesses casos, o titular da instalação é responsável por adotar medidas imediatas para investigar, relatar e corrigir a ocorrência, bem como notificar a CNEN quando houver situações que indiquem falhas significativas no controle radiológico ou risco indevido ao paciente.

Com base nesse dispositivo normativo, assinale a opção correta com relação às responsabilidades dos titulares da instalação.

- (A) Investigar e relatar casos de exposição inadvertida do embrião ou feto, administração de radiofármaco errado ou falha de equipamento que altere substancialmente a exposição pretendida.
- (B) Notificar a CNEN apenas quando houver morte ou lesão permanente do paciente.
- (C) Investigar imediatamente e produzir relatório para exposições médicas não planejadas, exceto em casos de erro de dosagem inferior a 10% do valor prescrito.
- (D) Dispensar a notificação à CNEN se o paciente for informado verbalmente sobre o acidente e este solicitar sigilo.
- (E) Notificar a CNEN somente após esgotadas todas as medidas corretivas internas.

35

Em ambientes que utilizam fontes de radiação ionizante, a segurança radiológica é uma responsabilidade compartilhada. Os Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE) desempenham um papel crucial no cumprimento das normas e na manutenção de um ambiente de trabalho seguro. O não cumprimento de seus deveres e obrigações pode comprometer a eficácia das medidas de proteção e colocar vidas em risco.

De acordo com as obrigações e deveres dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE) com relação à radioproteção e segurança radiológica, conforme estabelecido em normas de segurança radiológica, assinale a opção **incorreta**.

- (A) É dever do IOE fornecer ao titular ou empregador informações detalhadas sobre todo o seu histórico de trabalho, passado e presente, que seja relevante para a eficácia da radioproteção e segurança radiológica.
- (B) O IOE deve utilizar corretamente os equipamentos de monitoração individual e os equipamentos de proteção individual (EPIs) fornecidos, seguindo as regras e procedimentos aplicáveis conforme especificado pelo titular ou empregador.
- (C) É uma obrigação do IOE abster-se de qualquer ação intencional que possa colocar a si ou a terceiros em situações que contrariem os requisitos da norma de segurança radiológica.
- (D) O IOE tem o dever de cooperar com o titular ou empregador no cumprimento dos requisitos de radioproteção e segurança radiológica, incluindo programas de radioproteção e de saúde ocupacional.
- (E) Cabe ao IOE apenas seguir as instruções e procedimentos a ele estabelecidos, sendo de responsabilidade do Supervisor de Radioproteção relatar ao titular ou empregador qualquer situação que possa afetar adversamente a radioproteção e a segurança radiológica.

36

A escolha do detector de radiação adequado é crucial em física nuclear aplicada, radioproteção e análise ambiental, pois cada tipo de detector possui características distintas de resolução energética, eficiência e necessidade operacional, afetando diretamente a qualidade da medição.

Deseja-se selecionar o detector mais apropriado para três cenários distintos de medição de radiação ionizante. A tabela a seguir lista três tipos comuns de detectores:

Tipo	Exemplo
Gás	Câmara de Ionização
Cintilador	Iodeto de Sódio (NaI(Tl))
Semicondutor	Germânio de Alta Pureza (HPGe)

Considerando as características desses detectores, analise os itens a seguir:

- I. O Detector a Gás é a melhor escolha para a medição da taxa de dose de radiação em uma área de trabalho, embora não forneça informações detalhadas sobre a energia dos fótons.
- II. O Detector cintilador apresenta a melhor resolução energética entre os três, permitindo a separação precisa de picos gama com energias muito próximas.
- III. O Detector HPGe é o mais indicado para a detecção de raios gama de alta energia, exigindo, contudo, resfriamento criogênico para alcançar resolução ideal.
- IV. Para a identificação isotópica de amostras ambientais que contenham diversos radionuclídeos, a alta resolução energética do Detector HPGe é preferível à eficiência intrínseca do Detector NaI(Tl).

Está correto o que se afirma em

- (A) I, II e III, apenas.
- (B) I, II e IV, apenas.
- (C) II, III e IV, apenas.
- (D) I, III e IV, apenas.
- (E) I, II, III e IV.

37

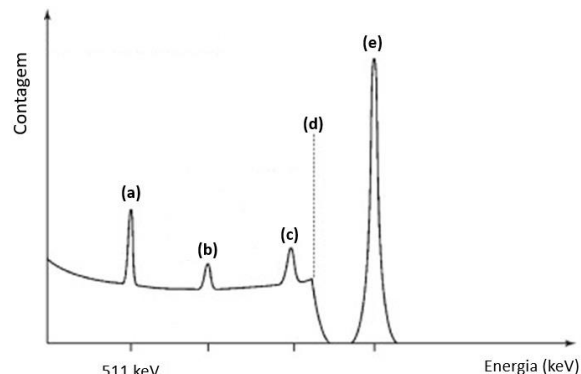
O decaimento radioativo é o processo pelo qual núcleos atômicos instáveis se transformam em núcleos mais estáveis, emitindo radiação (partículas ou energia). Os tipos mais comuns de decaimento são alfa (α), beta (β) e gama (γ), cada um alterando o núcleo de maneira distinta e possuindo diferentes características de poder de penetração.

Considerando as características e o efeito de cada decaimento no núcleo atômico, assinale a opção correta.

- (A) No decaimento alfa, o número atômico do núcleo original diminui em duas unidades e o número de massa permanece inalterado.
- (B) O decaimento gama resulta na conversão de um nêutron em um próton no núcleo, mantendo o número de massa constante, mas aumentando o número atômico em uma unidade.
- (C) A radiação gama possui o maior poder de ionização e o menor poder de penetração, sendo facilmente barrada por uma folha de papel.
- (D) No decaimento beta menos (β^-), o número atômico do núcleo filho aumenta em uma unidade, enquanto o número de massa não se altera.
- (E) No decaimento beta mais (β^+), o número atômico do núcleo filho diminui em duas unidades, e o número de massa diminui em quatro unidades.

38

A figura a seguir apresenta um espectro de raios gama característico, obtido com um detector HPGe de alta resolução, para uma fonte radioativa cuja energia de emissão principal é conhecida por ser maior que 2 MeV.



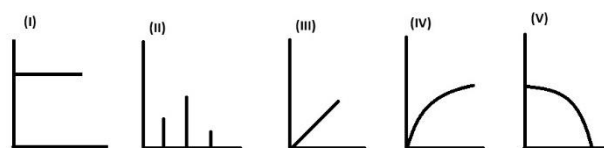
Considerando as interações da radiação com o detector e seus arredores, assinale a opção que apresenta corretamente as características espectrais associadas aos índices de (a), (b), (c), (d) e (e):

- (A) (a) Pico de Soma, (b) Espalhamento Retroespalhado, (c) Borda Compton, (d) Pico de Escape Simples, (e) Pico de Energia Total.
- (B) (a) Pico de Escape Simples, (b) Pico de Escape Duplo, (c) Pico de Aniquilação, (d) Vale Compton, (e) Pico de Energia Total.
- (C) (a) Pico de Aniquilação, (b) Pico de Escape Duplo, (c) Pico de Escape Simples, (d) Borda Compton, (e) Pico de Energia Total.
- (D) (a) Pico de Aniquilação, (b) Pico de Escape Simples, (c) Pico de Escape Duplo, (d) Borda Compton, (e) Pico de Energia Total.
- (E) (a) Pico de Escape Simples, (b) Pico de Escape Duplo, (c) Pico de Soma, (d) Vale Compton, (e) Pico de Energia Total.

39

Um especialista em detecção de radiações ionizantes ficou responsável por investigar amostras que haviam sido analisadas por espectrometria alfa, beta e gama.

Durante a análise dos resultados, o especialista observou os espectros obtidos e verificou que cada tipo de radiação apresenta uma assinatura característica, conforme ilustrado nos gráficos a seguir.



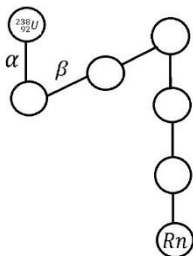
Os gráficos que melhor representam as espectrometrias alfa, beta e gama, respectivamente, são

- (A) II, V, II
- (B) I, III, V
- (C) I, II, IV
- (D) V, II, V
- (E) II, II, III

40

Um dos isótopos de radônio existentes é integrante da série de decaimento do U-238. Trata-se de um radionuclídeo que decai por emissão alfa e possui grande importância radiobiológica, pois pode ser incorporado pelo organismo por inalação, depositando dose diretamente nos pulmões.

Na série em que esse radônio se encontra, o pai da série é o U-238, que também decai por alfa, transmutando-se sucessivamente até a formação do radônio (vide figura).



Considerando que a linha vertical representa uma transmutação alfa e a linha diagonal uma transmutação beta menos (β^-), assinale a opção que apresenta a melhor representação para o radônio pertencente à série do U-238.

- (A) $^{238}_{92}\text{Rn}$
- (B) $^{230}_{86}\text{Rn}$
- (C) $^{222}_{84}\text{Rn}$
- (D) $^{220}_{86}\text{Rn}$
- (E) $^{222}_{86}\text{Rn}$

41

O segundo princípio da Termodinâmica impõe uma limitação fundamental aos processos de conversão de energia térmica em trabalho. Esse princípio pode ser enunciado da seguinte forma:

“É impossível construir uma máquina térmica que opere em ciclos e tenha como único efeito retirar calor de uma fonte e convertê-lo integralmente em trabalho.”

A partir dessa formulação, é correto inferir que

- (A) teoricamente, as máquinas térmicas podem atingir um rendimento de 100%.
- (B) a eficiência de qualquer máquina térmica real depende exclusivamente da quantidade de calor fornecido, independentemente das temperaturas das fontes térmicas.
- (C) o calor pode ser completamente convertido em trabalho se o processo ocorrer em um ciclo reversível.
- (D) uma máquina térmica só pode realizar trabalho convertendo parte do calor recebido, havendo sempre uma fração rejeitada a uma fonte fria.
- (E) somente com uma fonte fria mantida a 0 °C seria possível uma máquina térmica converter integralmente calor em trabalho.

42

Um nêutron livre, com massa aproximadamente igual a $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg e viajando a uma velocidade de $v_n = 2 \cdot 10^7$ m/s (um nêutron rápido), colide frontalmente e é absorvido por um núcleo de Deutério (que possui um próton e um nêutron, massa aproximadamente $m_D \approx 2m_n$). Imediatamente antes da colisão, o núcleo de Deutério estava em repouso. Considerando que a colisão é perfeitamente inelástica (o nêutron e o núcleo se unem, formando um núcleo de Trítio).

A velocidade do núcleo resultante (Trítio) imediatamente após a colisão será

- (A) $7,3 \cdot 10^7$ m/s
- (B) $2,1 \cdot 10^7$ m/s
- (C) $9,5 \cdot 10^6$ m/s
- (D) $6,7 \cdot 10^6$ m/s
- (E) $4,9 \cdot 10^7$ m/s

43

Ao longo da história da ciência, a compreensão da estrutura da matéria tem sido um pilar fundamental para o avanço do conhecimento. Desde as primeiras ideias filosóficas até os modelos baseados em evidências experimentais, a concepção do átomo passou por diversas transformações. Cada novo modelo atômico surgiu para explicar fenômenos observados que as teorias anteriores não conseguiam, revelando camadas mais profundas e complexas da realidade subatômica.

Considerando a evolução histórica e as principais características dos modelos atômicos que moldaram nosso entendimento da estrutura da matéria, analise os itens a seguir:

- I. O modelo atômico de Dalton propôs que o átomo era indivisível e que possuía um núcleo central onde se concentrava a carga positiva.
- II. No modelo de *Rutherford*, os elétrons giravam em órbitas bem definidas, e ao passar de uma órbita mais energética para uma menos energética, emitiam luz de um espectro contínuo.
- III. O modelo atômico de *Bohr* estabeleceu que os elétrons se movem em órbitas quantizadas ao redor do núcleo, podendo mudar de nível energético ao absorver ou emitir energia.
- IV. O modelo atômico de *Thomson* foi o primeiro a propor a existência de partículas subatômicas (elétrons) incrustadas em uma massa esférica de carga positiva.

Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) I e IV, apenas.
- (C) III e IV, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) IV, apenas.

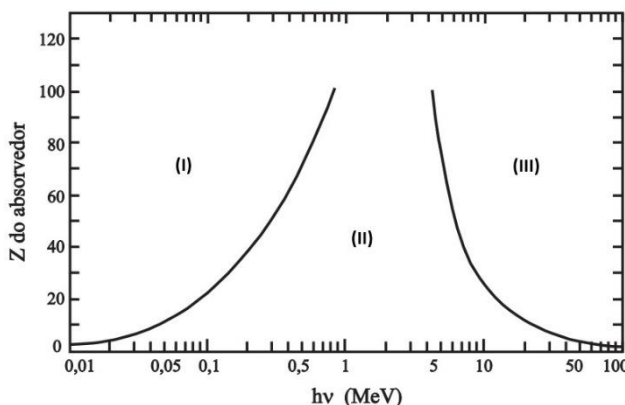
44

No projeto e operação de reatores nucleares, o entendimento dos mecanismos de interação entre nêutrons e a matéria é fundamental para o controle da reação em cadeia, o dimensionamento de blindagens e a análise de segurança. Considerando os principais processos de interação, assinale a opção **incorreta**.

- (A) No espalhamento elástico, a energia cinética total do sistema é conservada, e o nêutron transfere parte de sua energia ao núcleo alvo, mudando de direção após a colisão.
- (B) No espalhamento inelástico, o nêutron é temporariamente capturado pelo núcleo, formando um núcleo composto excitado que decai emitindo radiação gama e um nêutron de menor energia.
- (C) As reações de captura radiativa do tipo (n,γ) ocorrem preferencialmente com nêutrons rápidos, sendo raras para nêutrons térmicos.
- (D) As reações de absorção incluem processos como captura radiativa, reações (n,α) , (n,p) e fissão (n,f) , dependendo do tipo de núcleo envolvido.
- (E) A reação (n,p) no oxigênio é relevante em reatores refrigerados a água ou ar, produzindo hidrogênio nascente e o radionuclídeo ^{16}N , que emite gamas de 6,13 MeV e 7,11 MeV.

45

A interação de fótons com a matéria é regida por três processos principais. A probabilidade de ocorrência de cada um desses processos é função da energia do fóton incidente e do número atômico (Z) do material absorvedor, conforme ilustrado de forma esquemática no gráfico abaixo.



Considerando o gráfico, onde as regiões (I), (II) e (III) representam a dominância de um dos processos de interação, assinale a opção que identifica corretamente o mecanismo predominante em cada uma delas.

- (A) I - Absorção Fotoelétrica; II - Espalhamento Compton; III - Produção de Pares.
- (B) I - Espalhamento Rayleigh; II - Produção de Pares; III - Espalhamento Compton.
- (C) I - Espalhamento Compton; II - Efeito Fotoelétrico; III - Elétron de Auger.
- (D) I - Produção de Pares; II - Espalhamento Delbrück; III - Efeito Fotoelétrico.
- (E) I - Espalhamento Coerente; II - Produção de Pares; III - Efeito Fotoelétrico.

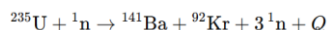
46

Considere as relações entre massa e energia no contexto da mecânica relativística. Sabendo que a variação da massa com a velocidade implica modificações na definição de energia e que a energia total de um corpo envolve tanto a energia cinética quanto a energia de repouso, assinale a opção que apresenta um **erro conceitual**.

- (A) A relação diferencial $dT = c^2 dm$ demonstra que qualquer acréscimo na energia cinética de uma partícula corresponde diretamente a um aumento proporcional em sua massa relativística.
- (B) A energia total de uma partícula relativística pode ser expressa como $E = \gamma m_0 c^2 + T$, onde o termo relativístico $\gamma m_0 c^2$ representa a energia cinética e T corresponde à energia de repouso.
- (C) A integração da relação entre energia cinética e variação de massa permite interpretar a energia de repouso $m_0 c^2$ como uma energia intrínseca associada ao próprio estado de repouso da partícula.
- (D) Se uma quantidade de energia E é transportada com velocidade v , então o momento associado é $p = \frac{Ev}{c^2}$; para um fóton, cuja velocidade é c , isso implica $p = \frac{E}{c}$.
- (E) A equivalência massa-energia implica que a energia total associada a um corpo de massa relativística m é $E = mc^2$, de modo que qualquer energia E pode ser tratada como equivalente a uma massa $m = \frac{E}{c^2}$.

47

A fissão nuclear do ^{235}U por nêutrons térmicos é um dos processos fundamentais para a operação de reatores nucleares. Considere uma das possíveis reações de fissão:



O valor Q da reação, que representa a energia liberada, é dado por $Q = \Delta m \cdot c^2$, onde Δm é o "defeito de massa", ou seja, a diferença entre a massa total dos reagentes e a massa total dos produtos.

Para esta reação, foi calculado um defeito de massa de:

$$\Delta m = 3,0893 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

Sabendo que:

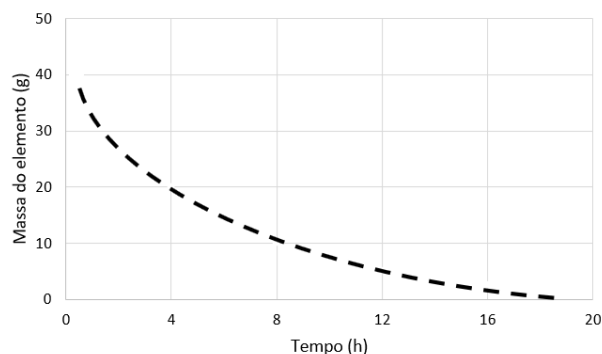
$$1 \text{ kg} \cdot c^2 \approx 8,98755179 \cdot 10^{16} \text{ J/kg},$$

Assinale a opção **incorreta**.

- (A) No processo de fissão do ^{235}U , o cálculo do defeito de massa de $\Delta m = 3,0893 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$ comprova que a soma das massas dos produtos é inferior a soma das massas dos reagentes, em um processo de conversão direta de massa em energia térmica.
- (B) O valor de Q de uma reação nuclear, definido como $Q = [\sum m(\text{reag}) - \sum m(\text{prod})] \cdot c^2$, representa diretamente a energia liberada ou absorvida no processo. Um valor positivo de Q indica que a reação é exotérmica, resultando em produtos com maior energia cinética total que os reagentes.
- (C) O valor de $Q \approx 2,8 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ para essa reação de fissão é resultado do defeito de massa entre reagentes e produtos. Como Q é positivo, a reação é exotérmica, e a energia equivalente à variação de massa é liberada predominantemente como energia cinética dos fragmentos de fissão e nêutrons, sendo subsequentemente convertida em energia térmica através das colisões no interior do reator.
- (D) Em qualquer reação nuclear isolada, a soma da energia de repouso e da energia cinética de todas as partículas envolvidas (reagentes e produtos) permanece constante. O chamado "defeito de massa" não representa uma violação da conservação de massa, mas sim a conversão dessa massa em energia cinética (ou vice-versa), de acordo com o princípio de equivalência de Einstein, $E = \Delta m \cdot c^2$.
- (E) A reação de fissão do ^{235}U apresentada é apenas uma de muitas possibilidades estatísticas. O processo gera uma distribuição bimodal de fragmentos, podendo produzir diversos pares de núcleos, como $^{95}\text{Sr} + ^{139}\text{Xe}$ ou $^{94}\text{Zr} + ^{140}\text{Ce}$, desde que seja satisfeito o balanço de massa e energia.

48

No setor de Medicina Nuclear de um hospital, o controle de qualidade de radiofármacos exige o conhecimento preciso do decaimento radioativo desses compostos. O gráfico abaixo representa a massa de um radiofármaco em função do tempo.



Sabendo que a vida média é o tempo médio esperado para o decaimento de um núcleo radioativo, determine a vida média desse elemento.

- (A) 4,0 h
(B) 4,5 h
(C) 5,8 h
(D) 6,9 h
(E) 7,1 h

49

A radioatividade é um fenômeno fundamental em diversas áreas da ciência e tecnologia, como: saúde, indústria, pesquisa e segurança nuclear. Seu estudo envolve conceitos essenciais sobre a transformação espontânea de núcleos instáveis e o comportamento estatístico desses processos.

Com base nesses conceitos, analise as afirmativas a seguir:

- I. A taxa de transformações nucleares de átomos instáveis em um determinado instante é denominada Atividade (A). No Sistema Internacional de Unidades, a atividade é medida em becquerel (Bq), unidade equivalente a uma transformação por segundo (s^{-1});
- II. A atividade de uma amostra radioativa depende do valor inicial da atividade no instante $t = 0$ e decresce exponencialmente ao longo do tempo. O intervalo necessário para que a atividade diminua por um fator $1/e$ é denominado vida média (τ), sendo dado por $\tau = 1/\lambda$, onde λ é a constante de decaimento;
- III. A equação de decaimento radioativo permite determinar com precisão o instante exato em que um núcleo instável sofrerá sua transmutação. Além disso, o comportamento exponencial da atividade indica que todos os núcleos instáveis de uma mesma espécie presentes em uma amostra decaem de forma simultânea;
- IV. A meia-vida ($T_{1/2}$), definida como o tempo necessário para que metade dos núcleos radioativos presentes em uma amostra decaiam, é diretamente proporcional à constante de decaimento (λ), obedecendo à relação $T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$.

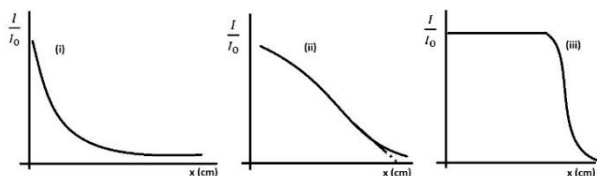
Está correto o que se afirma em

- (A) I e II, apenas.
(B) I e IV, apenas.
(C) II e III, apenas.
(D) I, II e IV, apenas.
(E) I, III e IV, apenas.

50

Os diferentes tipos de radiação ionizante interagem com a matéria de maneiras distintas. Essas diferenças se refletem diretamente em sua penetrabilidade, característica que permite, inclusive, identificar o tipo de radiação analisando o comportamento da intensidade transmitida ao atravessar um material.

A figura a seguir (fora de escala) apresenta três curvas típicas de atenuação, representando a razão $\frac{I}{I_0}$ em função da espessura x do material para três formas diferentes de radiação.



Com base na análise das curvas apresentadas, assinale a opção correta.

- (A) A curva (i) representa partículas gama, pois apresentam grande poder de penetração e sofrem atenuação exponencial contínua, enquanto a curva (ii) corresponde à radiação beta, já que esta sofre atenuação abrupta apenas no final do percurso.
- (B) A curva (i) representa radiação gama, pois sua atenuação ocorre de forma exponencial contínua ao longo da espessura, enquanto a curva (ii) representa partículas alfa, pois apresentam alcance bem definido e desaparecem após percorrerem pequena distância.
- (C) A curva (iii) representa partículas beta, que praticamente não perdem intensidade até atingirem um ponto de parada abrupto no material, enquanto as curvas (i) e (ii) representam, respectivamente, radiação gama e partículas alfa.
- (D) A curva (i) representa radiação gama, pois a atenuação exponencial é típica de fótons, enquanto a curva (iii) reflete a penetrabilidade de partículas alfa, com queda abrupta após certo percurso, indicando partículas fortemente ionizantes.
- (E) A curva (ii) representa partículas beta, pois sua intensidade reduz-se gradualmente até atingir zero em um alcance específico, enquanto a curva (iii) corresponde a radiação gama de alta energia, devido à alta penetração e baixa perda inicial de intensidade.

51

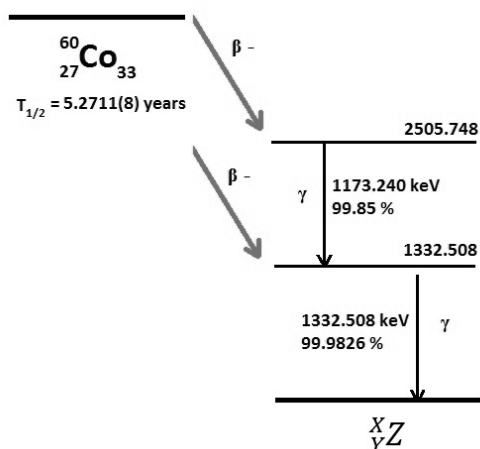
Os nêutrons desempenham papel fundamental em aplicações nucleares, especialmente em reatores. Por não possuírem carga elétrica, sua interação com a matéria ocorre de maneira distinta das partículas carregadas, envolvendo fenômenos específicos que determinam sua velocidade, possibilidade de captura e capacidade de provocar reações nucleares.

Sobre os principais mecanismos de interação dos nêutrons com os núcleos atômicos, assinale a opção **incorreta**.

- (A) Uma vez que o nêutron não possui carga elétrica, ele interage com os núcleos sem a necessidade de superar a barreira de *Coulomb*. Consequentemente, a probabilidade (seção de choque) para interações nucleares é maior para nêutrons do que para partículas carregadas.
- (B) As interações de nêutrons com núcleos são categorizadas em duas classes principais: espalhamento e absorção. No espalhamento, o nêutron interage e ambas as partículas reaparecem, sendo este processo o responsável pelo abrandamento (slowing down) de nêutrons rápidos em reatores, transformando-os em nêutrons lentos ("térmicos").
- (C) O espalhamento pode ser elástico, no qual a energia cinética total dos dois corpos em colisão é conservada, ou inelástico, no qual parte da energia cinética é cedida ao nêutron como energia de excitação, resultando na emissão subsequente de raios γ pelo nêutron excitado.
- (D) No caso da absorção, o nêutron desaparece e uma ou mais outras partículas aparecem após a reação. Exemplos de reações absorptivas incluem a reação (n, p) , a reação de captura (n, γ) e a fissão.
- (E) A probabilidade de ocorrência de uma interação específica é quantificada pela seção de choque microscópica (σ), definida separadamente para cada tipo de reação e isótopo. A unidade utilizada para a seção de choque é o barn ($1 \text{ barn} = 10^{-28} \text{ m}^2$), que corresponde aproximadamente à área da seção transversal de um núcleo. As seções de choque dos nêutrons dependem fortemente da energia do nêutron.

52

Os esquemas de decaimento radioativo representam visualmente as transições nucleares que ocorrem quando um núclídeo instável busca estabilidade. No caso do Cobalto-60, o decaimento segue um padrão característico mostrado na figura.



A partir do esquema, analise os itens a seguir:

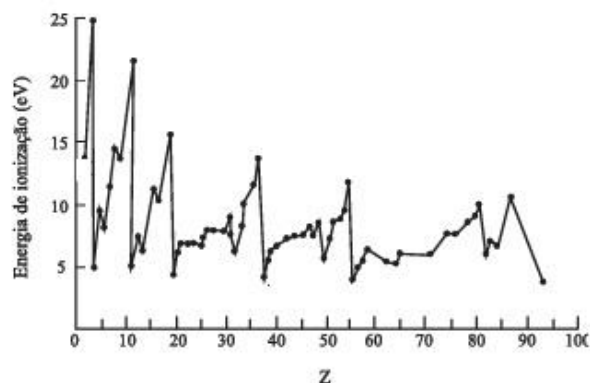
- Em um espectro gama do $^{60}_{27}\text{Co}$, observa-se a curva característica da emissão beta associada aos picos das duas energias gama: 1173,2 keV e 1332,5 keV.
- O elemento final dessa transmutação (^x_yZ) será indubitavelmente o $^{60}_{28}\text{Ni}$, independentemente do caminho de desintegração percorrido pelo núcleo.
- É possível ocorrer transmutação entre quaisquer níveis de energia, não necessariamente apenas pelas transições mostradas, podendo inclusive o elemento final (^x_yZ) encerrar o processo de transmutação no estado de conversão interna de 2505,7 keV.
- Todo decaimento beta do $^{60}_{27}\text{Co}$ está associado à emissão de pelo menos 1 raio gama.

Está correto o que se afirma em

- II e IV, apenas.
- IV, apenas.
- I, II e IV, apenas.
- II e III, apenas.
- I, II, III e IV.

53

Com base no gráfico anexado, que ilustra a variação da Energia de Ionização (eV) em função do Número Atômico (Z) dos elementos químicos, analise os itens a seguir:



- Os valores máximos (picos) na curva correspondem a elementos que possuem a camada de valência completa, como os Gases Nobres ($Z=2$, $Z=10$, $Z=18$, etc.), indicando a maior estabilidade e, consequentemente, a maior dificuldade para remover um elétron.
- Os elementos localizados nos valores mínimos da curva, que ocorrem imediatamente após os picos, são os Metais Alcalinos ($Z=3$, $Z=11$, $Z=19$, etc.), que possuem o menor potencial de ionização em seus respectivos períodos devido à presença de um único elétron na camada de valência, afastado do núcleo.
- Ao longo da Tabela Periódica (da esquerda para a direita em um período), observa-se uma tendência geral de aumento na energia de ionização. Isso ocorre porque o raio atômico diminui e a carga nuclear efetiva aumenta, tornando a atração sobre os elétrons mais forte.
- A energia de ionização dos elétrons da última camada, representada no gráfico (eV), é significativamente menor do que a energia de ligação dos elétrons das camadas internas (mais próximos do núcleo).

É correto o que se afirma em

- I e III, apenas.
- II e IV, apenas.
- I, II e III, apenas.
- III e IV, apenas.
- I, II, III e IV.

54

A espectrometria gama é uma técnica fundamental para a identificação e quantificação de radionuclídeos. Um exemplo clássico de sua aplicação é a determinação da atividade do Rádio-226, que é feita medindo-se os raios gama emitidos pelo seu produto de decaimento, o Bi-214, após o estabelecimento do equilíbrio radioativo na cadeia de decaimento.

Com base nesse princípio, assinale a opção correta.

- (A) Este princípio só é aplicável quando o radionuclídeo filho possui uma meia-vida significativamente maior que a do radionuclídeo pai.
- (B) O equilíbrio secular é um estado temporário que dura apenas alguns segundos, portanto, as medidas devem ser realizadas imediatamente após a separação química dos nuclídeos.
- (C) Uma condição essencial para o equilíbrio secular é que o radionuclídeo pai e o filho sejam do mesmo elemento químico para garantir a mesma eficiência de detecção.
- (D) No equilíbrio secular, a atividade do radionuclídeo filho torna-se praticamente igual à atividade do radionuclídeo pai, permitindo que a medida do filho seja usada para calcular a atividade do pai.
- (E) O equilíbrio secular pode ser utilizado para medir a atividade de qualquer par pai-filho, independentemente das suas meias-vidas, desde que estejam na mesma amostra.

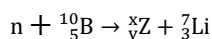
55

Um físico médico está analisando os riscos de diferentes tipos de radiação em um projeto de proteção radiológica. Durante os estudos, precisa compreender detalhadamente o conceito de Transferência Linear de Energia (LET) e suas implicações práticas. Considerando as informações fornecidas sobre LET, assinale a opção correta.

- (A) O LET representa o poder de frenamento do meio material sobre a partícula carregada, sendo calculado como a energia total perdida ao longo de todo o alcance da partícula.
- (B) O LET é um valor constante para cada tipo de partícula, independentemente de sua energia, o que permite uma classificação absoluta entre radiações de baixo e alto LET.
- (C) O LET Irrestrito (L_{∞}) considera todas as perdas de energia, incluindo as transferidas para partículas secundárias de alta energia (raios δ) durante o processo de degradação.
- (D) O termo "Linear" no LET refere-se exclusivamente à trajetória retilínea das partículas carregadas no meio material durante o processo de transferência de energia.
- (E) Na prática, o LET representa um valor médio obtido de um espectro de valores, já que a energia da partícula varia após cada interação, alterando o dE/dx ao longo de seu percurso.

56

Considere a reação nuclear:



Aplicando-se as leis de conservação, o núclídeo ${}^x_Z\text{Z}$ formado é necessariamente

- (A) ${}_0^1\text{n}$
- (B) ${}_2^4\text{He}$
- (C) β^-
- (D) β^+
- (E) ${}_2^4\text{Li}$

57

O Rn-222 representou um marco no desenvolvimento da oncologia radioterápica, sendo uma das primeiras fontes utilizadas em implantes terapêuticos. Seu uso pioneiro abriu caminho para as técnicas modernas de braquiterapia, hoje precisas, computadorizadas e baseadas em fontes encapsuladas com meias-vidas mais adequadas.

Considere uma amostra recente preparada com radônio-222 para uso em braquiterapia, contendo $2,2 \cdot 10^{-6}$ g deste radionuclídeo.

Considerando que a meia-vida do Rn-222 é de 3,82 dias, a constante de Avogadro é $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ e $\ln 2 \approx 0,693$, assinale a opção que determina corretamente a atividade inicial da amostra, em becqueréis (desintegrações por segundo), imediatamente após sua preparação.

- (A) $3,1 \cdot 10^7 \text{ Bq}$
- (B) $9,8 \cdot 10^{12}$
- (C) $4,2 \cdot 10^8$
- (D) $1,25 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$
- (E) $6,0 \cdot 10^5 \text{ Bq}$

58

Em aplicações médicas envolvendo radionuclídeos, a taxa de eliminação da atividade no organismo depende simultaneamente do decaimento físico e dos processos biológicos de excreção. Para representar essa combinação, utiliza-se a meia-vida efetiva, resultante da contribuição conjunta da meia-vida física e da meia-vida biológica.

Considere um indivíduo que recebeu uma atividade de Iodo-125 ($I-125$), cujo comportamento é descrito pelos seguintes parâmetros:

Meia-vida física: 60 dias

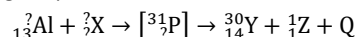
Meia-vida biológica: 3 dias

Com base nessas informações, assinale a opção que determina, aproximadamente, o tempo necessário para que a atividade remanescente no organismo se reduza a 1/10 do valor inicial. (Considere $\log_2 10 \approx 3,32$)

- (A) 5,7 dias
- (B) 6,9 dias
- (C) 9,5 dias
- (D) 14,7 dias
- (E) 17,3 dias

59

Em um experimento de física nuclear, foi observada a reação a seguir, onde alguns parâmetros não estão revelados:



Considerando os princípios básicos que envolvem as reações nucleares, assinale a opção **incorreta**.

- (A) A reação é do tipo (α, p) sobre o elemento alumínio.
- (B) A partícula ${}^A_Z\text{X}$ é um núcleo de hélio, e o núcleo inicial de alumínio tem massa 27.
- (C) O elemento Z é um nêutron, comum em fissões de reatores nucleares.
- (D) A reação respeita conservação de massa e carga se o somatório dos números atômicos e dos números de massa dos reagentes for igual ao dos produtos.
- (E) O ${}^{31}_{17}\text{P}$ é um núcleo excitado de curtíssima duração antes de emitir radiação/partícula.

60

A interação de nêutrons com a matéria é caracterizada por um conceito de probabilidade por unidade de caminho, conhecido como seção de choque.

Com base nas propriedades e definições sobre a seção de choque microscópica e macroscópica, e seus conceitos relacionados, assinale a opção **incorreta**.

- (A) A seção de choque microscópica, expressa por núcleo para um mecanismo de interação específico (como captura radiativa ou espalhamento elástico), é tradicionalmente medida na unidade de *barn*, que equivale a $10^{-28} m^2$.
- (B) A seção de choque macroscópica, que representa a probabilidade por unidade de caminho para um processo específico, é obtida pelo produto da seção de choque microscópica pelo número de núcleos por unidade de volume, e possui dimensão do inverso do comprimento.
- (C) A atenuação de um feixe estreito de nêutrons em um absorvedor segue uma relação exponencial com a espessura, onde a atenuação depende da seção de choque macroscópica total.
- (D) A densidade da taxa de reação (reações por unidade de tempo e volume) é determinada pelo produto da seção de choque macroscópica pelo fluxo de nêutrons, que é definido como o produto da densidade numérica de nêutrons pela sua velocidade.
- (E) O caminho livre médio, que é o inverso da seção de choque macroscópica total, é normalmente da ordem de dezenas de centímetros para nêutrons lentos em materiais sólidos, sendo menor (da ordem de um centímetro ou menos) para nêutrons rápidos.

Redação

Texto I

Por que as pessoas têm medo da energia nuclear?

Estudos apontam que esta é a forma mais segura de eletricidade

É cada vez mais frequente a quantidade de estudos publicados nas principais revistas científicas do mundo que apontam que as usinas nucleares são, de longe, a maneira mais segura de produzir eletricidade. Durante as duas primeiras décadas de produção, as pessoas apresentaram certa euforia com a novidade. Porém, o que veio na sequência foi o receio generalizado – para muitos, o medo está relacionado à associação histórica das usinas nucleares com armas nucleares.

<https://forbes.com.br/columnas/2018/07/por-que-as-pessoas-tem-medo-da-energia-nuclear/>

Texto II



QUINO. 10 anos com Mafalda. Tradução de Monica Stahel. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2010. (Adaptada)

Com base na leitura dos Textos I e II e em seus próprios conhecimentos sobre a temática, redija um texto dissertativo-argumentativo de, no mínimo 15 (quinze) linhas e, no máximo, 30 (trinta) linhas, sobre o tema:

Como mudar a perspectiva negativa da população sobre o uso de energia nuclear?

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

Realização

