

## 1 Questões

**Questão 1:** [½ ponto]

Assinale a alternativa que NÃO corresponda a um exemplo de onda eletromagnética.

- A. Ondas de radiofrequência.
- B. Infravermelho.
- C. As vibrações de cordas e molas.**
- D. Luz visível.
- E. Radiação gama.

**Solução:**

(c) As ondas geradas a partir de vibrações de cordas ou molas são mecânicas, e não eletromagnéticas.

**Questão 2:** [½ ponto]

Assinale verdadeiro (V) ou falso (F) para cada uma das afirmações a seguir.

- (a) V Dizemos que um material tem perdas quando ele atenua a amplitude de ondas que se propaguem nele.
- (b) V Amplitude é a diferença entre um valor máximo da intensidade de uma onda e a sua média.
- (c) V O período fundamental representa a repetição de uma onda no tempo.
- (d) V O comprimento de onda simboliza a repetição de uma onda no espaço.
- (e) F Medimos a frequência angular de uma onda em rad/m e a sua constante de fase em rad/s.

**Solução:**

(e) No Sistema Internacional (SI), a frequência angular de uma onda é medida em rad/s e a sua constante de fase, em rad/m.

**Questão 3:** [½ ponto]

Assinale verdadeiro (V) ou falso (F) para cada uma das afirmações a seguir.

- (a) V A alocação de frequências no Brasil é determinada pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).
- (b) V A faixa VHF (*very high frequency*) se estende entre 30 MHz e 300 MHz.

- (c) **V** Uma onda monocromática é aquela para a qual os campos elétrico e magnético oscilam numa só frequência.
- (d) **F** A parcela do espectro eletromagnético relativa às ondas de rádio corresponde a todas as frequências menores do que aquelas de ultravioleta.
- (e) **V** A banda de micro-ondas se localiza entre 300 MHz e 300 GHz, o que inclui as faixas UHF (*ultra high frequency*), SHF (*super high frequency*) e EHF (*extremely high frequency*).

**Solução:**

- (d) As ondas de rádio correspondem à fatia do espectro eletromagnético cujas frequências se situam abaixo daquelas da faixa de infravermelho.

**Questão 4:**

[1/2 ponto]

Sobre a propagação de ondas eletromagnéticas no espaço livre e em dielétricos perfeitos, assinale a alternativa INCORRETA.

- A. Um dielétrico (isolante) perfeito é um material que apresenta condutividade arbitrariamente elevada (idealmente, infinita).
- B. Se uma onda pudesse se propagar num meio sem qualquer obstáculo, não haveria uma componente refletida, mas apenas uma onda transmitida.
- C. Toda onda eletromagnética varia com o tempo e com o espaço.
- D. A velocidade de fase de uma onda é a razão entre frequência angular e constante de fase e, no Sistema Internacional (SI), é medida em metro por segundo (m/s).
- E. A propagação de uma onda eletromagnética num dielétrico perfeito apresenta as mesmas características da transmissão no vácuo (espaço livre).

**Solução:**

- (a) Para ser considerado como um isolante perfeito, um material precisa ter condutividade nula, isto é,  $\sigma = 0$  S/m.

**Questão 5:**

[1/2 ponto]

Sobre a propagação de ondas eletromagnéticas em um dielétrico imperfeito (com perdas), assinale a alternativa CORRETA.

- A. A tangente de perdas de um meio é uma grandeza que considera a permissividade elétrica, a condutividade e a frequência de operação e, quanto maior for o valor desse parâmetro, mais o material se assemelhará a um isolante perfeito.

- B. Uma constante de atenuação  $\alpha = 1 \text{ Np/m}$  significa que, quando uma onda se propaga numa distância de 1 m, a sua amplitude cai para cerca de 36,79% do valor que tinha antes.**
- C. O comprimento de onda e a velocidade de fase no espaço livre são menores do que os valores desses parâmetros em um meio de transmissão com perdas.
- D. Quando a tangente de perdas de um dado material é muito maior do que 1, ele é classificado como meio de baixas perdas.
- E. Um dielétrico (isolante) com perdas é um material que apresenta uma condutividade exatamente igual a zero.

**Questão 6:**

[1/2 ponto]

Assinale verdadeiro (V) ou falso (F) para cada uma das afirmações a seguir.

- (a) V Um forno de micro-ondas funciona em 2,45 GHz porque a água absorve a energia de ondas eletromagnéticas nessa frequência.
- (b) V Em um elevador, a recepção de sinal de telefonia celular é prejudicada por causa da atenuação elevada e da reflexão que as ondas eletromagnéticas sofrem nas paredes metálicas.
- (c) V Para um mesmo nível de potência transmitida, uma estação de rádio AM apresenta um alcance muito maior do que o de uma estação FM porque opera em frequências menores.
- (d) V A possibilidade de uso de maiores larguras de banda é um dos fatores mais atrativos para operação na faixa de micro-ondas.
- (e) V Como as micro-ondas conseguem atravessar a ionosfera, elas podem ser utilizadas na comunicação com satélites.

**Questão 7:**

[1 ponto]

Sejam  $\mathbf{A}$  e  $\mathbf{B}$  dois campos vetoriais arbitrários, em que  $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$  e  $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$  representam, respectivamente, o produto escalar e o produto vetorial entre  $\mathbf{A}$  e  $\mathbf{B}$ . Considere as seguintes assertivas:

- I. O resultado de  $\mathbf{A} \cdot (\mathbf{A} \times \mathbf{B})$  é um vetor diferente de zero e  $\mathbf{A} \times \mathbf{A}$  é o vetor nulo.
- II. Se  $\nabla \cdot \mathbf{A}$  e  $\nabla \times \mathbf{A}$  simbolizam, respectivamente, o divergente e o rotacional de  $\mathbf{A}$ , então  $\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{A}) = 0$ .
- III. Se  $\nabla \Psi$  é o gradiente de um campo escalar arbitrário  $\Psi$ , então  $\nabla \times (\nabla \Psi) = \mathbf{0}$ ;
- IV. A operação  $\nabla(\nabla \cdot \mathbf{B})$  resulta em um campo escalar.

Com base nas proposições acima, assinale a opção INCORRETA:

- A. Todas as afirmativas são falsas.**
- B. As afirmativas I e IV são falsas.
- C. As afirmativas II e III são verdadeiras.

D. A afirmativa II é verdadeira.

E. A afirmativa I é falsa.

**Questão 8:**

[1 ponto]

Seja  $\mathbf{E}$  um campo vetorial qualquer, definido em um intervalo aberto, e admita a existência de seu divergente e seu rotacional,  $\nabla \cdot \mathbf{E}$  e  $\nabla \times \mathbf{E}$ , respectivamente. Considere as seguintes assertivas: Considere as seguintes assertivas:

- I. Se  $\nabla \times \mathbf{E} = \mathbf{0}$ , então o campo vetorial  $\mathbf{E}$  se escreve como o gradiente de um campo escalar  $\phi$ , isto é,  $\mathbf{E} = -\nabla\phi$ .
- II. Se  $\nabla \times \mathbf{E} = \mathbf{0}$ , então a integral de linha de  $\mathbf{E}$  independente do caminho escolhido para fazer tal operação, que é uma função apenas dos pontos inicial e final.
- III. Se  $\nabla \cdot \mathbf{E} = 0$ , então o campo vetorial  $\mathbf{E}$  pode ser dado como o rotacional de um campo vetorial  $\mathbf{A}$ , ou seja,  $\mathbf{E} = \nabla \times \mathbf{A}$ .
- IV. Se  $\nabla \cdot \mathbf{E} = 0$ , então o fluxo de  $\mathbf{E}$  através de qualquer superfície fechada é diferente de zero.

Com base nas proposições acima, assinale a opção INCORRETA:

- A. A afirmativa III é verdadeira.
- B. As afirmativas I e II são verdadeiras.
- C. As afirmativas I, II e IV são falsas.**
- D. As afirmativas I e III são verdadeiras.
- E. A afirmativa IV é falsa.

**Questão 9:**

[1 ponto]

Considere a seguinte equação diferencial em um sistema de coordenadas cartesianas denotadas por  $x, y, z$ :

$$\nabla^2 \varphi(x, y, z) = f(x, y, z), \quad (1)$$

em que  $\nabla^2$  é o operador de Laplace.

Sejam  $\phi_1, \phi_2$  duas soluções distintas, linearmente independentes, da Eq. (1). Analise as proposições abaixo:

- I. Se  $a$  e  $b$  forem constantes arbitrárias, então  $a\phi_1 + b\phi_2$  será uma solução da equação diferencial, independentemente da função  $f$ .
- II. A função dada por  $\phi_0 = \phi_1 - \phi_2$  é uma solução da respectiva equação homogênea,  $\nabla^2 \phi_0 = 0$ .
- III. A Eq. (1) é classificada como não linear.
- IV. Se  $c$  for uma constante qualquer, então a função  $\phi_1$  poderá ser escrita como  $\phi_1 = c\phi_2$ .

Com base nas proposições acima, assinale a opção INCORRETA:

- A. A afirmativa II é verdadeira.
- B. As afirmativas III e IV são falsas.
- C. As afirmativas I, II e III são verdadeiras.**
- D. A afirmativa IV é falsa.
- E. A afirmativa III é falsa.

**Questão 10:**

[1 ponto]

Consideram-se uma esfera de raio  $R$  uniformemente carregada com uma densidade volumétrica de carga  $\rho$  e uma casca esférica de raio  $r$  uniformemente carregada com uma densidade superficial de carga  $\sigma$  e seja  $P$  um ponto exterior a ambas. A esfera e a casca esférica não estão espacialmente sobrepostas e as densidades de carga não variam com o tempo. Analise as proposições a seguir:

- I. Na ausência de outras cargas (também não haveria casca esférica), o campo elétrico no interior da esfera  $E$  é nulo.
- II. Se não existissem outras cargas elétricas no universo, o campo elétrico em  $P$  seria dado pelo produto vetorial dos campos individualmente produzidos pela esfera e pela casca esférica. Equivalentemente, o princípio de superposição não se aplica ao campo elétrico.
- III. Na ausência de outras cargas, inclusive a da esfera, o potencial elétrico num ponto  $Q$  do interior da casca esférica é nulo, definindo-se o potencial como a energia que uma carga unitária receberia ao ser deslocada, a partir de um ponto de referência, até o ponto especificado.
- IV. Se não houvesse demais cargas no universo, a carga total na esfera produziria um campo elétrico em  $P$  equivalente ao de uma carga pontual  $4\pi R^3\rho/3$  localizada no centro da esfera.

Com base nas proposições acima, assinale a opção INCORRETA:

- A. Todas as afirmativas são verdadeiras.**
- B. As afirmativas I, II e III são falsas.
- C. A afirmativa IV é verdadeira.
- D. As afirmativas I e II são falsas.
- E. Existe apenas uma alternativa verdadeira.

**Questão 11:**

[1 ponto]

Sejam  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$  os campos elétrico e magnético, respectivamente, definidos com base na versão microscópica das equações de Maxwell. Considere as afirmações seguintes:

- I. De acordo com a lei de Gauss, o fluxo do campo elétrico através de uma determinada superfície fechada é proporcional à carga elétrica líquida dentro do volume envolvido.

- II. Segundo a lei de Gauss para o magnetismo, o fluxo do campo magnético através de qualquer superfície fechada é nulo, o que decorre da inexistência de monopolos magnéticos.
- III. Conforme a lei de Faraday, a circulação do campo elétrico ao longo de uma curva é igual ao oposto da taxa de variação no tempo do fluxo magnético através de uma superfície que tenha a curva como borda.
- IV. A corrente de deslocamento, introduzida por Maxwell para corrigir a lei de Ampère, é proporcional à taxa de variação no tempo do fluxo de  $\mathbf{E}$ .

Com base nas proposições acima, assinale a opção CORRETA:

- A. Apenas as afirmativas I e III são verdadeiras.
- B. As afirmativas II e IV são falsas.
- C. Todas as afirmações são falsas.
- D. A afirmativa IV é a única verdadeira.

**E. Todas as afirmações são verdadeiras.**

Questão 12:

[1 ponto]

Sejam  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$  os campos elétrico e magnético, respectivamente, relativos a uma onda eletromagnética no espaço livre. Considere as afirmações seguintes:

- I. Os campos  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$  são paralelos, ou seja,  $\mathbf{E} \times \mathbf{B} = \mathbf{0}$ .
- II. Os campos  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$  são perpendiculares entre si, isto é,  $\mathbf{E} \cdot \mathbf{B} = 0$ .
- III. Sendo  $c$  o módulo da velocidade da luz no espaço livre, os campos  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$  satisfazem a equação da onda:

$$\nabla^2 \mathbf{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} = \mathbf{0} \quad (2)$$

$$\nabla^2 \mathbf{B} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} = \mathbf{0}. \quad (3)$$

- IV. A intensidade do campo  $\mathbf{E}$ , dada por  $E$  ou  $|\mathbf{E}|$ , é igual à magnitude do campo magnético  $\mathbf{B}$ , denotada por  $B$  ou  $|\mathbf{B}|$ .

Com base nas proposições acima, assinale a opção INCORRETA:

- A. As afirmativas II e III são verdadeiras.
- B. As afirmativas I e IV são falsas.
- C. Todas as afirmações são falsas.**
- D. A afirmativa II é verdadeira.
- E. A afirmativa IV é falsa.

## Questão 13:

[1 ponto]

Em um determinado circuito elétrico, que consiste de um gerador conectado a diversas impedâncias, há  $n$  elementos e seja  $V_n$  a diferença de potencial sobre o  $n$ -ésimo elemento de circuito. O campo magnético na região do espaço compreendida pelo circuito é nulo, exceto no interior do gerador. Todos os componentes são ideais. Analise estas afirmações:

- I. Com base na lei de Faraday, a soma das quedas de tensão em qualquer laço é nula;
- II. Pela lei de conservação da carga elétrica, a soma das correntes que entram em qualquer nó é igual à soma daquelas que saem.
- III. Para uma dada impedância  $Z = R + iX$ , em que  $i = \sqrt{-1}$ , a taxa de dissipação de energia com o tempo depende exclusivamente da parte imaginária da impedância.
- IV. A admitância do  $n$ -ésimo elemento de circuito é dada pela razão  $V_n/I_n$ , em que  $I_n$  é a corrente através desse componente.

Com base nas proposições acima, assinale a opção INCORRETA:

- A. As afirmativas I e II são verdadeiras.
- B. As afirmativas II e III são verdadeiras.**
- C. As afirmativas III e IV são falsas.
- D. A afirmativa III é falsa.
- E. A afirmativa I é verdadeira.

Questões	Total de pontos	Pontos obtidos
1	$\frac{1}{2}$	
2	$\frac{1}{2}$	
3	$\frac{1}{2}$	
4	$\frac{1}{2}$	
5	$\frac{1}{2}$	
6	$\frac{1}{2}$	
7	1	
8	1	
9	1	
10	1	
11	1	
12	1	
13	1	
Total	10	