

PROVA MODALIDADE B

A Química é uma ciência viva, em constante diálogo com a tecnologia, a saúde, o meio ambiente e a indústria. Desde a estrutura invisível dos átomos até o desenvolvimento de materiais biocompatíveis para implantes médicos, os conceitos químicos permitem compreender — e transformar — o mundo ao nosso redor. Esta prova convida você a pensar como um cientista: analisar dados, interpretar fenômenos, relacionar teorias históricas com aplicações modernas e tomar decisões com base em evidências.

PARTE OBJETIVA (20 pontos = 2 pontos cada acerto)

1) Em um laboratório escolar, três frascos rotulados apenas com símbolos atômicos contêm amostras puras de cálcio (Ca), cloro (Cl) e argônio (Ar). Durante a aula prática, os alunos observam que o cálcio reage vigorosamente com água, liberando gás; o cloro é um gás denso, de cor esverdeada e odor irritante; já o argônio permanece inerte, mesmo em contato com substâncias altamente reativas. Essas diferenças de comportamento estão diretamente relacionadas à posição dos elementos na Tabela Periódica e às suas propriedades periódicas.

Considerando essas observações e os conceitos da química moderna, qual afirmação é CORRETA?

(A) O cálcio está no grupo 2, apresentando alta eletronegatividade e tendência a ganhar elétrons; o cloro está no grupo 17, com baixa energia de ionização; o argônio está no grupo 18, sendo um gás nobre com camada de valência completa.

(B) O cálcio está no grupo 2, sendo um metal alcalino-terroso com tendência a perder dois elétrons; o cloro está no grupo 17, sendo um halogênio com alta afinidade eletrônica; o argônio está no grupo 18, sendo um gás nobre com estabilidade eletrônica.

(C) O cálcio está no grupo 1, sendo um metal alcalino com baixa densidade; o cloro está no grupo 16, sendo um calcogênio altamente reativo; o argônio está no grupo 17, sendo um halogênio com baixa reatividade.

(D) O cálcio está no grupo 13, sendo um metal de transição; o cloro está no grupo 15, sendo um pnictogênio; o argônio está no grupo 14, sendo um semimetal com condutividade elétrica moderada.

☒ Gabarito: (B)

O cálcio (Ca) está no grupo 2 da Tabela Periódica, é um metal alcalino-terroso e tende a perder 2 elétrons

para formar cátions (Ca^{2+}). O cloro (Cl) está no grupo 17, é um halogênio, e tem alta afinidade eletrônica, ou seja, ganha facilmente 1 elétron. O argônio (Ar) está no grupo 18, é um gás nobre, possui camada de valência completa e é quimicamente inerte. A alternativa (B) descreve corretamente essas propriedades com base na posição dos elementos na Tabela Periódica.

2) Na medicina nuclear, isótopos radioativos são usados tanto para diagnóstico quanto para tratamento de doenças. Por exemplo, o iodo-131 ($_{53}\text{I}^{131}$) é empregado no tratamento do hipertireoidismo, o tecnécio-99m ($_{43}\text{Tc}^{99}$) é o radiofármaco mais comum em exames de imagem, e o cobalto-60 ($_{27}\text{Co}^{60}$) é utilizado em radioterapia contra o câncer. Recentemente, o antimônio-129 ($_{51}\text{Sb}^{129}$), um radioisótopo empregado em pesquisas de imagem molecular com biomarcadores, tem sido estudado por sua capacidade de se ligar seletivamente a células tumorais.

Análise as afirmações abaixo e assinale a única CORRETA:

(A) Iodo-131 e tecnécio-99 são isóbaros, pois ambos possuem massa atômica igual a 78.

(B) Cobalto-60 e antimônio-129 são isótonos, pois ambos possuem 33 nêutrons.

(C) Tecnécio-99 e cobalto-60 são isótopos, pois ambos possuem 56 prótons.

(D) Iodo-131 e antimônio-129 são isótonos, pois ambos possuem 78 nêutrons.

☒ Gabarito: (D)

Isótonos são átomos que possuem o mesmo número de nêutrons.

Iodo-131: $Z = 53 \rightarrow N = 131 - 53 = 78$ nêutrons

Antimônio-129: $Z = 51 \rightarrow N = 129 - 51 = 78$ nêutrons.

Como ambos têm 78 nêutrons, são isótonos. As demais alternativas confundem os conceitos de isótopos (mesmo Z) e isóbaros (mesmo A).

3) Um químico está analisando três substâncias comuns: cloreto de sódio (NaCl), dióxido de carbono (CO_2) e amônia (NH_3). Cada uma delas exibe propriedades físicas distintas — como solubilidade em água, ponto de ebulição e condutividade elétrica — que refletem o tipo de ligação química predominante em sua estrutura.

Com base nas características dessas substâncias, qual associação entre composto e tipo de ligação está CORRETA?

- (A) $\text{NaCl} \rightarrow$ covalente polar; $\text{CO}_2 \rightarrow$ covalente apolar; $\text{NH}_3 \rightarrow$ iônica.
- (B) $\text{NaCl} \rightarrow$ iônica; $\text{CO}_2 \rightarrow$ covalente apolar; $\text{NH}_3 \rightarrow$ covalente polar.
- (C) $\text{NaCl} \rightarrow$ covalente apolar; $\text{CO}_2 \rightarrow$ iônica; $\text{NH}_3 \rightarrow$ covalente polar.
- (D) $\text{NaCl} \rightarrow$ covalente polar; $\text{CO}_2 \rightarrow$ iônica; $\text{NH}_3 \rightarrow$ covalente apolar.

ANULADA (PONTO PARA TODOS)

4) Durante uma aula de história da ciência, o professor apresenta uma ilustração histórica do átomo descrito como uma “esfera positiva com elétrons incrustados”, comparada a um pudim de passas. Esse modelo foi proposto no final do século XIX e representou um avanço importante ao introduzir a ideia de partículas subatômicas. No entanto, foi refutado poucos anos depois por um experimento que demonstrou a existência de um núcleo denso e positivo no centro do átomo.

Qual é o nome desse modelo atômico e o experimento que o refutou?

(A) Modelo de Dalton; refutado pelo experimento de Rutherford com a lâmina de ouro.

(B) Modelo de Thomson; refutado pelo experimento de Rutherford com a lâmina de ouro.

(C) Modelo de Bohr; refutado pelo experimento de Millikan com a gota de óleo.

(D) Modelo de Rutherford; refutado pelo experimento de Thomson com os raios catódicos.

☒ Gabarito: (B)

O modelo descrito como “pudim de passas” é o modelo atômico de Thomson, que via o átomo como uma esfera positiva com elétrons incrustados. Esse modelo foi refutado pelo experimento de Rutherford com a lâmina de ouro, que mostrou que o átomo tem um núcleo pequeno, denso e positivo, com elétrons orbitando ao redor.

5) O ferro (Fe) é um metal de transição essencial para a vida — está presente na hemoglobina, proteína que transporta oxigênio no sangue — e é amplamente utilizado na construção civil e na indústria mecânica. Suas propriedades químicas estão diretamente relacionadas à sua estrutura eletrônica.

Qual das alternativas abaixo indica corretamente o número de elétrons na camada de valência desse elemento?

- (A) 2 elétrons
- (B) 6 elétrons
- (C) 8 elétrons
- (D) 14 elétrons

☒ Gabarito: (A)

O ferro (Fe , $Z = 26$) tem configuração eletrônica: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$.

A camada de valência é a mais externa, ou seja, $n = 4$, que contém 2 elétrons ($4s^2$). Embora os elétrons $3d$ participem de reações, a camada de valência, por definição, é a de maior número quântico principal.

6) Muitos resíduos industriais e domésticos contêm substâncias químicas que, ao serem descartados de forma inadequada, acabam chegando aos rios e, eventualmente, aos oceanos. Entre essas substâncias estão os compostos orgânicos halogenados, como o diclorometano (CH_2Cl_2), usados como solventes em indústrias farmacêuticas, de plásticos e de limpeza. Esses compostos são pouco biodegradáveis, tóxicos

e podem se acumular nos tecidos de organismos marinhos, como peixes e crustáceos. Esse acúmulo aumenta à medida que se avança na cadeia alimentar — um fenômeno conhecido como bioacumulação.

Considerando esse cenário, qual das alternativas abaixo melhor explica por que a presença de solventes como o diclorometano nos oceanos é preocupante do ponto de vista da química ambiental?

(A) Porque esses compostos aumentam o pH da água do mar, tornando-a alcalina e inviabilizando a vida marinha.

(B) Porque são altamente solúveis em água, o que os dispersa rapidamente e reduz seu impacto ambiental.

(C) **Porque podem se acumular nos organismos, causando danos à saúde de animais e humanos.**

(D) Porque reagem com o sal da água do mar formando gases nobres, que alteram a composição atmosférica.

☒ Gabarito: (C)

O diclorometano (CH_2Cl_2) é pouco biodegradável e lipossolúvel, ou seja, dissolve-se em gorduras. Por isso, acumula-se nos tecidos dos organismos e aumenta de concentração ao longo da cadeia alimentar (bioacumulação), podendo causar danos à saúde de animais e humanos. Essa é a principal preocupação ambiental com esse tipo de composto.

7) Um estudante recebe um sólido branco cristalino desconhecido. Ao testá-lo, verifica que:

- é solúvel em água;
- sua solução aquosa conduz corrente elétrica;
- o sólido puro não conduz eletricidade;
- apresenta alto ponto de fusão (acima de 800°C).

Essas propriedades são típicas de um tipo específico de composto químico, cuja estrutura é determinada por forças eletrostáticas entre íons de cargas opostas.

Com base nessas observações, qual tipo de ligação química é mais provável nesse composto?

(A) Ligação metálica.

(B) Ligação covalente apolar.

(C) **Ligação iônica.**

(D) Ligação covalente polar.

☒ Gabarito: (C)

As propriedades descritas — solúvel em água, conduz eletricidade em solução, não conduz no estado sólido e alto ponto de fusão — são típicas de compostos iônicos, cuja estrutura é formada por íons positivos e negativos mantidos por forças eletrostáticas fortes no retículo cristalino.

8) Pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) estão desenvolvendo baterias de íons de sódio como alternativa mais acessível e sustentável às tradicionais baterias de íons de lítio. O sódio (Na) é um elemento químico abundante no Brasil — está presente no sal marinho e em rochas — e tem propriedades químicas semelhantes às do lítio, mas com custo muito menor. Para que uma bateria funcione bem, o elemento escolhido deve perder elétrons com facilidade, formando cátions estáveis que se movimentem rapidamente no eletrólito durante a carga e descarga.

Com base na posição do sódio na Tabela Periódica e nas tendências periódicas, qual das características abaixo explica por que o sódio é adequado para esse uso?

(A) Tem alta energia de ionização, o que facilita a formação de ânions negativos.

(B) Está no grupo 17, sendo um halogênio que ganha elétrons facilmente.

(C) **Possui baixa energia de ionização, pois tem apenas 1 elétron na camada de valência e está no grupo 1.**

(D) É um gás nobre, com camada de valência completa, o que garante estabilidade química.

☒ Gabarito: (C)

O sódio (Na) está no grupo 1 da Tabela Periódica e tem apenas 1 elétron na camada de valência. Por isso, possui baixa energia de ionização, ou seja, perde esse elétron com facilidade, formando o cátion Na^+ . Essa característica é essencial para o funcionamento de baterias, onde o metal deve liberar íons rapidamente durante a descarga.

9) O íon sulfato (SO_4^{2-}) é comum em sais como o sulfato de sódio e o sulfato de cobre. Para entender sua reatividade e geometria, químicos utilizam a estrutura de Lewis, que mostra a distribuição dos

elétrons de valência, incluindo pares ligantes (envolvidos em ligações) e pares não ligantes (elétrons solitários).

Sabendo que o enxofre (S) é o átomo central e que a estrutura mais estável do SO_4^{2-} pode ser representada com duas ligações duplas ($\text{S}=\text{O}$) e duas ligações simples ($\text{S}-\text{O}^-$), com ressonância, quantos pares de elétrons são ligantes e quantos são não ligantes?

- (A) 12 pares ligantes e 4 pares não ligantes.
- (B) 8 pares ligantes e 8 pares não ligantes.
- (C) 10 pares ligantes e 6 pares não ligantes.
- (D) 6 pares ligantes e 10 pares não ligantes.

☒ Gabarito: (D)

Na estrutura de Lewis do íon sulfato (SO_4^{2-}), o enxofre forma 4 ligações com oxigênios:

- 2 ligações duplas ($\text{S}=\text{O}$) → cada uma conta como 1 par ligante (total: 2 pares)
- 2 ligações simples ($\text{S}-\text{O}^-$) → cada uma conta como 1 par ligante (total: 2 pares)
Mas cada ligação dupla contém 2 pares de elétrons, então:
- 2 ligações duplas = 4 pares ligantes
- 2 ligações simples = 2 pares ligantes
→ Total: 6 pares ligantes

Os pares não ligantes estão nos átomos de oxigênio:

- Cada O em ligação dupla tem 2 pares não ligantes
→ $2 \times 2 = 4$ pares
- Cada O em ligação simples tem 3 pares não ligantes
→ $2 \times 3 = 6$ pares
→ Total: 10 pares não ligantes

Portanto, 6 pares ligantes e 10 pares não ligantes.

10) Implantes ortopédicos, como próteses de quadril ou placas para fraturas, exigem materiais que sejam biocompatíveis (não causem rejeição pelo organismo), resistentes à corrosão corporal e suficientemente dúcteis para serem moldados. Diversas ligas metálicas foram testadas ao longo das décadas, mas apenas algumas atendem a todos esses critérios rigorosos.

Entre as opções abaixo, qual liga metálica é mais indicada para implantes médicos?

- (A) Liga de ferro e carbono (aço comum).
- (B) Liga de cobre e zinco (latão).
- (C) Liga de titânio e alumínio (Ti-6Al-4V).
- (D) Liga de chumbo e estanho (solda).

☒ Gabarito: (C)

A liga Ti-6Al-4V (titânio com 6% de alumínio e 4% de vanádio) é biocompatível, resistente à corrosão e não tóxica, sendo amplamente usada em próteses ortopédicas e implantes dentários. As demais opções são inadequadas:

- Aço comum enferruja;
- Latão pode liberar íons de cobre e zinco tóxicos;
- Solda contém chumbo, altamente tóxico.

PARTE DISCURSIVA (180 pontos = 45 pontos cada questão analítico-expositiva)

11) Quando átomos de um elemento são excitados por calor ou eletricidade — como no caso das lâmpadas de vapor de sódio (amarelas) ou dos fogos de artifício coloridos —, eles emitem luz em comprimentos de onda específicos, formando um “código de barras” luminoso único para cada elemento. Esse fenômeno é explicado pelo modelo atômico de Bohr. Explique, com base nesse modelo, por que os átomos emitem luz de cores específicas quando excitados.

☒ Resposta esperada do aluno:

Quando um átomo absorve energia (por calor ou eletricidade), seus elétrons saltam para níveis de energia mais altos (níveis excitados). Ao voltar para níveis mais baixos (níveis fundamentais), os elétrons liberam essa energia na forma de luz (fótons). Como os níveis de energia são fixos (quantizados), a energia liberada tem valores específicos, correspondendo a comprimentos de onda (cores) únicos para cada elemento. Por isso, cada elemento emite uma cor característica.

12) O bromo (Br, Z = 35) é um halogênio líquido à temperatura ambiente, amplamente usado em compostos retardadores de chama e em fotografia. Sua reatividade está diretamente ligada à sua configuração eletrônica e à tendência de adquirir um elétron para atingir estabilidade. Escreva a configuração eletrônica completa do átomo neutro de bromo, identificando a camada de valência, e qual a fórmula do composto iônico formado entre bromo e potássio (K, Z=19)?

☑ Resposta esperada do aluno:

A configuração eletrônica do bromo (Z = 35) é:

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$

A camada de valência é a quarta camada (n = 4), que contém 7 elétrons ($4s^2 + 4p^5$). Sendo assim, o bromo tende a ganhar 1 elétron para completar seu octeto, formando o ânion Br^- .

O potássio (K), por estar no grupo 1, perde 1 elétron, formando o íon K^+ , e sua camada de valência passa a ter o octeto completo

Assim, o composto iônico formado é KBr.

13) Quando átomos se unem, podem formar dois tipos principais de substâncias: as que resultam de ligações iônicas e as que resultam de ligações covalentes. Essas ligações determinam como os átomos estão organizados e, conseqüentemente, influenciam as propriedades físicas das substâncias, como o ponto de fusão, a capacidade de conduzir calor e a forma como se organizam no estado sólido.

Com base no texto acima, compare os compostos formados por ligação iônica e os compostos formados por ligação covalente quanto às seguintes características: ponto de fusão e ponto de ebulição – qual tipo de composto geralmente apresenta valores mais altos? Por quê? E nos compostos iônicos, como se dá o arranjo no estado sólido?

☑ Resposta esperada do aluno:

Compostos iônicos geralmente têm pontos de fusão e ebulição mais altos que os compostos covalentes moleculares, porque as forças entre íons (ligações iônicas) são muito fortes e exigem muita energia para serem rompidas. Já os compostos covalentes moleculares (como água ou gás carbônico) têm forças intermoleculares fracas, por isso derretem e ferve em temperaturas mais baixas.

No estado sólido, os compostos iônicos formam um retículo cristalino, ou seja, os íons se organizam em uma estrutura ordenada e repetitiva.

14) A chuva ácida é um problema ambiental causado pela liberação de certos gases poluentes na atmosfera, principalmente durante a queima de combustíveis fósseis em carros, fábricas e usinas termelétricas. Entre esses gases estão o dióxido de enxofre (SO_2) e os óxidos de nitrogênio (NO_x), como o dióxido de nitrogênio (NO_2).

Quando esses gases entram em contato com o vapor d'água presente na atmosfera, reagem e formam ácidos. O dióxido de enxofre forma um ácido de enxofre, e os óxidos de nitrogênio formam um ácido de nitrogênio. Esses ácidos se misturam às gotas de chuva e caem no solo com pH mais baixo (mais ácido) do que o normal, podendo danificar plantas, lagos, edifícios e até a saúde humana.

Com base no texto acima, escreva as fórmulas químicas dos dois oxiácidos responsáveis pela formação da chuva ácida, o oxiácido de enxofre e de nitrogênio formado a partir do NO_2 .

☑ Resposta esperada do aluno:

O dióxido de enxofre (SO_2) reage com água e forma o ácido sulfuroso: H_2SO_3

O dióxido de nitrogênio (NO_2) reage com água e forma o ácido nítrico: HNO_3

Obs. Aceita-se também H₂SO₄ se o aluno mencionar oxidação adicional do SO₂ para SO₃, mas H₂SO₃ é a resposta mais direta a partir do SO₂. O H₂SO₄ não é prioridade!!!

Tabela periódica

3

Li

lítio

6,94

— número atômico

— símbolo químico

— nome

— peso atômico (massa atômica relativa)

1	2																	13	14	15	16	17	18
1 H hidrogênio 1,008																		5 B boro 10,81	6 C carbono 12,011	7 N nitrogênio 14,007	8 O oxigênio 15,999	9 F flúor 18,998	10 Ne neônio 20,180
3 Li lítio 6,94	4 Be berílio 9,0122																	13 Al alumínio 26,982	14 Si silício 28,085	15 P fósforo 30,974	16 S enxofre 32,06	17 Cl cloro 35,45	18 Ar argônio 39,95
11 Na sódio 22,990	12 Mg magnésio 24,305	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al alumínio 26,982	14 Si silício 28,085	15 P fósforo 30,974	16 S enxofre 32,06	17 Cl cloro 35,45	18 Ar argônio 39,95						
19 K potássio 39,098	20 Ca cálcio 40,078(4)	21 Sc escândio 44,956	22 Ti titânio 47,867	23 V vanádio 50,942	24 Cr cromio 51,996	25 Mn manganês 54,938	26 Fe ferro 55,845(2)	27 Co cobalto 58,933	28 Ni níquel 58,693	29 Cu cobre 63,546(3)	30 Zn zinco 65,38(2)	31 Ga gálio 69,723	32 Ge germânio 72,630(8)	33 As arsênio 74,922	34 Se selênio 78,971(8)	35 Br bromo 79,904	36 Kr criptônio 83,798(2)						
37 Rb rubídio 85,468	38 Sr estrôncio 87,62	39 Y ítrio 88,906	40 Zr zircônio 91,222(3)	41 Nb nióbio 92,906	42 Mo molibdênio 95,95	43 Tc tecnécio [97]	44 Ru rutênio 101,07(2)	45 Rh ródio 102,91	46 Pd paládio 106,42	47 Ag prata 107,87	48 Cd cádmio 112,41	49 In índio 114,82	50 Sn estanho 118,71	51 Sb antimônio 121,76	52 Te telúrio 127,60(3)	53 I iodo 126,90	54 Xe xenônio 131,29						
55 Cs césio 132,91	56 Ba bário 137,33	57 a 71 89 a 103		72 Hf hafnio 178,486(6)	73 Ta tântalo 180,95	74 W tungstênio 183,84	75 Re rênio 186,21	76 Os ôsmio 190,23(3)	77 Ir irídio 192,22	78 Pt platina 195,08	79 Au ouro 196,97	80 Hg mercúrio 200,59	81 Tl talio 204,38	82 Pb chumbo 207,2	83 Bi bismuto 208,98	84 Po polônio [209]	85 At astato [210]	86 Rn radônio [222]					
87 Fr frâncio [223]	88 Ra rádio [226]			104 Rf rutherfordio [267]	105 Db dúbnio [268]	106 Sg seabórgio [269]	107 Bh bóhrrio [270]	108 Hs hássio [269]	109 Mt meitnério [277]	110 Ds darmstádio [281]	111 Rg roentgênio [282]	112 Cn copernício [285]	113 Nh nihônio [286]	114 Fl fleróvio [290]	115 Mc moscóvio [290]	116 Lv livermório [293]	117 Ts tennesso [294]	118 Og oganessônio [294]					
www.tabelaperiodica.org																							
		57 La lantânio 138,91	58 Ce cério 140,12	59 Pr praseodímio 140,91	60 Nd neodímio 144,24	61 Pm promécio [145]	62 Sm samário 150,36(2)	63 Eu europio 151,96	64 Gd gadolínio 157,249(2)	65 Tb térbio 158,93	66 Dy disprósio 162,50	67 Ho hólmio 164,93	68 Er érbio 167,26	69 Tm tulio 168,93	70 Yb itérbio 173,05	71 Lu lutécio 174,97(1)							
		89 Ac actínio [227]	90 Th tório 232,04	91 Pa protactínio 231,04	92 U urânio 238,03	93 Np neptúnio [237]	94 Pu plutônio [244]	95 Am américio [243]	96 Cm cúrio [247]	97 Bk berquílio [247]	98 Cf califórnio [251]	99 Es einstênio [252]	100 Fm fêrmio [257]	101 Md mendelévio [258]	102 No nobélio [259]	103 Lr laurêncio [262]							



Este QR Code dá acesso gratuito a centenas de vídeos e imagens sobre os elementos químicos.

"Você não pode esperar construir um mundo melhor sem melhorar os indivíduos. Para esse fim, cada um de nós deve trabalhar para o seu próprio aperfeiçoamento e, ao mesmo tempo, compartilhar uma responsabilidade geral por toda a humanidade."

Marie Curie