

Olimpíada de Química do Distrito Federal

Modalidade A

**TABELA DE CONSTANTES**

1. Constantes matemáticas

$$e = 2,72$$

$$\pi = 3,14$$

$$\log 2 = 0,30$$

$$\log 3 = 0,48$$

$$\log 5 = 0,70$$

$$\log 7 = 0,84$$

2. Constantes fundamentais da Física

<b>NOME DA CONSTANTE</b>	<b>VALOR</b>
Carga elétrica elementar (e)	$1,62 \times 10^{-19} \text{ C}$
Constante de Boltzmann ( $k_B$ )	$1,38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$
Constante de Faraday (F)	$9,65 \times 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$
Constante de Planck (h)	$6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
Constante de Stefan ( $\sigma$ )	$5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$
Constante dos gases (R)	$8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1} = 0,082 \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Elétron-volt (eV)	$1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
Massa do elétron ( $m_e$ )	$9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Massa do nêutron ( $m_n$ )	$1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Massa do próton ( $m_p$ )	$1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Momento magnético de Bohr ( $\mu_B$ )	$9,27 \times 10^{-24} \text{ J.T}^{-1}$
Número de Avogadro ( $N_A$ )	$6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Permeabilidade elétrica no vácuo ( $\epsilon_0$ )	$8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2.\text{N}^{-1}.\text{m}^{-2}$
Permeabilidade magnética no vácuo ( $\mu_0$ )	$4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m.A}^{-1}$
Raio de Bohr (a)	$0,53 \times 10^{-10} \text{ m}$
Unidade de massa atômica (u)	$1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Velocidade da luz no vácuo (c)	$3,00 \times 10^5 \text{ km/s}$
Volume molar nas CNTP	$22,71 \text{ L.mol}^{-1}$

Olimpíada de Química do Distrito Federal

Modalidade A

PARTE OBJETIVA

1) Qual das alternativas a seguir apresenta um óxido anfótero de um elemento do grupo IIA?

- a) BeO
- b) PbO
- c) CaO
- d) ZnO
- e) BaO

2) O nuclídeo  $\text{Th}^{232}$  é radioativo e decai por meio de sucessivas emissões alfa e beta, transformando-se no átomo estável de chumbo-208. Quantas partículas beta são emitidas nessa série radioativa?

- a) 3
- b) 4
- c) 5
- d) 6
- e) 7

3) Os estados de oxidação do átomo de vanádio nas espécies  $[\text{H}_4\text{V}_{10}\text{O}_{28}]^{2-}$ ,  $[\text{V}(\text{CN})_7]^{4-}$ ,  $[\text{V}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  e  $[(\text{VO})_2(\text{OH})_5]^-$  são respectivamente:

- a) +2, +3, +4 e +5
- b) +4, +2, +3 e +4
- c) +5, +3, +2 e +5
- d) +4, +2, +3 e +5
- e) +5, +3, +2 e +4

4) Qual dos compostos a seguir não é passível de ser sintetizado?

- a)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{CO}_3]\text{NO}_3$
- b)  $\text{Mn}_2\text{O}_3$
- c)  $\text{VO}_3$
- d)  $\text{NH}_4\text{SCN}$
- e)  $\text{Na}[\text{AuCl}_4]$

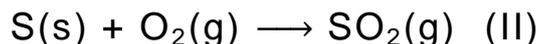
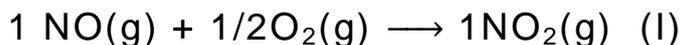
5) Assinale a alternativa que contém o ácido inorgânico mais fraco.

- a) HBr
- b)  $\text{H}_3\text{PO}_2$
- c) HCOOH
- d) HCN
- e)  $\text{H}_2\text{SeO}_4$

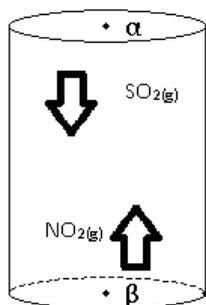
## Olimpíada de Química do Distrito Federal

### Modalidade A

- 6) Os óxidos estão presentes de forma rotineira na produção de materiais em diversos setores de nossa sociedade. Por exemplo, o óxido de cálcio é usado para controlar a acidez dos solos; na produção de argamassa; o dióxido de carbono está presente nos refrigerantes; o óxido nitroso é utilizado como anestésico. Considere as seguintes reações de formação de óxidos:

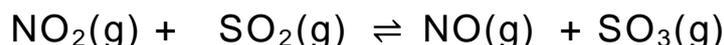


Considere, agora, um cilindro circular reto. Em suas extremidades, denominadas  $\alpha$  e  $\beta$ , serão conectados dois tubos. O primeiro fornecerá  $\text{SO}_2\text{(g)}$  e o segundo tubo,  $\text{NO}_2\text{(g)}$ , conforme esquema abaixo:



Extremidade  $\alpha$ :  $\text{SO}_2\text{(g)}$     Extremidade  $\beta$ :  $\text{NO}_2\text{(g)}$

Abrindo-se simultaneamente o escape dos gases ocorrerá, dentro do cilindro, formação de monóxido de nitrogênio, segundo a equação:



Sabendo-se que a altura do cilindro é de 42 cm e que as massas molares de  $\text{NO}_2$  e  $\text{SO}_2$  são, respectivamente,  $46 \text{ g.mol}^{-1}$  e  $64 \text{ g.mol}^{-1}$ , a distância em que será formado o monóxido de nitrogênio, em relação à extremidade  $\beta$ , é de aproximadamente:

a) 22,0 cm

c) 22,5 cm

e) 23,0 cm

b) 22,3 cm

d) 22,7 cm

**Espaço reservado para cálculos**

## Olimpíada de Química do Distrito Federal

### Modalidade A

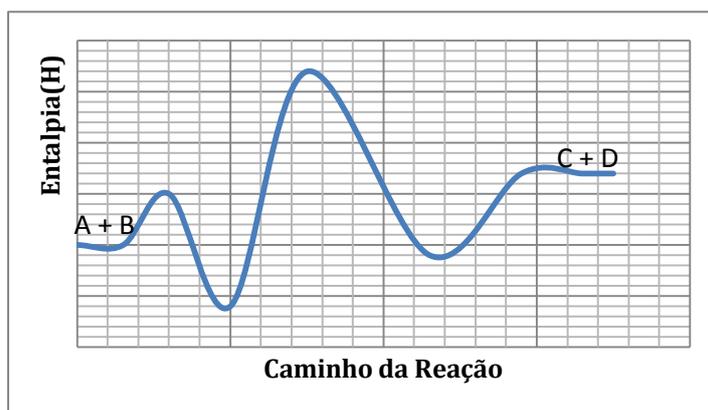
7) Sobre aspectos espaciais em geometria molecular e de acordo com a teoria de repulsão dos pares eletrônicos, são feitas as seguintes afirmações:

- I. a geometria prevista para a molécula de  $\text{BrF}_5$  é igual àquela prevista para o ânion  $\text{TeF}_5^-$ ;
- II. o volume ( $V$ ) do poliedro previsto ao redor do átomo de iodo no íon  $\text{IO}_6^{5-}$  pode ser calculado pela expressão  $V = 2^{1/2}a^3/3$ , em que  $a$  é o comprimento de ligação I – O;
- III. no cátion  $\text{ClF}_4^+$ , encontram-se ângulos F – Cl – F iguais a  $180^\circ$ ,  $120^\circ$  e  $90^\circ$ ;
- IV. o ângulo de ligação formado entre F – Xe – F, nas moléculas  $\text{XeF}_2$  e  $\text{XeF}_4$ , é o mesmo;
- V. no íon  $\text{SeF}_3^-$ , o menor ângulo formado entre F – Se – F é igual a  $90^\circ$  e a hibridização do átomo central é  $sp^3d$ .

O número de alternativas corretas é igual a:

- a) 1                      b) 2                      c) 3                      d) 4                      e) 5

8) O gráfico a seguir representa, em uma reação genérica, as mudanças de entalpia para a reação entre reagentes **A** e **B** e a formação dos produtos finais **C** e **D**.



Com base no gráfico, pode-se afirmar que:

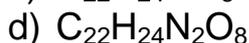
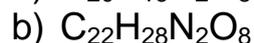
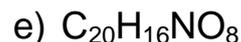
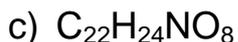
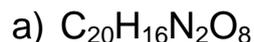
- a) a reação é elementar, possui três etapas e é endotérmica;
- b) a reação é não elementar, possui três etapas e é exotérmica;
- c) a reação só ocorre com o uso de um catalisador, pois é endotérmica;
- d) a reação é elementar, possui três etapas e é exotérmica;
- e) a reação é não elementar, possui três etapas e é endotérmica.

**Olimpíada de Química do Distrito Federal**

**Modalidade A**

9) As tetraciclinas constituem um grupo de antibióticos usados no tratamento de infecções bacterianas. Recebem esse nome devido aos quatro anéis presentes em suas estruturas. Uma delas tem ação contra ampla faixa de bactérias. Sabe-se que a composição desta tetraciclina é: 59,46% de C; 5,41% de H; 6,31% de N e 28,83% de O.

Se em 155,4 g do antibiótico há 0,35 mol da tetraciclina, sua fórmula molecular é:



10) Os átomos X e Y são isótopos, os átomos W e Y são isóbaros X e W são isótonos. Sabe-se ainda que o átomo X tem 25 prótons e número de massa 52 e que o átomo Y tem 26 nêutrons. O átomo W pode apresentar diferentes estados de oxidação. Pergunta-se: quando este estado for +3, qual a porcentagem em massa de W no óxido formado?

a) 71%

b) 61%

c) 68%

d) 53%

e) 58%

**Espaço reservado para cálculos**

**Olimpíada de Química do Distrito Federal**

**Modalidade A**

11) Sobre métodos de separação, analise os itens abaixo:

- I. a filtração pode ser utilizada para separar um sólido de um gás;
- II. a decantação é um processo físico que permite separar dois líquidos imiscíveis que apresentam densidades diferentes;
- III. uma mistura azeotrópica não pode ser separada por destilação simples;
- IV. a destilação fracionada separa diferentes componentes que apresentam diferentes pontos de ebulição, utilizando-se uma coluna de fracionamento.

Assinale a alternativa correta.

- a) Todas as afirmações estão corretas.
- b) Apenas a informação II está incorreta.
- c) As alternativas II, IV estão corretas.
- d) As alternativas I e III estão incorretas.
- e) Todas as afirmações estão incorretas.

12) Para qual das seguintes misturas não é possível observar a ocorrência de uma reação química?

- a)  $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq})$
- b)  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}) + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$
- c)  $\text{KMnO}_4(\text{aq}) + \text{KI}(\text{aq})$
- d)  $\text{NaBr}(\text{aq}) + \text{AgNO}_3(\text{aq})$
- e)  $\text{CO}(\text{g}) + \text{KOH}(\text{aq})$

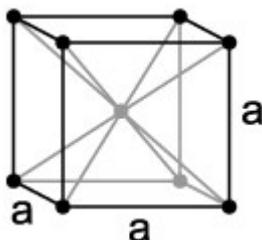
13) O oxalato de berílio encontra-se usualmente na sua forma hidratada,  $\text{BeC}_2\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Quando aquecido brandamente, o composto desidrata totalmente sem se decompor, perdendo 35,8% da sua massa. A fórmula do oxalato de berílio hidratado é, portanto:

- a)  $\text{BeC}_2\text{O}_4 \cdot 1\text{H}_2\text{O}$
- b)  $\text{BeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- c)  $\text{BeC}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
- d)  $\text{BeC}_2\text{O}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- e)  $\text{BeC}_2\text{O}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

## Olimpíada de Química do Distrito Federal

### Modalidade A

14) "A maioria dos metais cristalizam segundo arranjos compactos, pois a energia é reduzida com a aproximação dos átomos. Assim, uma estrutura densa apresenta nível de energia mais baixo e, portanto, mais estável. As dimensões das celas unitárias metálicas são extremamente pequenas. Por exemplo, a aresta do cubo de uma cela unitária de ferro (cúbico de corpo centrado), a temperatura ambiente, mede  $0,287 \times 10^{-9} \text{ m}$ ."



<http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2011/06/francio2.jpg>

<http://www.fem.unicamp.br/~caram/capitulo3.pdf>

Considerando as informações do texto sobre a estrutura cristalina do ferro, o valor do número de átomos que forma a cela unitária para a estrutura cúbica do ferro é, aproximadamente:

**Dados:** densidade do ferro =  $7,87 \text{ g.cm}^{-3}$ ;

massa molar =  $55,84 \text{ g.mol}^{-1}$

a) 9

b) 2

c) 4

d) 6

e) 5

**Espaço reservado para cálculos**

## Olimpíada de Química do Distrito Federal

### Modalidade A

15) A tabela periódica organiza os elementos em grupos e períodos, de forma a que cada grupo possua suas características, e estas variam pouco nos períodos. Assim, é possível prever o comportamento de um elemento, desde que se saiba sua localização na tabela periódica.

Suponha que um elemento Y tenha 12 prótons e 12 nêutrons.

Considere as seguintes informações:

- I. Y é um metal alcalino terroso;
- II. a substância pura Y se encontra no estado sólido, à temperatura ambiente;
- III. o íon mais estável de Y tem carga 2+;
- IV. seus íons são altamente solúveis em água;
- V. quando sofre combustão, essa substância emite luz branca muito forte e brilhante o que, há algum tempo, fora utilizado em *flashes* de máquinas fotográficas.

Assinale a alternativa correta.

- a) Apenas I e II são corretas.
- b) Apenas II, III e IV são corretas.
- c) Apenas I, III e V são corretas.
- d) Apenas I, II, III e V são corretas.
- e) Todas as afirmativas são corretas.

16) Avalie os itens em relação à polaridade de moléculas e à miscibilidade de substâncias.

- I. É de se esperar que iodo molecular seja mais solúvel em hexano do que em água.
- II. Quanto maior a diferença de eletronegatividade entre os elementos, mais polar será a ligação entre eles. Por essa razão, o fluoreto de oxigênio é menos polar que o tetrafluoreto de carbono.
- III.  $\text{BH}_3$  e  $\text{NH}_3$  são bases fracas, mas solúveis em água por apresentarem dipolos permanentes.
- IV. A molécula de heptafluoreto de iodo apresenta geometria bipirâmide de base pentagonal e deve ser mais solúvel em solventes apolares do que polares.

Assinale a alternativa que contenha as proposições corretas:

- a) As alternativas I e II são corretas.
- b) As alternativas I e IV são corretas.
- c) As alternativas II e III são corretas.
- d) As alternativas II, III e IV são corretas.
- e) Todas as alternativas são corretas.

## Olimpíada de Química do Distrito Federal

### Modalidade A

17) Com o advento da mecânica quântica pode-se explicar de maneira satisfatória o comportamento da matéria a níveis atômicos e moleculares. Podemos demonstrar que funções de ondas aceitáveis para uma partícula confinada numa caixa unidimensional são dadas por  $\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \text{sen}\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$ , em que **L** é o comprimento da caixa.

As energias quantizadas das partículas na caixa são dadas por  $E = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$ . Com base nos dados acima, pode-se afirmar que o comprimento de onda da absorção de uma molécula A, quando há a transição de um elétron de  $n = 10$  a  $n = 11$ , corresponde a um valor de, aproximadamente:

**Dado:**  $L = 16 \text{ \AA}$

- a) 480 nm                      c) 390 nm                      e) 410 nm  
b) 420 nm                      d) 402 nm

18) Sobre o ácido  $\text{H}_3\text{PO}_3$  são feitas as seguintes afirmações:

- I. é um ácido inorgânico relativamente fraco quando comparado ao  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , visto que o número de oxidação do átomo de fósforo, no ácido fosfórico, é superior;
- II. sua reação com hidróxido de magnésio gera um sal cujo percentual em massa de magnésio é superior a 30%;
- III. a hibridização do átomo central é  $sp^3$ ;
- IV. a molécula do  $\text{H}_3\text{PO}_3$  possui uma ligação  $p\pi - d\pi$ ;
- V. Por apresentar estrutura similar ao  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , o ácido fosforoso apresenta um orbital p vazio capaz de receber um par de elétrons, sendo, portanto, um ácido de Lewis.

O número de alternativas corretas é igual a:

- a) 1                      b) 2                      c) 3                      d) 4                      e) 5

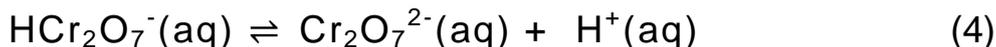
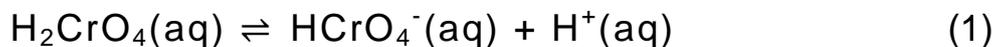
**Espaço reservado para cálculos**

## Olimpíada de Química do Distrito Federal

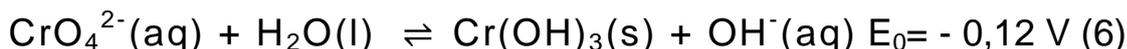
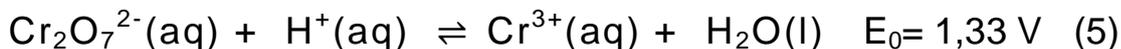
### Modalidade A

19) Em pH fisiológico, compostos contendo Cr(VI), Cr(V) ou Cr(IV) são agentes oxidantes relativamente fortes. A estabilidade desses compostos depende do pH e da concentração de agentes redutores.

Em meio aquoso o íon Cr(VI) se encontra em equilíbrio:



No pH fisiológico (7,4), as formas mais importantes são  $\text{CrO}_4^{2-}$  (76%) e  $\text{HCr}_2\text{O}_7^-$  (24%). O processo de redução está descrito nas equações 5 e 6:



<http://www.scielo.br/pdf/qn/v25n4/10532.pdf>

Com relação à química do cromo e suas propriedades em reações inorgânicas, bem como nas reações de transferência de elétrons, pode-se afirmar que:

- I. entre os estados de oxidação do cromo, mencionados no texto, aquele que tem maior raio atômico é o Cr(IV), presente nas espécies mais relevantes a pH fisiológico;
- II. o ácido crômico é diprótico e pode ser neutralizado parcialmente, ao reagir com hidróxido de rubídio formando, exclusivamente, o hidrogenocromato de rubídio;
- III. as equações 5 e 6 são reações de oxido-redução não balanceadas. A reação 5 envolve a transferência de 6 elétrons, enquanto a reação 6 envolve apenas 3 elétrons, considerando os coeficientes mínimos e inteiros das reações;
- IV. a reação do ácido crômico com peróxido de estrôncio formará o sal cromato de estrôncio e peróxido de hidrogênio;
- V. o íon complexo  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  é diamagnético.

Estão incorretas as afirmações:

a) I, III, IV

c) III, V

e) I, II, V

b) II, IV, V

d) I, II, III, IV



**PARTE DISCURSIVA**

- 1) De um ponto de vista histórico, o efeito das interações intermoleculares e sua manifestação sobre o comportamento de sistemas químicos começou a mais de dois séculos, com os experimentos pioneiros em sistemas gasosos, realizados por cientistas como Robert Boyle, Jacques Charles, Joseph-Louis Gay-Lussac e Johannes van der Waals. A combinação das relações obtidas por Boyle, Charles e Gay-Lussac levou à conhecida equação de estado dos gases ideais:

$$pV = nRT$$

em que **p** é a pressão, **V** é o volume, **T** a temperatura absoluta, **n** o número de mols do gás contidos no recipiente e **R** é a constante universal dos gases ideais.

Um gás ideal é, por definição, um sistema gasoso constituído de partículas pontuais e não interagentes, isto é, não existe nenhuma interação entre as partículas constituintes do gás, quer sejam elas átomos ou moléculas. A análise da equação de estado dos gases ideais nos revela algumas curiosidades. Por exemplo, a dada pressão e temperatura, 1 mol de qualquer gás ocupará o mesmo volume. Isto é devido ao fato que a equação dos gases ideais não contempla nenhuma informação inerente ao sistema gasoso sob estudo, o que faz com que as propriedades termodinâmicas calculadas sejam as mesmas para qualquer gás.

(Química Nova na Escola - QNEsq -Nº 4 - Maio de 2001)

- a) Sob quais condições de pressão e de temperatura o comportamento de um gás real se aproxima daquele esperado para um gás ideal? Justifique.
- b) No primeiro parágrafo o autor comentou que a lei dos gases ideais surgiu da combinação de algumas relações propostas por Boyle, Charles e Gay-Lussac. Explique como a equação de estado do gás perfeito pode ser obtida usando a lei de Boyle, a lei de Charles e o princípio de Avogadro.

## Olimpíada de Química do Distrito Federal

### Modalidade A

- 2) Considere 3 amostras distintas de sódio, magnésio e alumínio.
- Proponha um método químico simples, rápido e barato capaz de diferenciar o sódio dos outros dois metais. Justifique sua resposta com equações químicas e evidências reacionais para cada um dos metais.
  - Proponha, agora, outro método químico capaz de distinguir qualitativamente o magnésio do alumínio.
  - O ponto de ebulição do cloreto de alumínio, quando anidro, é 192,4 °C. Já o ponto de ebulição do fluoreto de alumínio, nas mesmas condições, é superior a 1000 °C. Justifique essa observação experimental.

As primeiras energias de ionização dos metais em questão são apresentadas a seguir:

Elemento químico	1ª Energia de Ionização (kJ.mol <sup>-1</sup> )
Sódio	495,8
Magnésio	717,7
Alumínio	577,5

- Escreva as reações para a primeira energia de ionização de cada um dos metais. Classifique as espécies formadas em paramagnéticas ou diamagnéticas, justificando a sua resposta.
- Os valores apresentados de energia de ionização não estão de acordo com o previsto pela tabela periódica. O que seria esperado? Explique o porquê da não periodicidade.

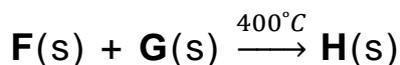
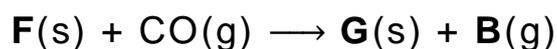
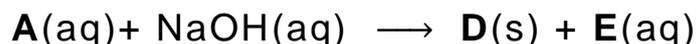
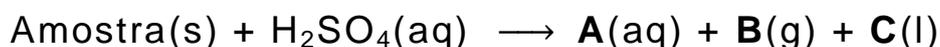
## Olimpíada de Química do Distrito Federal

### Modalidade A

3) O azinhavre é o nome dado à camada de coloração esverdeada adquirida por objetos que contêm cobre devido à oxidação do metal pela atmosfera e consequente formação do diidróxicarbonato de cobre(II).

- Escreva a fórmula química para o composto responsável pela coloração esverdeada.
- Apresente a distribuição eletrônica para o átomo de cobre no estado fundamental, justificando sua resposta.
- Sabendo que as substâncias presentes na atmosfera, responsáveis pela oxidação do cobre para formação do azinhavre, são o gás oxigênio, o dióxido de carbono e a água, escreva a reação química balanceada de formação do sal em questão.

Quando ácido sulfúrico concentrado é adicionado a uma amostra de diidróxicarbonato de cobre(II), observa-se efervescência. Ao cessar a liberação de gás, pode-se utilizar solução de hidróxido de sódio para basificar a solução com consequente precipitação de sólido gelatinoso. O sólido é filtrado, lavado e, posteriormente, calcinado, obtendo-se um sólido preto. Este produto é separado em duas amostras. Uma delas é tratada com monóxido de carbono, produzindo um sólido marrom avermelhado. Este sólido é, então, aquecido juntamente à outra amostra proveniente da calcinação, resultando em uma espécie diamagnética. Abaixo se encontra um esquema simplificado das reações realizadas.



- Determine a fórmula dos compostos de **A** a **H** e escreva todas as equações acima na sua forma balanceada com os menores coeficientes inteiros possíveis.
- Se a massa da amostra utilizada era igual a 2,13 g, qual a massa obtida de F, considerando o processo como ideal e que a pureza da amostra era de 93%?
- Apresente a estrutura de Lewis para o ânion do composto **E**.

**Olimpíada de Química do Distrito Federal**

**Modalidade A**

**RASCUNHO**

