

# Teoria Quântica

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensi, Coordenação de Química



## Nível I

### PROBLEMA 1.1

1A01

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da energia liberada por 5 g de sódio em uma lâmpada que produz luz amarela com comprimento de onda 590 nm.

- A** 100 kJ      **B** 200 kJ      **C** 300 kJ  
**D** 400 kJ      **E** 500 kJ

### PROBLEMA 1.2

1A02

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do número de fótons emitidos por uma lâmpada de 40 W que produz luz azul com comprimento de onda 470 nm.

- A**  $7 \times 10^{15}$       **B**  $7 \times 10^{16}$       **C**  $7 \times 10^{17}$   
**D**  $7 \times 10^{18}$       **E**  $7 \times 10^{19}$

### PROBLEMA 1.3

1A03

A exposição de uma amostra de iodo gasoso à luz com comprimentos de onda inferiores a 500 nm leva a formação de iodo atômico.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de ligação I—I.

- A**  $120 \text{ kJ mol}^{-1}$       **B**  $160 \text{ kJ mol}^{-1}$   
**C**  $200 \text{ kJ mol}^{-1}$       **D**  $240 \text{ kJ mol}^{-1}$   
**E**  $280 \text{ kJ mol}^{-1}$

### PROBLEMA 1.4

1A04

A mensuração da eficiência quântica da fotossíntese em plantas revelou que 8 quanta de luz vermelha a 685 nm são necessários para liberar uma molécula de oxigênio. A quantidade média de energia armazenada no processo fotoquímico é 469 kJ por mol de oxigênio liberado.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da eficiência da fotossíntese.

- A** 10%      **B** 30%      **C** 50%  
**D** 70%      **E** 90%

### PROBLEMA 1.5

1A05

**Assinale** a alternativa correta.

- A** A intensidade total da radiação emitida por um corpo negro é diretamente proporcional à temperatura.  
**B** O comprimento de onda emitido com maior intensidade por um corpo negro aumenta com o aumento da temperatura.  
**C** Fótons de ondas de rádio são mais energéticos que fótons de radiação ultravioleta.  
**D** Fótons radiação infravermelha são menos energéticos que fótons de radiação ultravioleta.  
**E** A energia de um fóton é diretamente proporcional ao comprimento de onda da radiação.

### PROBLEMA 1.6

1A06

Cinco amostras idênticas de um mesmo metal são aquecidas a diferentes temperaturas até a incandescência.

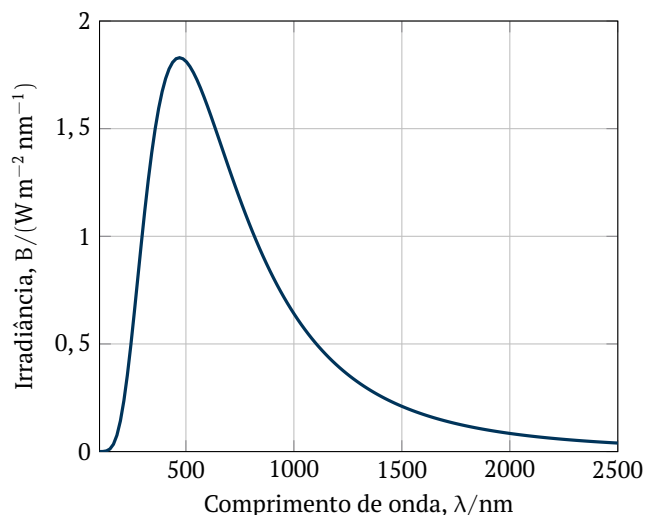
**Assinale** a alternativa com a cor da amostra submetida a uma maior temperatura.

- A** Vermelho      **B** Laranja  
**C** Amarelo      **D** Verde  
**E** Branco

**PROBLEMA 1.7**

1A08

Considere o espectro de emissão da radiação solar.



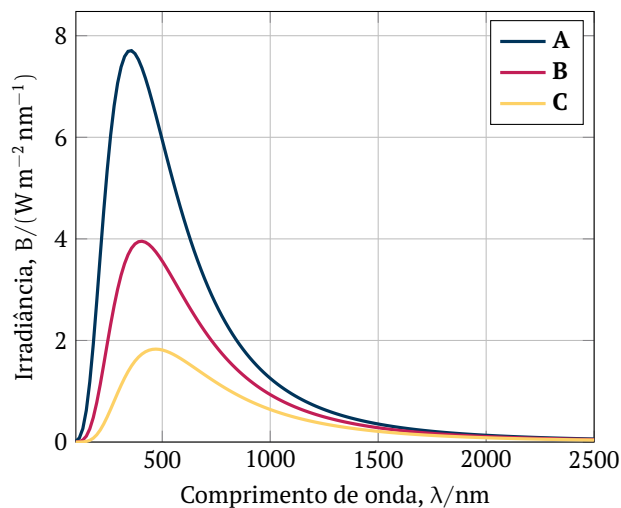
**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da temperatura do sol.

- A** 3 kK      **B** 4 kK      **C** 5 kK  
**D** 6 kK      **E** 7 kK

**PROBLEMA 1.8**

1A09

Considere o espectro de emissão da radiação de três estrelas, A, B e C.



**Assinale** a alternativa que relaciona as estrelas em ordem crescente de temperatura.

- A** A, B, C      **B** A, C, B      **C** B, A, C  
**D** C, A, B      **E** C, B, A

**PROBLEMA 1.9**

1A07

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do comprimento de onda correspondente à emissão de maior intensidade de uma amostra de ferro em fusão.

- A** 130 nm      **B** 260 nm      **C** 390 nm  
**D** 520 nm      **E** 650 nm

**Dados**

- $T_{\text{fus}}(\text{Fe}) = 1540 \text{ K}$

**PROBLEMA 1.10**

1A10

Uma placa é feita de um metal, cuja função trabalho é menor que a energia dos fótons da luz visível, é exposta ao sol.

**Assinale** a alternativa *correta*.

- A** Os elétrons não são ejetados instantaneamente, já que precisam de um tempo mínimo para acúmulo de energia.  
**B** Os elétrons podem ser ejetados instantaneamente com uma mesma energia cinética para qualquer elétron.  
**C** Os elétrons não podem ser ejetados já que a placa metálica apenas reflete a radiação.  
**D** Os elétrons podem ser ejetados instantaneamente, com energia que depende da frequência da radiação absorvida e da energia do elétron no metal.  
**E** Os elétrons não podem ser ejetados instantaneamente e a energia cinética após a ejeção depende da frequência da radiação absorvida e da energia do elétron no metal.

**PROBLEMA 1.11**

1A11

A superfície de uma amostra de potássio é irradiada, emitindo elétrons a  $668 \text{ km s}^{-1}$ .

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do comprimento de onda da radiação incidente.

- A** 300 nm      **B** 350 nm      **C** 400 nm  
**D** 450 nm      **E** 500 nm

**Dados**

- $\Phi(\text{K}) = 2,20 \text{ eV}$

**PROBLEMA 1.12**

1A12

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da energia cinética máxima para os elétrons emitidos quando luz de comprimento de onda 140 nm atinge a superfície do zinco.

- |   |   |
|---|---|
| <b>A</b> $1,40 \times 10^{-19} \text{ J}$ | <b>B</b> $8,40 \times 10^{-19} \text{ J}$ |
| <b>C</b> $1,40 \times 10^{-18} \text{ J}$ | <b>D</b> $8,40 \times 10^{-18} \text{ J}$ |
| <b>E</b> $1,40 \times 10^{-17} \text{ J}$ |   |

**Dados**

- $\Phi(\text{Zn}) = 4,30 \text{ eV}$

**PROBLEMA 1.13**

1A13

A superfície de um metal é irradiada com luz de dois comprimentos de onda,  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$ . As velocidades máximas dos fotoelétrons emitidos são, respectivamente,  $v_1$  e  $v_2$ , sendo  $v_1 = 2v_2$ . **Assinale** a alternativa com a função trabalho desse metal.

- |   |   |
|---|---|
| <b>A</b> $\frac{(2\lambda_1 - \lambda_2)hc}{\lambda_1\lambda_2}$  | <b>B</b> $\frac{(\lambda_2 - 2\lambda_1)hc}{\lambda_1\lambda_2}$  |
| <b>C</b> $\frac{(\lambda_2 - 4\lambda_1)hc}{3\lambda_1\lambda_2}$ | <b>D</b> $\frac{(4\lambda_1 - \lambda_2)hc}{3\lambda_1\lambda_2}$ |
| <b>E</b> $\frac{(2\lambda_1 - \lambda_2)hc}{3\lambda_1\lambda_2}$ |   |

**PROBLEMA 1.14**

1A14

O comprimento de onda crítico para a verificação do efeito fotoelétrico no tungstênio é 260 nm.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do comprimento de onda necessário para produzir fotoelétrons do tungstênio com o dobro da energia cinética daqueles produzidos a 220 nm.

- |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>A</b> 110 nm | <b>B</b> 130 nm | <b>C</b> 150 nm |
| <b>D</b> 170 nm | <b>E</b> 190 nm |                 |

**PROBLEMA 1.15**

1A15

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do comprimento de onda de uma partícula de 1 g viajando a  $1 \text{ m s}^{-1}$ .

- |                              |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>A</b> $7 \times 10^{-34}$ | <b>B</b> $7 \times 10^{-35}$ | <b>C</b> $7 \times 10^{-32}$ |
| <b>D</b> $7 \times 10^{-31}$ | <b>E</b> $7 \times 10^{-30}$ |                              |

**PROBLEMA 1.16**

1A16

**Assinale** a alternativa com a identidade do átomo que possui comprimento de onda 3,30 fm quando viaja a 1% da velocidade da luz.

- |             |             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>A</b> Be | <b>B</b> Mg | <b>C</b> Ca | <b>D</b> Sr | <b>E</b> Ba |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|

**PROBLEMA 1.17**

1A17

**Assinale** a alternativa com o momento angular do elétron na quinta órbita do átomo de hidrogênio, considerando o modelo atômico de Bohr.

- |  |  |
|--|--|
| <b>A</b> $1 \times 10^{-34} \text{ J s}$ | <b>B</b> $2 \times 10^{-34} \text{ J s}$ |
| <b>C</b> $5 \times 10^{-34} \text{ J s}$ | <b>D</b> $7 \times 10^{-34} \text{ J s}$ |
| <b>E</b> $1 \times 10^{-33} \text{ J s}$ |  |

**PROBLEMA 1.18**

1A18

Considere a excitação de um átomo de hidrogênio do estado fundamental até o segundo estado excitado.

**Assinale** a alternativa *correta*.

- A** Esse estado excitado é o primeiro permitido para o átomo de hidrogênio.
- B** A distância média do elétron ao núcleo será menor no estado excitado do que no estado fundamental.
- C** Será necessário fornecer mais energia para ionizar o átomo a partir desse estado excitado do que do estado fundamental.
- D** A energia de excitação é a mesma do que a necessária para excitar um elétron do segundo para o quarto estado excitado.
- E** O comprimento de onda da radiação emitida quando o elétron retornar para o estado fundamental será igual ao comprimento de onda da radiação absorvida para a excitação.

**PROBLEMA 1.19**

1A19

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do comprimento de onda da radiação emitida quando um átomo de hidrogênio decai do segundo para o primeiro estado excitado.

- |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>A</b> 460 nm | <b>B</b> 560 nm | <b>C</b> 660 nm |
| <b>D</b> 760 nm | <b>E</b> 860 nm |                 |

**PROBLEMA 1.20**

1A20

**Assinale** a alternativa com o decaimento para o átomo de hidrogênio que leva à emissão de um fóton com maior comprimento de onda.

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>A</b> $n = 2 \rightarrow n = 1$ | <b>B</b> $n = 3 \rightarrow n = 2$ |
| <b>C</b> $n = 4 \rightarrow n = 3$ | <b>D</b> $n = 5 \rightarrow n = 4$ |
| <b>E</b> $n = 6 \rightarrow n = 5$ |                                    |

## PROBLEMA 1.21

1A21

Um elétron em um estado excitado do átomo de hidrogênio decai para o estado fundamental emitindo dois fótons cujos comprimentos de onda são  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$ .

**Assinale** a alternativa com o comprimento de onda do fóton emitido caso o decaimento ocorresse em uma única etapa.

- |  |  |
|--|--|
| <b>A</b> $\lambda_1 + \lambda_2$                             | <b>B</b> $\lambda_1 - \lambda_2$                             |
| <b>C</b> $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$ | <b>D</b> $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$ |
| <b>E</b> $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}$ |  |

## PROBLEMA 1.22

1A22

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da energia de ionização do hidrogênio.

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>A</b> $1,30 \text{ MJ mol}^{-1}$ | <b>B</b> $2,60 \text{ MJ mol}^{-1}$ |
| <b>C</b> $3,90 \text{ MJ mol}^{-1}$ | <b>D</b> $4,20 \text{ MJ mol}^{-1}$ |
| <b>E</b> $6,50 \text{ MJ mol}^{-1}$ |                                     |

## PROBLEMA 1.23

1A23

A energia de ionização um átomo com apenas um elétron é  $412 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Quando os átomos desse elemento estão no primeiro estado excitado, a energia de ionização é  $126 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do comprimento de onda emitido por esse átomo em uma transição do primeiro estado excitado para o estado fundamental.

- |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>A</b> 210 nm | <b>B</b> 420 nm | <b>C</b> 340 nm |
| <b>D</b> 450 nm | <b>E</b> 560 nm |                 |

## PROBLEMA 1.24

1A24

**Assinale** a alternativa com o átomo cuja última energia de ionização é 122 eV.

- |             |             |             |            |            |
|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
| <b>A</b> He | <b>B</b> Li | <b>C</b> Be | <b>D</b> B | <b>E</b> C |
|-------------|-------------|-------------|------------|------------|

## PROBLEMA 1.25

1A25

*Lasers* funcionam pela colisão de átomos excitados com espécies no estado fundamental. A transferência de energia é mais eficiente quando as diferenças energéticas dos níveis são próximas.

**Assinale** a alternativa com a transição do cátion  $\text{He}^+$  que pode ser excitada por colisão com átomos de hidrogênio no primeiro estado excitado.

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>A</b> $n = 1 \rightarrow n = 2$ | <b>B</b> $n = 1 \rightarrow n = 4$ |
| <b>C</b> $n = 2 \rightarrow n = 3$ | <b>D</b> $n = 2 \rightarrow n = 4$ |
| <b>E</b> $n = 2 \rightarrow n = 5$ |                                    |

## Nível II

## PROBLEMA 2.1

1A26

**Determine** a identidade de um átomo que, movendo-se com sua velocidade média quadrática a  $100^\circ\text{C}$ , possui comprimento de onda 23 pm.

## PROBLEMA 2.2

1A27

Quando átomos colidem, parte de sua energia cinética pode ser convertida em energia eletrônica. O processo é mais eficiente quando a energia cinética é próxima da energia necessária para a excitação.

**Determine** a temperatura onde a excitação de átomos de hidrogênio ao primeiro estado excitado é mais eficiente

## PROBLEMA 2.3

1A28

Uma amostra com 586 g de água, inicialmente a  $25^\circ\text{C}$ , é colocada em um forno de micro-ondas que emite radiação eletromagnética com frequência de 2,45 GHz e aquecida até  $91^\circ\text{C}$ .

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do número de fótons absorvidos pela água.

- |                             |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>A</b> $3 \times 10^{27}$ | <b>B</b> $4 \times 10^{28}$ | <b>C</b> $1 \times 10^{29}$ |
| <b>D</b> $5 \times 10^{30}$ | <b>E</b> $2 \times 10^{31}$ |                             |

**Dados**

- $C_p(\text{H}_2\text{O}, l) = 75,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

**PROBLEMA 2.4**

1A29

Radiação de comprimento de onda 427 nm é utilizada no processo de fotossíntese para a produção de glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ) a partir do  $CO_2$ .

- Determine a entalpia da reação de fotossíntese.
- Determine o número de fótons necessários para produzir uma molécula de glicose.

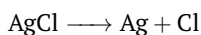
**Dados**

$$\bullet \Delta H_c^\circ(\text{glicose, s}) = -2810 \text{ kJ mol}^{-1}$$

**PROBLEMA 2.5**

1A30

Cristais de cloreto de prata podem ser incorporados em lentes. Quando expostos à luz ocorre a reação:



- Determine a entalpia de decomposição do cloreto de prata.
- Determine o comprimento de onda máximo para esse processo.

**Dados**

$$\bullet \Delta H_f^\circ(AgCl, s) = -127 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\bullet \Delta H_L^\circ(Cl_2) = 242 \text{ kJ mol}^{-1}$$

**PROBLEMA 2.6**

1A31

A superfície de um metal é irradiada com luz proveniente de uma amostra de gás de hidrogênio cujos átomos sofrem transições do estado  $n$  para o estado fundamental. A função trabalho do metal é metade da energia de ionização do átomo de hidrogênio.

- A energia cinética máxima dos elétrons emitidos pelo metal é  $E_K = \frac{E_1}{n^2} - \frac{E_1}{2}$
- A função trabalho do metal é  $\Phi = \frac{E_1}{2}$
- A energia cinética máxima dos elétrons emitidos aumenta com o aumento da frequência da luz incidente no metal a partir da frequência mínima de emissão.
- A energia cinética máxima dos elétrons emitidos aumenta com o aumento da pressão da amostra de hidrogênio.

**Assinale** a alternativa que relaciona todas as proposições corretas.

- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| <b>A</b> 1, 2 e 3    | <b>B</b> 1, 2 e 3 |
| <b>C</b> 1, 2 e 3    | <b>D</b> 1, 2 e 3 |
| <b>E</b> 1, 2, 3 e 3 |                   |

**PROBLEMA 2.7**

1A33

Um feixe de luz solar passa atravessar um filtro de radiação ultravioleta, o qual não permite passar fótons de comprimento de onda menor que 300 nm, sendo direcionado para uma amostra de hidrogênio atômico gasoso. A amostra é mantida em um recipiente transparente à luz visível e opaco ao infravermelho (com comprimento de onda superior a 663 nm). Após passarem pela amostra, os fótons são detectados por sensores posicionados ortogonalmente ao feixe de luz.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima das energias dos fótons detectados.

- |  |
|--|
| <b>A</b> 0,700 eV, 1,90 eV, 3,30 eV, 10,2 eV |
| <b>B</b> 0,900 eV, 1,40 eV, 1,90 eV, 3,30 eV |
| <b>C</b> 1 eV, 1,50 eV, 3,40 eV, 13,6 eV     |
| <b>D</b> 1,90 eV, 2,60 eV, 2,90 eV, 3 eV     |
| <b>E</b> 2,10 eV, 2,40 eV, 3,40 eV, 3,80 eV  |

**PROBLEMA 2.8**

1A32

Uma linha violeta é observada em 434 nm no espectro de emissão do átomo de hidrogênio.

- Determine a energia do fóton dessa emissão.
- Determine a transição eletrônica correspondente a essa emissão.

**PROBLEMA 2.9**

1A34

Considere o modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio. O raio da órbita do estado fundamental é 53 pm, sendo  $2200 \text{ kms}^{-1}$  a velocidade do elétron nessa órbita. O tempo de vida médio de um elétron no primeiro estado excitado é de 10 ns.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do número médio de revoluções efetuadas por um elétron no primeiro estado excitado do átomo de hidrogênio.

- |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>A</b> $1 \times 10^6$ | <b>B</b> $8 \times 10^6$ | <b>C</b> $9 \times 10^6$ |
| <b>D</b> $4 \times 10^7$ | <b>E</b> $5 \times 10^7$ |                          |

**PROBLEMA 2.10**

1A35

Considere o modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio. Seja  $a_0$  o raio da órbita do estado fundamental,  $m$  a massa do elétron,  $e$  a carga do elétron e  $\epsilon_0$  a permissividade do vácuo.

**Assinale** a alternativa com o período orbital para do  $n$ .

- |   |   |
|---|---|
| <b>A</b> $\frac{e}{4\pi a_0 n^3 \sqrt{\epsilon_0 m a_0}}$     | <b>B</b> $\frac{4\pi a_0 n^3 \sqrt{\epsilon_0 m a_0}}{e}$     |
| <b>C</b> $\frac{\pi a_0 n^3 \sqrt{\pi \epsilon_0 m a_0}}{e}$  | <b>D</b> $\frac{4\pi a_0 n^3 \sqrt{\pi \epsilon_0 m a_0}}{e}$ |
| <b>E</b> $\frac{e}{4\pi a_0 n^3 \sqrt{\pi \epsilon_0 m a_0}}$ |   |

Um átomo de hidrogênio emite um fóton de energia 2,55 eV na transição entre dois estados estacionários. A razão entre as velocidades do elétron nesses estados é 1/2.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da energia potencial do elétron no estado final.

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| <b>A</b> -13,6 eV | <b>B</b> -6,80 eV |
| <b>C</b> -4,50 eV | <b>D</b> -3,40 eV |
| <b>E</b> -1,50 eV |                   |

Considere um semiconductor com uma impureza de carga +1 atraindo um elétron. Devido a interações com os átomos da rede cristalina, o elétron no semiconductor possui massa igual a  $m_r m_e$  sendo  $m_e$  é a massa de repouso do elétron e  $m_r$  uma constante adimensional. A permissividade relativa no meio semiconductor é  $\epsilon_r$ .

**Assinale** a alternativa com a razão entre a energia de ionização da impureza e a energia de ionização do átomo de hidrogênio.

- |                                     |                                       |                                   |
|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A</b> 1                          | <b>B</b> $\frac{m_r}{\epsilon_r}$     | <b>C</b> $\frac{\epsilon_r}{m_r}$ |
| <b>D</b> $\frac{m_r}{\epsilon_r^2}$ | <b>E</b> $\frac{m \epsilon_r^2}{m_r}$ |                                   |

### 3.2 Nível II

- Enxofre
- 79 kK
- C**
- 2080 kJmol<sup>-1</sup>
  - 10 fótons
- ?
  - 480 nm
- B**
- D**
- 2,85 eV
  - $n = 5 \rightarrow n = 2$
- B**
- E**
- B**
- D**

## Gabarito

### 3.1 Nível I

- |              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1. <b>B</b>  | 2. <b>B</b>  | 3. <b>D</b>  | 4. <b>B</b>  | 5. <b>D</b>  |
| 6. <b>E</b>  | 7. <b>D</b>  | 8. <b>E</b>  | 9. <b>A</b>  | 10. <b>D</b> |
| 11. <b>B</b> | 12. <b>B</b> | 13. <b>D</b> | 14. <b>E</b> | 15. <b>D</b> |
| 16. <b>C</b> | 17. <b>C</b> | 18. <b>E</b> | 19. <b>C</b> | 20. <b>E</b> |
| 21. <b>C</b> | 22. <b>A</b> | 23. <b>B</b> | 24. <b>B</b> | 25. <b>D</b> |