

材料物質科学 試験問題

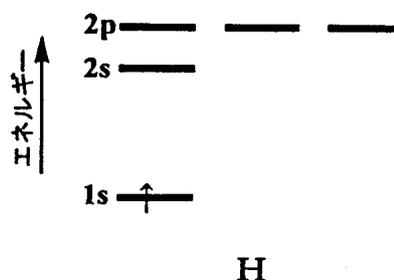
H13年度 F3年夜間主 石田

【1】簡潔に説明せよ。必要ならば図を用いてよい。

- (1) 共有結合におけるイオン性 (2) 価電子対反発 (3) 金属の (比抵抗) の温度依存性
 (4) 芳香族化合物 (5) 旋光度

【2】原子と周期表に関する以下の問いに答えよ。

- (a) 水素原子 H の基底状態では、電子が右図のように原子軌道を占有する。炭素原子 C と酸素原子 O の場合について、電子の占有の様子をそれぞれ右図のように図で答えよ。なお、 \uparrow 、 \downarrow は電子のスピン量子数がそれぞれ $+1/2$ と $-1/2$ であることを示す。
- (b) 炭素および酸素の原子価は、メタンと水の化学式から考えるとそれぞれ 4 と 2 である。それらの構造はそれぞれ正四面体型と「く」の字型である。問 (a) の電子配置を用いてこれをどのように説明できるか。
- (c) ネオン原子 Ne の基底状態の電子配置を、 $\text{Ne} : 1s^2 2s^2 2p^6$ のように表記する。Cl、Ca、Zn の各原子の基底電子配置を、この表記法にならって答えよ。
- (d) Cl、Ca、Zn がとりうる安定なイオンはなにか答えよ。また、イオンの電子配置にはどのような特徴があるかを記せ。
- (e) 周期表では、族の番号を右に進めるにしたがって、原子の第一イオン化エネルギー (イオン化ポテンシャル) はどのように変化するか。その理由も簡潔に記せ。



【3】14族元素の単体結晶について、単位格子の一辺の長さ、結合解離エネルギー、バンドギャップは下表のようにになっている。Snには金属電導性を示す相とよばれる別の結晶も知られている。Pb(鉛)は面心立方格子の構造をもつ。

表 第14族のダイヤモンド構造をもつ元素に見られる周期的な傾向

元素	格子定数/Å	結合解離エネルギー/kJ mol ⁻¹	E _g /eV
C(ダイヤモンド)	3.57	346	5.4
Si	5.43	222	1.1
Ge	5.66	188	0.66
α-Sn	6.49	146	0.1

- (a) 格子定数の大きさと原子半径や原子間距離の関係を記せ。
 (b) 原子間距離と共有結合の強さとの関係を記せ。
 (c) 原子半径と原子の第一イオン化エネルギーとの関係を記せ。
 (d) C、α-Sn、Pbは、共有結合性結晶、金属結合性結晶、その中間の性質をもつ結晶のいずれに分類できるか。また、それぞれの結晶分類とE_gの大きさとの関係を記し、そのような関係となる原因を、設問 (b, c) の結果を踏まえて簡潔に述べよ。

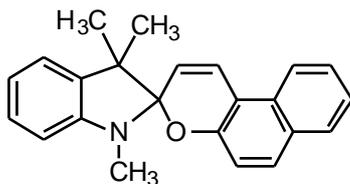
- (e) 一般に結晶は加圧すれば体積が減少する。設問 (a,b) を参考にして、Ge 結晶を加圧したとき、電導性にどのような違いがみられるかを予想せよ。
- (f) 一般に物質の体積は、温度を上げれば増大する。酸化亜鉛 ZnO は室温で無色だが、加熱すれば黄色となる。室温に戻すと無色に戻る。この現象を説明せよ。

【4】

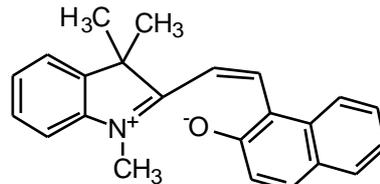
- (a) C,H,N,O の単結合のみからなる化合物は一般に無色である。なぜか。
- (b) ベンゼン C₆H₆ は無色であるが、フラレン C₆₀ は溶液中で紫色である。C₆₀ が着色しているのはなぜか。また、C₆₀ は単体 Na, K, Rb と接触すると容易に還元されて C₆₀⁻ になるという反応性も、ベンゼンにはないものである。説明せよ。
- (c) 以下の一組の化合物 A と B は、光照射により分子骨格を変化させて着色する物質（フォトクロミック材料）の一例である。A と B は一方がほとんど無色であるが他方が着色している。理由を添えてどちらが着色体であるかを答えよ。
- (d) フォトクロミック材料を、サングラスの調光材料として用いる場合や光情報記録材料として用いる場合には、さらにいくつかの化学反応上の特徴を有することが必要である。それぞれの場合について、その要求される特徴を考えて、記せ。



C₆₀



A



B

参考)

元素の周期表 (4桁原子量)

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	族
周期	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIII			IB	IIB	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIA	0	周期
1	¹ H 1.008 水素																	² He 4.003 ヘリウム	1
2	³ Li 6.941 リチウム	⁴ Be 9.012 ベリリウム											⁵ B 10.81 ホウ素	⁶ C 12.01 炭素	⁷ N 14.01 窒素	⁸ O 16.00 酸素	⁹ F 19.00 フッ素	¹⁰ Ne 20.18 ネオン	2
3	¹¹ Na 22.99 ナトリウム	¹² Mg 24.31 マグネシウム											¹³ Al 26.98 アルミニウム	¹⁴ Si 28.09 ケイ素	¹⁵ P 30.97 リン	¹⁶ S 32.07 硫黄	¹⁷ Cl 35.45 塩素	¹⁸ Ar 39.95 アルゴン	3
4	¹⁹ K 39.10 カリウム	²⁰ Ca 40.08 カルシウム	²¹ Sc 44.96 スカンジウム	²² Ti 47.88 チタン	²³ V 50.94 バナジウム	²⁴ Cr 52.00 クロム	²⁵ Mn 54.94 マンガン	²⁶ Fe 55.85 鉄	²⁷ Co 58.93 コバルト	²⁸ Ni 58.69 ニッケル	²⁹ Cu 63.55 銅	³⁰ Zn 65.39 亜鉛	³¹ Ga 69.72 ガリウム	³² Ge 72.59 ゲルマニウム	³³ As 74.92 セレン	³⁴ Se 78.96 臭素	³⁵ Br 79.90 臭素	³⁶ Kr 83.80 クリプトン	4
5	³⁷ Rb 85.47 ルビジウム	³⁸ Sr 87.62 ストロンチウム	³⁹ Y 88.91 イットリウム	⁴⁰ Zr 91.22 ジルコニウム	⁴¹ Nb 92.91 ニオブ	⁴² Mo 95.94 モリブデン	⁴³ Tc 98 テクネチウム	⁴⁴ Ru 101.1 ルテチウム	⁴⁵ Rh 102.9 ロジウム	⁴⁶ Pd 106.4 パラジウム	⁴⁷ Ag 107.9 銀	⁴⁸ Cd 112.4 カドミウム	⁴⁹ In 114.8 インジウム	⁵⁰ Sn 118.7 スズ	⁵¹ Sb 121.8 アンチモン	⁵² Te 127.6 テルル	⁵³ I 126.9 ヨウ素	⁵⁴ Xe 131.3 キセノン	5
6	⁵⁵ Cs 132.9 セシウム	⁵⁶ Ba 137.3 バリウム	*	⁷² Hf 178.5 ハフニウム	⁷³ Ta 180.9 タンタル	⁷⁴ W 183.9 タングステン	⁷⁵ Re 186.2 レニウム	⁷⁶ Os 190.2 オスミウム	⁷⁷ Ir 192.2 イリジウム	⁷⁸ Pt 195.1 白金	⁷⁹ Au 197.0 金	⁸⁰ Hg 200.6 水銀	⁸¹ Tl 204.4 タリウム	⁸² Pb 207.2 鉛	⁸³ Bi 209.0 ヒスマス	⁸⁴ Po (209) ポロニウム	⁸⁵ At (210) アステチン	⁸⁶ Rn (222) ラドン	6
7	⁸⁷ Fr (223) フランシウム	⁸⁸ Ra (226) ラジウム	**	89-103 アクチノイド															

*	57 La 138.9 ランタノイド	58 Ce 140.1 セリウム	59 Pr 140.9 プラセオジム	60 Nd 144.2 ネオジム	61 Pm 145 プロメチウム	62 Sm 150.4 サマリウム	63 Eu 152.0 ユロビウム	64 Gd 157.3 ガドリウム	65 Tb 158.9 テルビウム	66 Dy 162.5 ジスプロシウム	67 Ho 164.9 ホルミウム	68 Er 167.3 エルビウム	69 Tm 168.9 テルミウム	70 Yb 173.0 イットリウム	71 Lu 175.0 ルテチウム
**	89 Ac (227) アクチノイド	90 Th 232.0 トリウム	91 Pa (231) プロトアクチノイド	92 U 238.0 ウラン	93 Np (237) ネプチウム	94 Pu (244) プルトニウム	95 Am (243) アメリシウム	96 Cm (247) キュリウム	97 Bk (247) バークリウム	98 Cf (251) カリフォルニウム	99 Es (252) エインシュタイン	100 Fm (257) フェルミウム	101 Md (258) メンデルレービウム	102 No (259) ノボロジウム	103 Lr (260) ローレンシウム

()内の数値は、既知同位体のうち最も安定なものの質量数である。