



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE BLUMENAU**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NANOCIÊNCIA, PROCESSOS E MATERIAIS AVANÇADOS**  
TELEFONE: (48) 3721-3399 / (47) 3232-5199  
EMAIL: [ppgnpmat@contato.ufsc.br](mailto:ppgnpmat@contato.ufsc.br)

**PROCESSO SELETIVO PARA O PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
NANOCIÊNCIA, PROCESSOS E MATERIAIS AVANÇADOS (PPGNPMat)**  
**(EDITAL Nº 002/PPGNPMat/BNU/2019)**

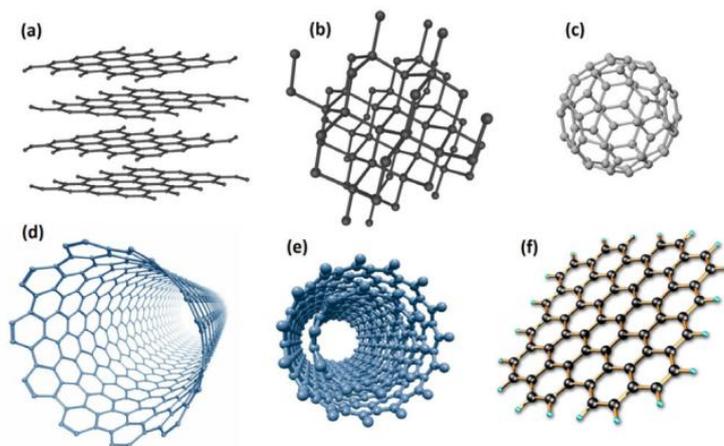
**PROVA ESCRITA**

**NÚMERO DE INSCRIÇÃO:** \_\_\_\_\_

**INSTRUÇÕES:**

- A prova escrita é composta por 16 (dezesseis) questões objetivas. O candidato deverá **selecionar apenas 10 (dez) questões para responder**. No **Cartão Resposta** informe as respostas das questões selecionadas e também os números das questões não selecionadas (não respondidas). Apenas as 10 questões selecionadas serão corrigidas.
- Todas as questões têm **peso igual a 1,0** (um vírgula zero).
- A seleção de mais de 10 (dez) questões por parte do candidato implicará na correção das 10 (dez) primeiras respostas, na ordem crescente presente no Cartão Resposta.
- Durante a prova, deverá ser utilizada apenas **caneta de cor azul ou preta**.
- A prova é individual e sem consulta, com duração de três (03) horas.
- **É proibido realizar consulta** a materiais impressos, livros, manuais, cadernos ou apontamentos, bem como o uso de calculadoras ou suportes eletrônicos de informação, tais como computadores, agendas eletrônicas, palmtops, máquinas fotográficas, telefones celulares, tablets, smartwatches, ou quaisquer outros do gênero.
- **Todos os aparelhos eletrônicos de comunicação**, tais como, telefones celulares, pagers, bipers, tablets, smartwatches, ou quaisquer outros receptores ou transmissores de dados e mensagens, deverão ser **desligados** antes do início da prova.

01. As propriedades da matéria dependem não só da sua composição e estrutura, como também de seu tamanho e formato. A Figura 1 apresenta algumas estruturas alotrópicas do carbono atualmente conhecidas. Grafeno, fulerenos e nanotubos de carbono são materiais em escala nanométrica de grande importância no campo da Nanociência e Nanotecnologia.



A respeito dos diferentes alótropos de carbono, assinale a afirmativa INCORRETA:

Figura 1. Representação esquemática de diferentes alótropos de carbono: a) grafite; b) diamante; c) fulereno; d) nanotubo de carbono de parede simples; e) nanotubo de carbono de parede múltipla; f) grafeno. Fonte: A. J. G. Zarkin e M. M. Oliveira. *Quim. Nova*, Vol. 36, No. 10, 1533-1539, 2013.

- (a) O grafite é um sólido com estrutura lamelar, onde os átomos de carbono estão ligados por ligações  $\sigma$  e  $\pi$  com hibridização  $sp$  (em arranjo hexagonal), formando folhas bidimensionais.
- (b) O empilhamento das folhas de grafeno, via atrações de *van der Waals*, confere a estrutura tridimensional do grafite.
- (c) A condutividade elétrica do grafite se deve ao seu sistema  $\pi$  deslocalizado.
- (d) O diamante é um sólido covalente extremamente duro e isolante, formado por átomos de carbono com hibridização  $sp^3$ , ligados a quatro outros átomos de carbono (com todos os elétrons em ligações  $\sigma$  C – C), em uma geometria tetraédrica.
- (e) Os fulerenos são estruturas nanométricas esferoidais constituídas somente por átomos de carbono com hibridização  $sp^2$ .

**02.** A intensidade das forças intermoleculares afeta muitas propriedades dos líquidos, tais como:

I. Viscosidade e tensão superficial;

II. Pressão de vapor;

III. Calor de vaporização;

IV. Ponto de ebulição;

V. Ponto de congelamento.

À medida que as interações intermoleculares tornam-se mais intensas, espera-se que cada uma destas propriedades **auente** ou **diminua** em magnitude, respectivamente:

(a) I. Aumente – II. Diminua – III. Aumente – IV. Diminua – V. Aumente

(b) I. Diminua – II. Aumente – III. Diminua – IV. Aumente – V. Aumente

(c) I. Aumente – II. Diminua – III. Aumente – IV. Aumente – V. Aumente

(d) I. Diminua – II. Aumente – III. Diminua – IV. Aumente – V. Diminua

(e) Aumente para todas as propriedades.

**03.** A teoria dos orbitais moleculares, baseada na mecânica quântica, foi introduzida por Mulliken e Hund e mostrou ser a mais adequada para a descrição de ligações químicas. Esta teoria resolve todas as deficiências da teoria de Lewis, e torna os cálculos menos complexos do que a teoria da ligação de valência, além de explicar as propriedades de algumas moléculas. Abaixo são apresentados os diagramas de níveis de energia dos orbitais moleculares (OM) do  $N_2$  e do  $O_2$ .

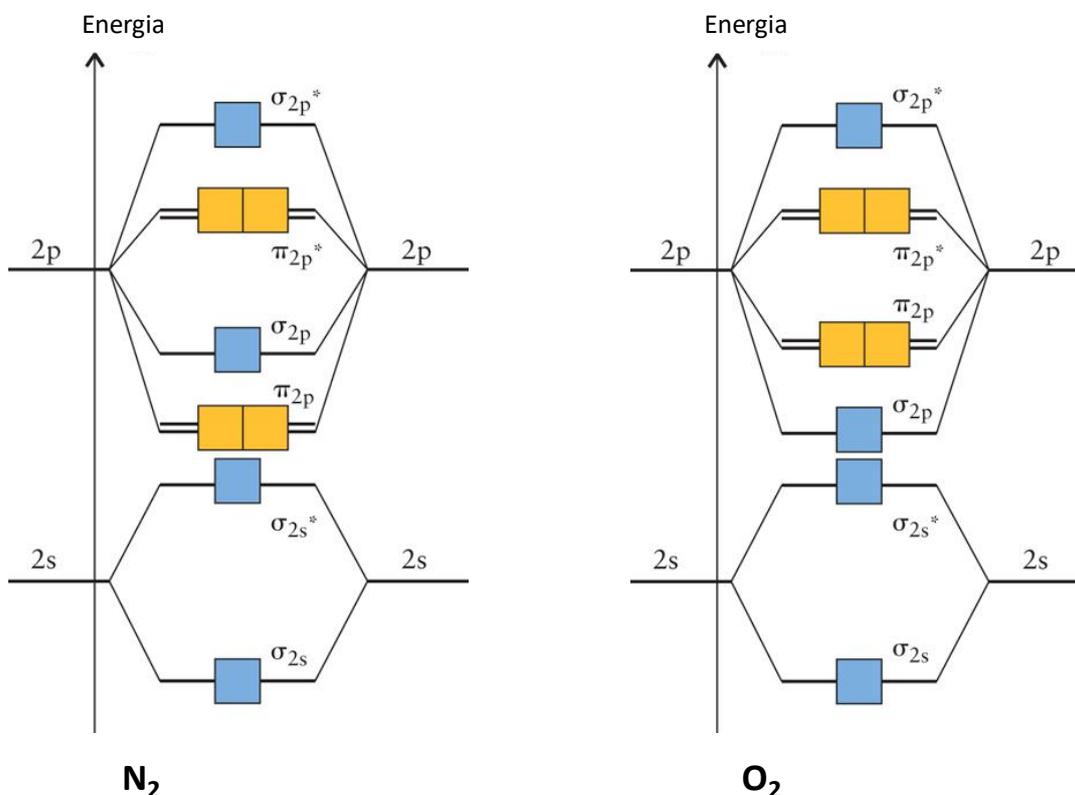


Figura 2. Diagramas de níveis de energia dos orbitais moleculares das moléculas diatômicas homonucleares  $N_2$  e  $O_2$ . Para simplificar, os orbitais  $\sigma_{1s}$  e  $\sigma_{1s}^*$  foram omitidos. Fonte: ATKINS, P. W.; JONES, L. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

Preencha corretamente os orbitais moleculares, avalie as afirmações a seguir, e assinale a afirmação INCORRETA:

- As moléculas diatômicas homonucleares  $N_2$  e  $O_2$  tem ordem de ligação 3 e 2, respectivamente.
- A entalpia de ligação da molécula de  $N_2$  é maior que da molécula de  $O_2$ .
- Substâncias que têm elétrons desemparelhados são paramagnéticas, como é o caso do  $O_2$ . As propriedades paramagnéticas do oxigênio ficam evidentes quando o  $O_2$  líquido é derramado entre os polos de um eletroímã, e o líquido prende-se ao ímã em vez de fluir.
- Substâncias paramagnéticas apresentam magnetização contrária a um campo magnético externo e, com isso, são fracamente repelidas pelo mesmo, como é o caso do oxigênio ( $O_2$ ).
- Quando os orbitais 2s e 2p interagem, o OM  $\sigma_{2s}$  diminui em energia e o  $\sigma_{2p}$  aumenta. Para o  $O_2$  a interação é pequena, mas para o  $N_2$ , a interação é grande o suficiente para que o OM  $\sigma_{2p}$  aumente acima dos OM  $\pi_{2p}$ .

**04.** A Teoria Atômica Moderna recebeu importantes contribuições dos cientistas Max Planck, Louis De Broglie e Werner Heisenberg. Com base nas contribuições destes cientistas, analise as afirmativas a seguir:

- I. De Broglie sugeriu que todas as partículas deveriam ser entendidas como tendo propriedades de ondas. Ele sugeriu, também, que o comprimento de onda ( $\lambda$ ) associado à “onda da partícula” é inversamente proporcional à massa da partícula ( $m$ ) e à velocidade ( $v$ ).
- II. Heisenberg concluiu que a dualidade onda-partícula da matéria coloca uma limitação fundamental na determinação exata da posição e do momento de qualquer partícula subatômica. O princípio da incerteza de Heisenberg relaciona matematicamente as incertezas na posição ( $\Delta x$ ) e no momento linear ( $\Delta p = m\Delta v$ ) para uma determinada massa da partícula, envolvendo a constante de Planck ( $h$ ):  $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$ . Portanto, se  $\Delta x$  é muito pequeno, então  $\Delta p$  deve ser muito grande, e vice-versa.
- III. No efeito fotoelétrico, um fóton com energia  $h\nu$  atinge a superfície de um metal e sua energia é absorvida por um elétron. Se a energia do fóton é maior do que a função trabalho ( $\Phi$ ) do metal, o elétron absorve a energia suficiente para ser ejetado do metal.

Dados:  $E_c = \frac{1}{2} m v^2 = h \nu - \Phi$  ;  $\lambda = \frac{h}{m v}$

onde:  $E_c$  = energia cinética;  $v$  = velocidade;  $\nu$  = frequência.

Assinale a alternativa CORRETA:

- (a) Apenas a afirmativa I está correta.
- (b) Apenas a afirmativa II está correta.
- (c) Apenas a afirmativa III está correta.
- (d) Apenas as afirmativas I e III estão corretas.
- (e) Todas as afirmativas estão corretas.

**05.** As forças presentes entre as moléculas são chamadas de forças intermoleculares (ou interações intermoleculares). Estas forças são responsáveis pelo comportamento não ideal de gases, bem como asseguram a existência dos estados condensados da matéria – líquido e sólido. As forças **intermoleculares** são as principais responsáveis pelas propriedades físicas da matéria, tais como ponto de fusão (PF) e ponto de ebulição (PE). A Tabela abaixo mostra os pontos de fusão e ebulição de algumas substâncias.

Tabela 1. Pontos de fusão e de ebulição de algumas substâncias.

Substância	PF (°C)	PE (°C)	Substância	PF (°C)	PE (°C)
CH <sub>4</sub>	-182	-162	HF	-93	20
CCl <sub>4</sub>	-23	77	HCl	-114	-85
CBr <sub>4</sub>	91	190	HBr	-89	-67
2,2-dimetil-propano	-18	10	HI	-51	-35
n-pentano	-130	36	NH <sub>3</sub>	-78	-33
benzeno	6	80	PH <sub>3</sub>	-133	-88

Com base nas informações apresentadas na Tabela acima, analise as afirmativas a seguir, e marque a afirmativa INCORRETA:

- (a) A energia das interações de London (dipolos instantâneos) depende da polarizabilidade das moléculas. Isto explica a diferença nos PE do CH<sub>4</sub>, CCl<sub>4</sub>, CBr<sub>4</sub>.
- (b) O n-pentano e o 2,2-dimetil-propano têm a mesma fórmula molecular (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>), no entanto têm PE diferentes. Isto ocorre devido ao formato das moléculas, o que afeta a intensidade das interações de London (dipolos instantâneos).
- (c) O fluoreto de hidrogênio (HF) apresenta PE mais alto que os halogenetos de hidrogênio H–X (onde X = Cl, Br ou I) devido ao maior tamanho da sua molécula.
- (d) Os halogenetos de hidrogênio H–X (onde X = Cl, Br ou I) apresentam uma tendência dos PE diferente (inversa) do que se esperaria pela intensidade das interações dipolo-dipolo (que aumenta com a polaridade da ligação H–X).
- (e) A amônia (NH<sub>3</sub>) e o hidreto de fósforo (PH<sub>3</sub>), apesar de possuírem estruturas semelhantes e geometria piramidal, apresentam PF e PE diferentes, devido às ligações de hidrogênio entre as moléculas de NH<sub>3</sub>.

**06.** O comportamento mecânico dos materiais é descrito por suas propriedades mecânicas, medidas por meio de ensaios. Esses ensaios são concebidos de forma que representem diferentes tipos de solicitações mecânicas. Neste contexto, o ensaio de tração é bastante difundido no estudo das propriedades mecânicas dos materiais. Em relação a esse ensaio, analise as afirmativas abaixo:

( ) A deformação elástica corresponde a uma deformação irreversível, não sendo recuperável quando a tensão aplicada é removida.

( ) A taxa com que um material é deformado influencia na resposta mecânica dos materiais, sendo que muitos materiais considerados dúcteis comportam-se como sólidos frágeis quando as taxas de deformação são elevadas.

( ) A ductilidade é uma medida da deformação plástica suportando até a fratura, sendo que um material que sofra uma deformação plástica muito pequena ou mesmo nenhuma deformação plástica até a fratura é denominado frágil.

( ) Com o aumento da temperatura, os valores de módulo de elasticidade, assim como, o limite de resistência à tração não são alterados.

( ) Os materiais dúcteis são normalmente menos tenazes que os materiais frágeis.

Assinale a alternativa CORRETA:

(a) F – V – F – V – V

(b) F – F – V – F – V

(c) V – V – F – F – V

(d) V – V – F – V – F

(e) F – V – V – F – F

**07.** Considerações sobre as propriedades elétricas dos materiais são, com frequência, importantes durante o projeto de um componente. Em relação a essas propriedades, assinale a alternativa INCORRETA:

(a) Os metais são considerados materiais condutores, tipicamente com condutividade elétrica na ordem de  $10^7 (\Omega \cdot m)^{-1}$ , sendo que no outro extremo estão os polímeros, considerados isolantes com condutividade elétrica entre  $10^{-10} (\Omega \cdot m)^{-1}$  e  $10^{-20} (\Omega \cdot m)^{-1}$ .

(b) Os polímeros intrinsecamente condutores possuem cadeias orgânicas conjugadas, com ligações duplas (C=C) e simples (C–C) alternadas ao longo da cadeia, podendo apresentar, em alguns casos, propriedades elétricas similares aos metais.

(c) As propriedades elétricas de um material sólido, são consequência da estrutura de sua banda eletrônica, ou seja, do arranjo das bandas eletrônicas mais externas e da maneira pela qual são preenchidas com elétrons.

(d) Em materiais iônicos, a condutividade total é resultado apenas do movimento de íons, não havendo contribuição do movimento de elétrons.

(e) A facilidade com que um material conduz corrente elétrica é expressa em termos da condutividade elétrica, ou de seu inverso, a resistividade elétrica.

**08.** Durante o inverno, andar sobre um tapete de tecido é mais confortável do que andar sobre um piso cerâmico, que parece estar mais frio. Isso acontece, mesmo que ambos estejam na mesma temperatura. As diferentes sensações que experimentamos estão relacionadas à taxa de condução de calor dos materiais. A respeito das propriedades térmicas dos materiais assinale a alternativa CORRETA:

- (a) A condução térmica é o fenômeno pelo qual o calor é transportado das regiões de baixa temperatura para regiões de alta temperatura em uma substância.
- (b) Os metais são bons condutores de calor, pois há um número relativamente grande de elétrons que participam da condução térmica.
- (c) A porosidade em materiais cerâmicos tende a aumentar a condutividade térmica.
- (d) Em polímeros a magnitude da condutividade térmica não depende do grau de cristalinidade.
- (e) A formação de ligas metálicas pela adição de impurezas resulta em um aumento na condutividade térmica.

**09.** Um gás ideal tem um calor específico molar a pressão *constante*  $C_p$ . Se a temperatura de  $n$  mols do gás aumenta  $\Delta T$ , a energia interna aumenta de:

(a)  $nC_p\Delta T$

(b)  $n(C_p + R)\Delta T$

(c)  $n(C_p - R)\Delta T$

(d)  $n(2C_p + R)\Delta T$

(e)  $n(2C_p - R)\Delta T$

**10.** Quando um átomo de hélio é transformado em um átomo de lítio acrescentando um próton (e um nêutron) ao núcleo, e um elétron à nuvem de elétrons, o novo elétron ocupa um estado com  $n = 2, l = 0$ , em vez de ocupar um estado com  $n = 1, l = 0$ . Isso ocorre em razão de:

- (a) os elétrons obedecerem ao princípio de exclusão de Pauli.
- (b) os elétrons obedecerem à regra de Hund.
- (c) os elétrons possuírem uma carga elétrica.
- (d) os elétrons serem difratados.
- (e) os elétrons serem substituídos por prótons.

11. Considere as seguintes afirmativas:

I. Se dois corpos A e B estão separadamente em equilíbrio térmico com um terceiro corpo C, então A e B estão em equilíbrio térmico entre si.

II. A entropia de um sistema termicamente isolado nunca pode decrescer.

III. É impossível um sistema operar de modo que o único efeito resultante seja a transferência de energia na forma de calor, de um corpo frio para um corpo quente.

IV. Nenhum processo é possível onde o único resultado é a absorção de calor de um reservatório e sua conversão completa em trabalho.

V. A energia total transferida para um sistema é igual à variação de sua energia interna.

Qual(is) destas afirmativas está(ão) relacionada(s) à Segunda Lei da Termodinâmica?

(a) Apenas as afirmativas I, II e III.

(b) Apenas a afirmativa II.

(c) Apenas as afirmativas II e V.

(d) Apenas as afirmativas II, III e IV.

(e) Todas as afirmativas.

12. O sulfato de cromo (III) pode ser produzido a partir do dicromato de potássio através da seguinte reação (não balanceada):



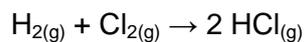
Partindo de 29,4 g de dicromato de potássio, 75,9 g de sulfato de ferro (II) e 120,0 g de ácido sulfúrico, assinale a alternativa que melhor responde as perguntas, respectivamente:

- Qual é a soma dos menores coeficientes estequiométricos inteiros da reação balanceada?
- Qual é reagente limitante?
- Qual é a massa de sulfato de cromo (III) obtida nesta reação (considerando 100% de rendimento)?

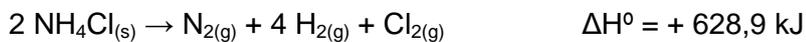
Dados: Cr = 52,0 g mol<sup>-1</sup>; K = 39,0 g mol<sup>-1</sup>; Fe = 55,8 g mol<sup>-1</sup>;  
O = 16,0 g mol<sup>-1</sup>; H = 1,0 g mol<sup>-1</sup>; S = 32,0 g mol<sup>-1</sup>.

- (a) 15 – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 19,96 g
- (b) 26 – K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> – 39,2 g
- (c) 15 – K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> – 29,4 g
- (d) 7 – K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> – 29,4 g
- (e) 26 – FeSO<sub>4</sub> – 39,2 g

13. As entalpias padrões de reações individuais podem ser combinadas para obter a entalpia de outra reação. A partir das reações relacionadas, determine o valor de entalpia da síntese do gás cloreto de hidrogênio, conforme reação abaixo:



Reações:



Assinale a alternativa CORRETA:

- (a) + 184,7 kJ
- (b) - 176,0 kJ
- (c) + 360,7 kJ
- (d) - 184,7 kJ
- (e) + 628,9 kJ

**14.** Avalie as seguintes sentenças, correlacionando os tipos de ligação presentes nos materiais e suas propriedades. Assinale a alternativa INCORRETA:

(a) Sais e óxidos metálicos são tipicamente compostos iônicos. Os íons de um sólido iônico são ordenados na rede, formando uma forte atração elétrica entre eles. Os sólidos cristalinos (como, por exemplo, o cloreto de sódio) não conduzem eletricidade, enquanto os compostos iônicos fundidos ou dissolvidos em água serão condutores de eletricidade.

(b) Muitos materiais cerâmicos são formados por metais e não metais, e são na verdade uma mistura de ligações iônicas e covalentes. Devido à força dessas ligações, apresentam elevada temperatura de fusão, baixo coeficiente de expansão térmica e baixo módulo de elasticidade, quando comparado aos polímeros.

(c) Os materiais metálicos apresentam, em geral, moderada temperatura de fusão, moderado módulo e coeficiente de expansão térmica, se comparados aos materiais cerâmicos.

(d) A ligação covalente é comum em compostos orgânicos, por exemplo, em materiais poliméricos. Esta classe de materiais, em sua maioria, é má condutora de eletricidade devido à ausência de elétrons (ou íons) livres. Além disso, estes materiais apresentam baixa temperatura de fusão, baixo módulo de elasticidade e elevado coeficiente de expansão térmica, quando comparado aos materiais cerâmicos.

(e) Os materiais metálicos são bons condutores de eletricidade, uma vez que possuem elétrons livres que são portadores de carga. Além disso, são bons condutores de calor. Na ligação metálica, os elétrons de valência não estão ligados a nenhum átomo em particular e assim eles estão livres para conduzir.

15. Avalie as seguintes sentenças em relação à resposta ótica de materiais quando expostos à radiação eletromagnética, particularmente à luz visível.

I. Materiais metálicos, em que uma banda de alta energia está apenas parcialmente preenchida com elétrons, são opacos e sua cor depende da distribuição dos comprimentos de onda refletidos.

II. Os materiais não metálicos, que não apresentam elétrons livres, podem ser transparentes à luz visível.

III. Em materiais não metálicos, a luz visível pode ser absorvida por materiais com banda proibida menor que 1,8 eV (semicondutores). Logo, estes materiais são opacos.

IV. Materiais com banda proibida entre 1,8 e 3,1 eV absorvem apenas alguns comprimentos de onda da luz visível. Como resultado, estes materiais são coloridos.

V. A luz visível não pode ser absorvida em materiais com banda proibida maior que 3,1 eV. Desta forma, polímeros amorfos ou com grau de cristalinidade muito baixo são transparentes. Na presença de regiões cristalinas nestes materiais, ocorre espalhamento da luz visível, levando a translucidez e, em alguns casos, a opacidade.

Dados:

$$E = h \nu = \frac{h c}{\lambda}$$

$E$  = energia do fóton (eV)

$h$  = constante de Planck ( $4,13 \times 10^{-15}$  eV.s)

$\nu$  = frequência da luz incidente

$c$  = velocidade da luz no vácuo ( $3 \times 10^8$  m.s<sup>-1</sup>)

$\lambda$  = comprimento de onda da luz visível (considere entre 400 e 700 nm)

Assinale a alternativa CORRETA:

- (a) Apenas a sentença I é falsa.
- (b) Apenas a sentença II é verdadeira.
- (c) Apenas as sentenças I e II são falsas.
- (d) Apenas as sentenças I e II são verdadeiras.
- (e) Todas as sentenças são verdadeiras.

16. Todos os materiais respondem a aplicação de um campo magnético, apresentando diversos tipos de comportamento, conforme apresentado na figura.

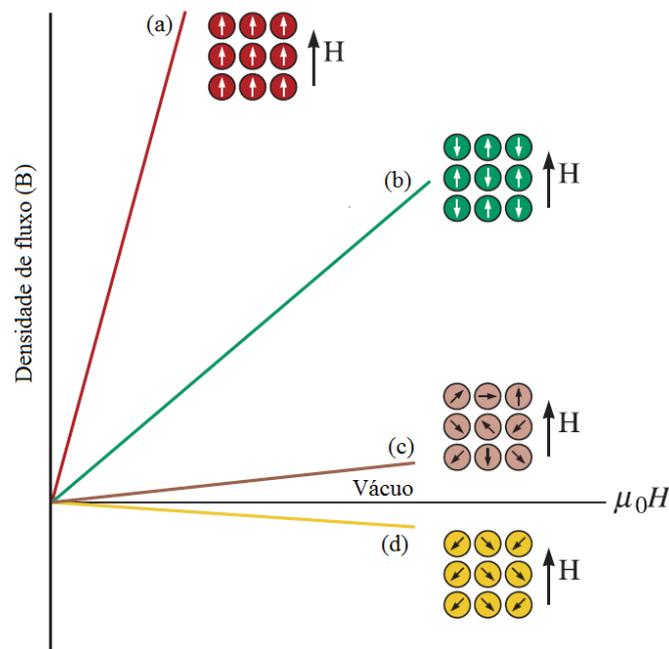


Figura 3. Variação da densidade de fluxo magnético sob diferentes condições de campo magnético externo aplicado. Fonte: Adaptado de ASKELAND, D. R.; FULAY, P. P.; WRIGHT, W. J. *The Science and engineering of materials*. 6. Ed. Stamford: Cengage Learning, 2010.

Assinale a alternativa CORRETA:

(a) Os materiais paramagnéticos são materiais que, na ausência de campo magnético externo, não apresentam momento de dipolo magnético. Na presença de um campo externo, um dipolo magnético é induzido, e persiste apenas enquanto um campo externo está sendo aplicado. Assim, a permeabilidade relativa  $\mu_r$  é menor que 1, e a susceptibilidade magnética é negativa ( $\chi_m \sim -10^{-5}$ ). A magnitude do campo (B) em sólidos paramagnéticos é menor que no vácuo (curva d).

(b) Nos materiais ferrimagnéticos, cada átomo possui um momento de dipolo magnético permanente. Na ausência de um campo magnético externo, a orientação destes momentos magnéticos atômicos é aleatória e, portanto, o material possui magnetização resultante nula. O ferrimagnetismo resulta quando os dipolos magnéticos atômicos se alinham ao campo externo, intensificando este campo e dando origem a uma permeabilidade relativa  $\mu_r$  maior que 1 (curva c).

(c) Os materiais ferromagnéticos possuem um momento dipolo magnético permanente na ausência de um campo externo. Os momentos magnéticos atômicos encontram-se alinhados em função da estrutura eletrônica destes materiais e como resultado de uma forte interação positiva que atua entre os átomos adjacentes. Desta forma, são possíveis susceptibilidades magnéticas tão elevadas quanto  $10^6$  e permeabilidade relativa  $\mu_r \gg 1$  (curva a).

(d) Os materiais ferromagnéticos possuem um momento dipolo magnético permanente na ausência de um campo externo. Os momentos magnéticos atômicos encontram-se alinhados em função da estrutura eletrônica destes materiais e como resultado de uma forte interação positiva que atua entre os átomos adjacentes. Desta forma, são possíveis susceptibilidades magnéticas tão elevadas quanto  $10^6$  e permeabilidade relativa  $\mu_r \gg 1$  (curva b).

(e) Os materiais diamagnéticos exibem magnetização permanente. Suas características magnéticas macroscópicas são similares às dos materiais ferromagnéticos, no entanto, a magnetização não é tão elevada (curva b). A distinção entre estes materiais encontra-se na origem destes momentos magnéticos.



# RASCUNHO

-----

Gabarito (RASCUNHO)

Respostas das questões selecionadas:

Questão	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
Resposta																

Questões não selecionadas:

--	--	--	--	--	--