

2018 年度化学 C 演習①

(計算問題は有効数字 3 桁で答えよ。)

1. 電気陰性度の意味、および下記の式の各記号の意味を示せ。

$$\chi_{\text{AR}} = 0.744 + \frac{3590 Z}{r^2} \qquad \chi_{\text{M}} = \frac{1}{2}(I + E_{\text{a}})$$

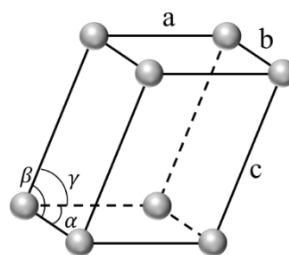
2. 以下の図のカッコ内に適切な語句を記入し、さらに、下記の物質をア～エ内にあてはまるものを選び。

Li Li₂O LiC Ge Ga O₂ Cl₂ NF₃ MgO GaN MgF₂ CF₄

3. Pt 結晶は面心立方格子で、密度は 21.45 g/cm³ である。格子定数と最近接原子間の距離を求めよ。

4. 7 つの結晶系の名称を記入し、各辺の長さ、角度の大きさの組み合わせを以下のア～ウ、A～H から選べ。

辺の長さ	角度
ア a=b=c	A α = β = γ = 90°
イ a=b ≠ c	B α = β = 90° γ ≠ 90°
ウ a ≠ b ≠ c	C α = 90° β = γ ≠ 90°
	D α = β = γ ≠ 90°
	E α ≠ β ≠ γ ≠ 90°
	F α = 120° β = γ = 90°
	G α = β = 120° γ = 90°
	H α = β = γ = 120°



5. 以下の () に適切な語句を埋めよ。

結晶中の原子の配列は 7 つの結晶系と (ア) 種類の複合格子の組み合わせであらわされる。
このうち、重複するものを除いた (イ) 種類をブラベ格子と呼ぶ。

6. ミラー指数 (222) および (002) の面を図に示しなさい。

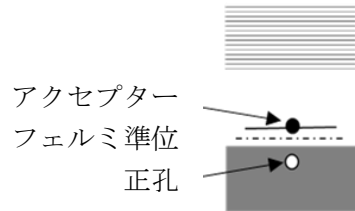
7. ブラッグの式を示せ。ただし、記号の意味も記述すること。

8. CsCl 結晶における Cs-Cl イオン間距離は 356 pm である。(100)面からの 1 次および 2 次の回折角度を求めよ。ただし、測定に用いられる X 線の波長は 154 pm とする。

9. 以下の表は、陽イオンと陰イオンの半径比をもとに、配位数、形、結晶構造をまとめたものである。空欄に当てはまる数値、語句を示せ。数値は有効数字 2 ケタで記すこと。

r_c/r_a	ア 以上	イ 以上	ウ 以上
エ	4	6	8
形	正四面体	正八面体	オ
結晶構造 (AB 型)	ZnS 型	カ	キ
結晶構造 (AB ₂ 型)	SiO ₂ 型	ク	ケ

10. Rb^+ と Br^- のしゃへい定数およびイオン半径比を求めよ。また、 RbBr の結晶構造を推定せよ。
11. HI のイオン間距離を 169 pm として双極子モーメントを計算せよ。また、 HI のイオン性が 0.05 であると仮定して、測定される双極子モーメントの値を推定せよ。 $(1\text{ D} = 3.336 \times 10^{-30}\text{ C}\cdot\text{m}$ 、電子の電荷量 $e = 1.602 \times 10^{-19}\text{ C}$)
12. 狭義のファンデルワールス力について説明せよ。その際、原子間距離と力との関係性も示せ。
13. 下図のp型半導体のバンド図を参考にして、真性半導体とn型半導体のバンド構造を図示せよ。また、カッコ内に適切な語句を入れよ。



- pn接合を形成すると（ア）作用が見られる。この構造は、（イ）や（ウ）などの機能デバイスに应用されている。
14. ダイヤモンドおよびグラファイトはどちらも炭素からなる結晶である。これらを比較してどちらの電気伝導性が高いかを述べ、その理由を説明せよ。
15. ヘキサクロロ白金(IV)は（ア）配位の（イ）構造の錯体である。
- この錯体の化学式を示し、カッコ内に適切な語句を入れよ。
- （イ）構造における配位場によるd電子のエネルギーの分裂を図示せよ。
- 中心金属の電子数が以下の場合、その電子配置を下図に記入し、結晶場安定化エネルギー CFSE および不対電子数を示せ。

- ① d^2
- ②強い場における d^5
- ③弱い場における d^6
- ④ d^{10}

元素の周期表2012年版

族 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	¹ H 水 素 1.00784~ 1.00811																	² He ヘリウム 4.002602	
2	³ Li リチウム 6.938~ 6.997	⁴ Be ベリリウム 9.012182											⁵ B ホウ素 10.806~ 10.821	⁶ C 炭 素 12.0096~ 12.0116	⁷ N 窒 素 14.00643~ 14.00728	⁸ O 酸 素 15.99903~ 15.99977	⁹ F フッ素 18.9984032	¹⁰ Ne ネオン 20.1797	
3	¹¹ Na ナトリウム 22.98976928	¹² Mg マグネシウム 24.3050											¹³ Al アルミニウム 26.9815386	¹⁴ Si ケイ素 28.084~ 28.086	¹⁵ P リ ン 30.973762	¹⁶ S 硫 黄 32.059~ 32.076	¹⁷ Cl 塩 素 35.446~ 35.457	¹⁸ Ar アルゴン 39.948	
4	¹⁹ K カリウム 39.0983	²⁰ Ca カルシウム 40.078	²¹ Sc スカンジウム 44.955912	²² Ti チタン 47.867	²³ V バナジウム 50.9415	²⁴ Cr クロム 51.9961	²⁵ Mn マンガン 54.938045	²⁶ Fe 鉄 55.845	²⁷ Co コバルト 58.933195	²⁸ Ni ニッケル 58.6934	²⁹ Cu 銅 63.546	³⁰ Zn 亜 鉛 65.38	³¹ Ga ガリウム 69.723	³² Ge ゲルマニウム 72.63(1)	³³ As ヒ 素 74.92160	³⁴ Se セレン 78.96	³⁵ Br 臭 素 79.904	³⁶ Kr クリプトン 83.798	
5	³⁷ Rb ルビジウム 85.4678	³⁸ Sr ストロンチウム 87.62	³⁹ Y イットリウム 88.90585	⁴⁰ Zr ジルコニウム 91.224	⁴¹ Nb ニオブ 92.90638	⁴² Mo モリブデン 95.96	⁴³ Tc [*] テクネチウム (99)	⁴⁴ Ru ルテニウム 101.07	⁴⁵ Rh ロジウム 102.90550	⁴⁶ Pd パラジウム 106.42	⁴⁷ Ag 銀 107.8682	⁴⁸ Cd カドミウム 112.411	⁴⁹ In インジウム 114.818	⁵⁰ Sn ス ズ 118.710	⁵¹ Sb アンチモン 121.760	⁵² Te テルル 127.60	⁵³ I ヨウ素 126.90447	⁵⁴ Xe キセノン 131.293	
6	⁵⁵ Cs セシウム 132.9054519	⁵⁶ Ba バリウム 137.327	57~71 ランタノイド	⁷² Hf ハフニウム 178.49	⁷³ Ta タンタル 180.94788	⁷⁴ W タングステン 183.84	⁷⁵ Re レニウム 186.207	⁷⁶ Os オスミウム 190.23	⁷⁷ Ir イリジウム 192.217	⁷⁸ Pt 白 金 195.084	⁷⁹ Au 金 196.966569	⁸⁰ Hg 水 銀 200.59	⁸¹ Tl タリウム 204.382~ 204.385	⁸² Pb 鉛 207.2	⁸³ Bi [*] ビスマス 208.98040	⁸⁴ Po [*] ポロニウム (210)	⁸⁵ At [*] アスタチン (210)	⁸⁶ Rn [*] ラドン (222)	
7	⁸⁷ Fr [*] フランシウム (223)	⁸⁸ Ra [*] ラジウム (226)	89~103 アクチノイド	¹⁰⁴ Rf [*] ラザホーギウム (267)	¹⁰⁵ Db [*] ドブニウム (268)	¹⁰⁶ Sg [*] シーボーギウム (271)	¹⁰⁷ Bh [*] ボーリウム (272)	¹⁰⁸ Hs [*] ハッシウム (277)	¹⁰⁹ Mt [*] マイタネリウム (276)	¹¹⁰ Ds [*] ダームスタチウム (281)	¹¹¹ Rg [*] レントゲニウム (280)	¹¹² Cn [*] コベルニシウム (285)	¹¹³ Uut [*] ウンウントリウム (284)	¹¹⁴ Fl [*] フレロビウム (289)	¹¹⁵ Uup [*] ウンウンペンチウム (288)	¹¹⁶ Lv [*] リバモリウム (293)			¹¹⁸ Uno [*] ウンウンオクチウム (294)

原子番号 — 1 **H** — 元素記号注1
元素名 — 水素 —
原子量(2012) 注2

57~71 ランタノイド	57 La ランタン 138.90547	58 Ce セリウム 140.116	59 Pr プラセオジム 140.90765	60 Nd ネオジム 144.242	61 Pm * プロメチウム (145)	62 Sm サマリウム 150.36	63 Eu ユウロビウム 151.964	64 Gd ガドリニウム 157.25	65 Tb テルビウム 158.92535	66 Dy ジスプロシウム 162.500	67 Ho ホルミウム 164.93032	68 Er エルビウム 167.259	69 Tm ツリウム 168.93421	70 Yb イッテルビウム 173.054	71 Lu ルテチウム 174.9668
89~103 アクチノイド	89 Ac * アクチニウム (227)	90 Th * トリウム 232.03806	91 Pa * プロトアクチニウム 231.03588	92 U * ウラン 238.02891	93 Np * ネプツニウム (237)	94 Pu * プルトニウム (239)	95 Am * アメリシウム (243)	96 Cm * キュリウム (247)	97 Bk * バークリウム (247)	98 Cf * カリホルニウム (252)	99 Es * アインスタイニウム (252)	100 Fm * フェルミウム (257)	101 Md * メンデレヴィウム (258)	102 No * ノーベリウム (259)	103 Lr * ローレンシウム (262)

注1：元素記号の右肩の*はその元素には安定同位体が存在しないことを示す。そのような元素については放射性同位体の質量数の一例を()内に示した。ただし、Bi, Th, Pa, Uについては天然で特定の同位体組成を示すので原子量が与えられる。

©2012日本化学会 原子量専門委員会

注2：この周期表には最新の原子量「原子量表(2012)」が示されている。原子量は単一の数値あるいは変動範囲で示されている。原子量が範囲で示されている10元素には複数の安定同位体が存在し、その組成が天然において大きく変動するため単一の数値で原子量が与えられない。その他の74元素については、原子量の不確かさは示された数値の最後の桁にある。

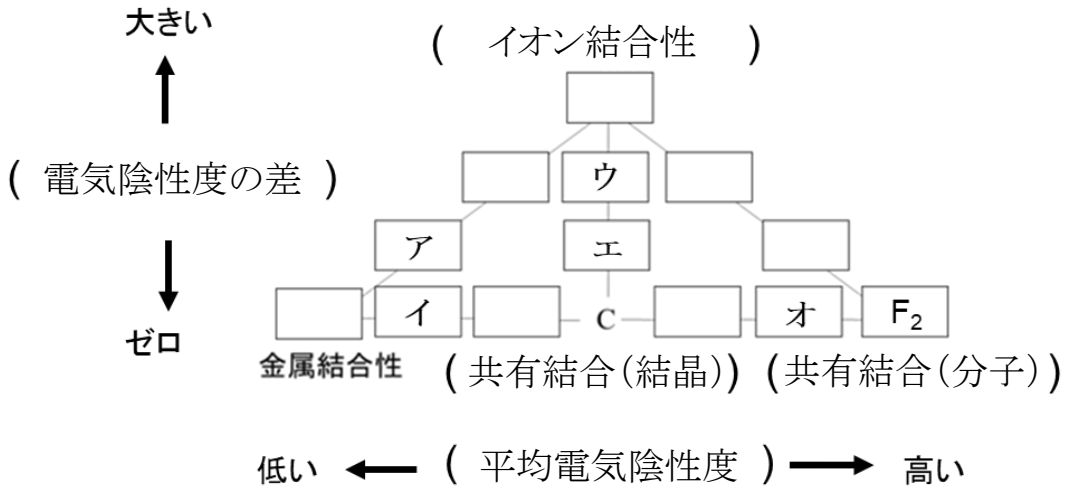
H 2.20 3.06 2.20							He 5.5
Li 0.98 1.28 0.97	Be 1.57 1.99 1.47	B 2.04 1.83 2.01	C 2.55 2.67 2.50	N 3.04 3.08 3.07	O 3.44 3.22 3.50	F 3.98 4.43 4.10	Ne 4.60 5.10
Na 0.93 1.21 1.01	Mg 1.31 1.63 1.23	Al 1.61 1.37 1.47	Si 1.90 2.03 1.74	P 2.19 2.39 2.06	S 2.58 2.65 2.44	Cl 3.16 3.54 2.83	Ar 3.36 3.30
K 0.82 1.03 0.91	Ca 1.00 1.30 1.04	Ga 1.81 1.34 1.82	Ge 2.01 1.95 2.02	As 2.18 2.26 2.20	Se 2.55 2.51 2.48	Br 2.96 3.24 2.74	Kr 3.0 2.98 3.10
Rb 0.82 0.99 0.89	Sr 0.95 1.21 0.99	In 1.78 1.30 1.49	Sn 1.96 1.83 1.72	Sb 2.05 2.06 1.82	Te 2.10 2.34 2.01	I 2.66 2.88 2.21	Xe 2.6 2.59 2.40
Cs 0.79 0.70 0.86	Ba 0.89 0.90 0.97	Tl 2.04 1.80 1.44	Pb 2.33 1.90 1.55	Bi 2.02 1.90 1.67			

2018年度化学C演習①模範解答

1. 電気陰性度の意味: 分子内の原子が電子(電子対 \times)を引き寄せる強さの相対的な尺度

記号	χ_{AR}	オールレッド・ロコウの電気陰性度	χ_M	マリケンの電気陰性度
	Z	(価電子の)有効核電荷	r	(原子の)共有結合半径
	I	イオン化エネルギー	E_a	電子親和力

2. 大きい (イオン結合性)



ア LiC

Ga

ウ MgO

GaN

才	O ₂
---	----------------

- ### 3.

格子定数

$$a = 2\sqrt{2}r = 2\sqrt{2} \times 1.39 \times 10^{-10} \\ = 3.92 \times 10^{-10} = 0.392 \text{ nm}$$

最近接原子間距離

$$V = a^3 = 16\sqrt{2}r^3 \quad m = \frac{4 \times 195.084}{6.02 \times 10^{23}}$$

$$d = \frac{m}{V} = \frac{4 \times 195.084}{16\sqrt{2}r^3 \times 6.02 \times 10^{23}} = 2.145 \times 10^7 \text{ g/m}^3$$

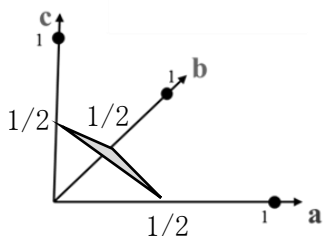
$$r = 1.39 \times 10^{-10} = 0.278 \text{ nm}$$

- 4.**

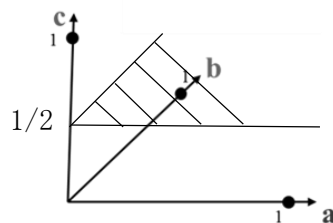
	名称	辺の長さ	角度		名称	辺の長さ	角度
①	立方晶	ア	A	⑤	三方晶	ア	D
②	正方晶	イ	A	⑥	単斜晶	ウ	B
③	直方晶	ウ	A	⑦	三斜晶	ウ	E
④	六方晶	イ	F				

- 5.** ア 4 イ 14

6. (222)



- (002)



- 7.** ブラッグの式: $2d \sin \theta = n\lambda$

記号の意味: d : 面間隔 θ : 回折角 n : 回折の次数 λ : 波長

8.

CsCl型構造 $2r = \sqrt{3}a$ ブラッグの式より $\theta = \sin^{-1} \frac{n\lambda}{2d}$

$$\therefore a = \frac{2\sqrt{3}}{3}r$$

$$= \frac{2\sqrt{3}}{3} \times 356 \text{ pm} = 411 \text{ pm}$$

$$\text{一次 } \theta = \sin^{-1} \frac{1 \times 154}{2 \times 411} = 10.8^\circ \quad \text{二次 } \theta = \sin^{-1} \frac{2 \times 154}{2 \times 411} = 22.0^\circ$$

1次: 10.8° 2次: 22.0°

9.

ア 0.23 イ 0.41 ウ 0.73 エ (陽イオンの)配位数

オ 立方体 カ NaCl型 キ CsCl型 ク TiO₂型 ケ CaF₂型

10.

しゃへい定数

$$k_r = \left[\frac{(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^6}{(3d)^{10}(4s)^2(4p)^6} \right]$$

$$\therefore \sigma = [(8-1) \times 0.35 + 18 \times 0.85 + 10 \times 1] = 27.75$$

イオン半径比 $Z_{\text{eff}} = Z - \sigma$

$$\text{Rb}^+ = 37 - 27.75 = 9.25$$

$$\text{Br}^- = 35 - 27.75 = 7.25$$

$$\therefore \frac{r_{\text{Br}^-}}{r_{\text{Rb}^+}} = \frac{7.25}{9.25} = 0.78$$

結晶構造

$$0.784 > 0.73 \text{ より}$$

CsCl型

11.

双極子モーメント

$$\mu_{\text{permanent}} = qr$$

$$= \frac{1.602 \times 10^{-19} \times 1.69 \times 10^{-10}}{3.36 \times 10^{-10}}$$

$$= 8.12 \text{ D}$$

イオン性が0.05の場合

$$8.12 \text{ D} \times 0.05$$

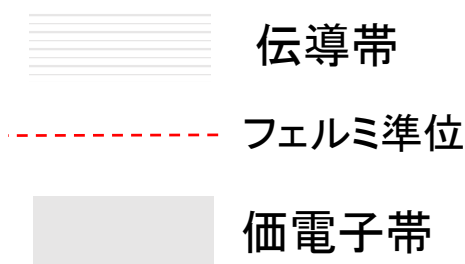
$$= 0.406 \text{ D}$$

12.

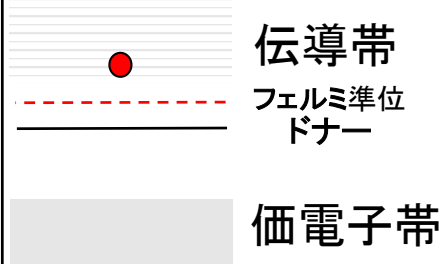
ファンデルワールス力とは電子のゆらぎによる瞬間双極子誘起双極子の相互作用でありすべての分子間にはたらく。また、その大きさは距離の6乗に反比例する。

13.

真性半導体



n型半導体



ア 整流

イ 太陽電池

ウ LEDなど

14.

伝導性が高い方: グラファイト

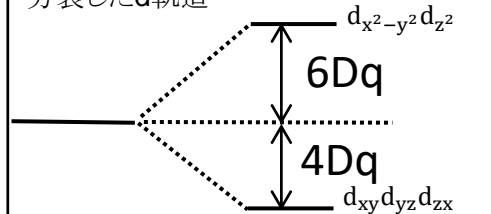
理由: 非局在化したπ電子がキャリアとしてはたらくため。

15.

化学式: [PtCl₆]²⁻

ア 6 イ 八面体

分裂したd軌道

① d²

CFSE
2 × 4 Dq = 8 Dq
不対電子数
2個

② 強い場におけるd⁵

CFSE
5 × 4 Dq = 20 Dq
不対電子数
1個

③ 弱い場におけるd⁶

CFSE
4 × 4 Dq - 2 × 6 Dq
= 4 Dq
不対電子数
4個

④ d¹⁰

CFSE
4 × 6 Dq - 6 × 4 Dq
= 0 Dq
不対電子数
0個

