



夏期講習会

【中1甲陽コンプリート物理化学】

氏名

国私立中高一貫校対象英語数学理科指導 スタディ・コラボ

族 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	族 周期
1	1 H 水素 1.008												5 B ホウ素 10.81	6 C 炭素 12.01	7 N 窒素 14.01	8 O 酸素 16.00	9 F フッ素 19.00	10 Ne ネオン 20.18	2 He ヘリウム 4.003
2	3 Li リチウム 6.941	4 Be ベリリウム 9.012																	
3	11 Na ナトリウム 22.99	12 Mg マグネシウム 24.31											13 Al アルミニウム 26.98	14 Si ケイ素 28.09	15 P リン 30.97	16 S 硫黄 32.07	17 Cl 塩素 35.45	18 Ar アルゴン 39.95	
4	19 K カリウム 39.10	20 Ca カルシウム 40.08	21 Sc スカンジウム 44.96	22 Ti チタン 47.87	23 V バナジウム 50.94	24 Cr クロム 52.00	25 Mn マンガン 54.94	26 Fe 鉄 55.85	27 Co コバルト 58.93	28 Ni ニッケル 58.69	29 Cu 銅 63.55	30 Zn 亜鉛 65.41	31 Ga ガリウム 69.72	32 Ge ケルマニウム 72.64	33 As ヒ素 74.92	34 Se セレン 78.96	35 Br 臭素 79.90	36 Kr クリプトン 83.80	
5	37 Rb ルビ듐 85.47	38 Sr ストロンチウム 87.62	39 Y イットリウム 88.91	40 Zr ジルコニウム 91.22	41 Nb ニオブ 92.91	42 Mo モリブデン 95.94	43 Tc テクネチウム (99)	44 Ru ルルチニウム 101.1	45 Rh ロジウム 102.9	46 Pd パラジウム 106.4	47 Ag 銀 107.9	48 Cd カドミウム 112.4	49 In インジウム 114.8	50 Sn スズ 118.7	51 Sb アンチモン 121.8	52 Te テルル 127.6	53 I ヨウ素 126.9	54 Xe キセノン 131.3	
6	55 Cs セシウム 132.9	56 Ba バリウム 137.3	57-71 ランタノイド	72 Hf ハフニウム 178.5	73 Ta タンタル 180.9	74 W タングステン 183.8	75 Re レニウム 186.2	76 Os オスミウム 190.2	77 Ir イリジウム 192.2	78 Pt 白金 195.1	79 Au 金 197.0	80 Hg 水銀 200.6	81 Tl タリウム 204.4	82 Pb 鉛 207.2	83 Bi ビスマス 209.0	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 ラザフォード (267)	105 Db ドブニウム (268)	106 Sg シーボーギウム (271)	107 Bh ボヘリウム (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)								

遷移元素 (他は典型元素)

単体は常温で液体 (他は固体)

単体は常温で液体

単体は常温で液体

金属元素 (他は非金属元素)

ハロゲン元素

希ガス元素

アルカリ土類金属

アルカリ金属を除く

■ 周期表 ■

周期 \ 族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn		Ge	As		Br	Kr
5	Rb	Sr	Y			Mo				Pd	Ag	Cd		Sn			I	Xe
6	Cs	Ba				W		Os	Ir	Pt	Au	Hg		Pb				Rn
7	Fr	Ra																

 : 原子番号と周期表上の位置,
 : 周期表上の位置も合せて覚える.

■ 問題 ■

1 次の説明にあてはまる元素の元素記号と元素名を答えよ。

- (1) 融点が最も高い金属
- (2) 融点が最も低い金属
- (3) 密度が最大の元素
- (4) 地殻中に多く含まれる元素（上位から4つ）
- (5) 地球全体で最も多いと考えられる元素
- (6) 体内で不足すると、味覚障害の原因となるもの
- (7) 宇宙で最も多く存在する元素

●元素の分類

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	H																	He
	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
アルカリ金属 →	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
	Cs	Ba	La ~Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
	Fr	Ra	Ac ~Lr															
			↑ ハロゲン															
			↑ アルカリ土類金属															
	↑ 貴ガス																	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La ~Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac ~Lr															

非金属元素

金属元素

○両性元素(Al, Zn, Sn, Pb)

金属元素と非金属元素の境界付近に存在する元素を両性元素という。

両性元素は金属と非金属の両方の性質を示す。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H																	He
Li	Be	← 典型元素 →										B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La ~Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac ~Lr	↙ 遷移元素														

○典型元素：族番号とともに価電子数が周期的に変わり、化学的性質も周期的に変わる。

$$(\text{典型元素の価電子数}) = (\text{周期表の族番号(の下1桁)})$$

ただし貴ガスは除く

○遷移元素：遷移元素の最外殻電子数は族番号によらず 2(または 1)であるため、同一周期で隣り合っている元素どうしはよく似た性質を示す。

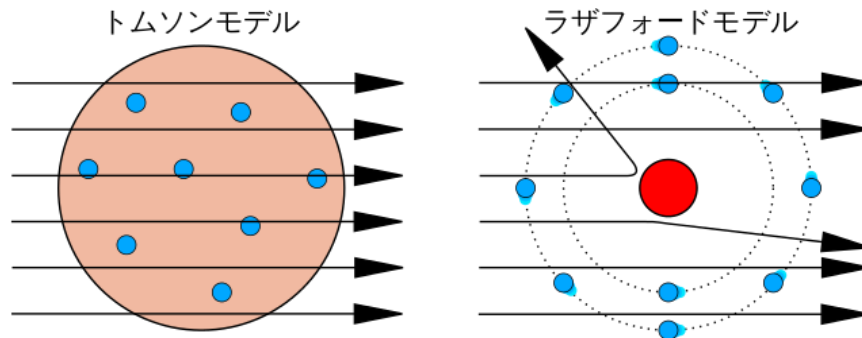
■物質の分類■

物質 $\left\{ \begin{array}{l} \text{純物質} \left\{ \begin{array}{l} \text{単体} \\ \text{化合物} \end{array} \right. \\ \text{混合物} \cdots \text{純物質がただ混ざり合ったもの.} \end{array} \right.$

<例>海水 (NaCl, H₂O など), 空気 (N₂, O₂ など), 石油, 牛乳など

＜ラザフォードの実験＞

それまで考えられていた原子モデル（トムソンのブドウパン型モデル）では、ぼんやりと分布する正電荷の中に電子が分布していると考えられた。もし原子がこのモデル通りなら、入射した α 粒子（陽子2個と中性子2個のかたまり）は直進するか、わずかに方向が変化するだけである。しかし、ラザフォードの実験によると、約8000個の α 粒子のうち1つの軌道が90度以上それる後方散乱であった。この実験によって、原子内の正電荷がごく小さい領域に集中している（ラザフォードの原子モデル）、つまり原子核が存在すると推論できた。また、ラザフォードは散乱角などの実験結果を詳細に分析することにより、跳ね返す物体（原子核）の大きさと重さを計算した。

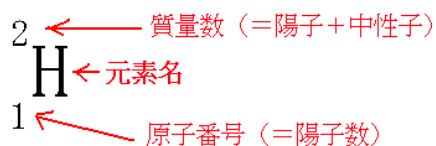


■原子の構造■

原子は直径 10^{-10}m 程度の粒子で、原子核と電子からできている。

(原子核は直径 $10^{-15}\sim 10^{-14}\text{m}$ 程度)

粒子		電荷	質量比
原子核	陽子	1+	1
	中性子	0	1
電子		1-	約 1/1840

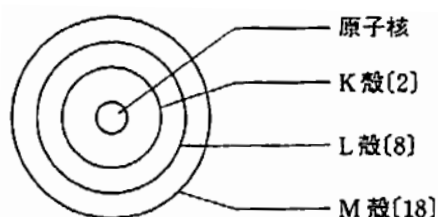


原子番号：原子核中の陽子の数はそれぞれの元素に固有のもので、陽子の数が変われば

元素が変わる。原子番号 = 陽子の数 = (電子の数)

質量数：原子核中の陽子の数 + 中性子の数

電子殻：原子内では、原子核のまわりを原子番号に等しい数の電子が高速でまわっている。これらの電子は、一定個数がグループをつくり、原子核のまわりをいくつかの軌道に分かれて運動している。この軌道の集まりを電子殻という。



電子殻は原子核に近いものから順に

K 殻, L 殻, M 殻, N 殻, …とよばれる。各電子殻に収容できる電子の最大数は、K 殻から順に 2, 8, 18, 32 個, …と決まっている。一般に、内側から n 番目の電子殻には最大 $2n^2$ 個の電子が収容される。

電子配置：①電子は、原則として内側の電子殻から外側の電子殻へと配置されていく。

②電子は、各電子殻の最大収容数を超えて配置されない。

各電子殻が最大数の電子で満たされた状態を**閉殻**といい、このとき原子は非常に安定な状態となる。

周期 \ 族	1	2	13	14	15	16	17	18
1	^1_1H							^2_2He
2	^3_3Li	^4_4Be	^5_5B	^6_6C	^7_7N	^8_8O	^9_9F	$^{10}_{10}\text{Ne}$
3	$^{11}_{11}\text{Na}$	$^{12}_{12}\text{Mg}$	$^{13}_{13}\text{Al}$	$^{14}_{14}\text{Si}$	$^{15}_{15}\text{P}$	$^{16}_{16}\text{S}$	$^{17}_{17}\text{Cl}$	$^{18}_{18}\text{Ar}$
価電子の数	1	2	3	4	5	6	7	0

価電子：原子の最外殻電子の 1～7 個の電子を価電子という。価電子数は、
18 族(希ガス)以外は最外殻電子数に等しく、18 族(希ガス)の価電子数は 0
である。

原子	原子番号	電子殻			
		K	L	M	N
He	2	②			
Ne	10	2	⑧		
Ar	18	2	8	⑧	
Kr	36	2	8	18	⑧

Ar では M 殻(定員 18 個)に 8 個の電子が入った状態となる。このとき、8 個の電子はすべて対をつくって安定化しており、この状態は閉殻と同じように安定で、この状態をオクテットであるという。

※原子の化学的性質は価電子によって決まる。

●電子軌道(オービタル)

K 殻以外の電子殻は、それぞれ少しずつエネルギー順位の異なるいくつかの電子軌道(オービタル)に分かれていることが分かった。オービタルはその形状によって、s 軌道、p 軌道、d 軌道、f 軌道、…と区別されている。

s 軌道…球状の軌道で、原子核からの広がり、 $1s < 2s < 3s < 4s < \dots$ の順になる。

p 軌道…亜鈴型の軌道で、形は等しく方向性の異なる 3 つの軌道からなる。

d 軌道…形と方向性の異なる 5 つの軌道からなる。

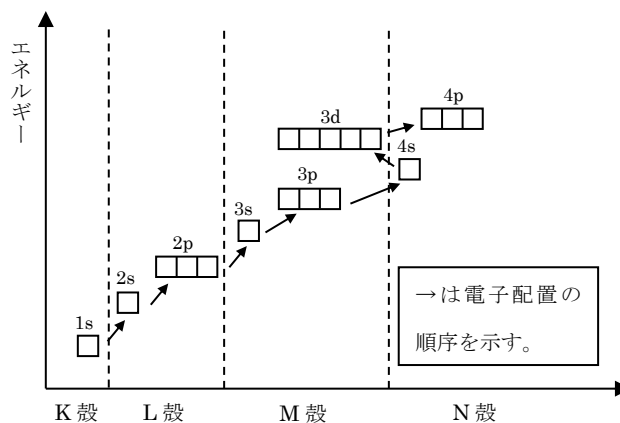
f 軌道…形と方向性の異なる 7 つの軌道からなる。

K 殻($n=1$)…s 軌道のみ (1s)

L 殻($n=2$)…s 軌道と p 軌道 (2s, 2p)

M 殻($n=3$)…s 軌道と p 軌道と d 軌道 (3s, 3p, 3d)

N 殻($n=4$)…s 軌道と p 軌道と d 軌道と f 軌道 (4s, 4p, 4d, 4f)



■同位体(アイソトープ)■

原子番号つまり陽子数は同じだが，中性子数が異なる原子同士。



同位体は質量が異なるだけで同じ元素であり，化学的性質はほぼ同じ。天然の多くの元素には同位体が存在し，各元素の同位体の存在比はほぼ一定である。

なお，放射能をもち放射線を放つ同位体を，特に放射性同位体(ラジオアイソトープ)といい， ${}^3\text{H}$ ， ${}^{14}\text{C}$ ， ${}^{235}\text{U}$ などがある。これに対し，放射線を出さない安定な同位体を安定同位体という。

<例題>

炭素の同位体には ${}^{12}\text{C}$: 98.9 %， ${}^{13}\text{C}$: 1.1 %， ${}^{14}\text{C}$: 微量があり，この質量数の平均値を原子量という。炭素の原子量を求めよ。

■同素体■

同じ元素から成る性質や構造の異なる単体が 2 種類以上存在するとき，これらを同素体であるという。

S・・・斜方硫黄・単斜硫黄・ゴム状硫黄

C・・・ダイヤモンド・フラーレン・グラファイト(黒鉛)

O・・・酸素・オゾン

P・・・赤リン・黄リン

■炎色反応■

励起状態にある電子が基底状態に移行する際に，そのエネルギー差に対応する光を放出する。これは可視光とは限らない。

Li	Na	K	Cu	Ca	Sr	Ba
赤	黄	紫	緑	橙	紅	黄緑

■ 問題 ■

2 次の問いに答えよ。

- (1) 陽子の質量は電子の質量の何倍か。
- (2) 周期表はだいたい原子量の小さいものから順に並んでいるが、アルゴンとカリウムでは入れ替わっている。その理由を答えよ。
- (3) 周期表の横並び(1～7 行)、縦並び(1～18 列)をそれぞれ何というか。
- (4) 縦並びの① 1 列目の 2 行目以降、② 2 列目、③ 3 列目(4～6 行目)、④ 17 列目、⑤ 18 列目、及び⑥ 8～10 列目で 5, 6 行目 の名称をそれぞれ答えよ。
- (5) 単一の元素からなる純物質の総称は何か。また、ほとんどの元素名はそれらの物質名になるが、一つだけ物質名にならない元素がある。その元素名を答えよ。
- (6) 単一の同じ元素でできていながら性質の違う物質同士を何というか。また、このようなものをもつ元素を 4 つ、元素記号で答えよ。
- (7) 2 種類以上の元素からなる純物質の総称を答えよ。
- (8) 2 種類以上の純物質が混ざったものを何というか。また、そのうち、均一に混ざった液体状態のものを何というか。
- (9) 次のものの名称と炎色反応の色を答えよ。
① Li ② Ba ③ 陽子が 20 個
- (10) 次の各元素の名称と、その原子の電子配置を記せ。(例：X(1)Y(9))
① 原子番号が 9 ② K ③ Mn

【イオン】

■イオン式■

〔単原子〕 原子番号の最も近い希ガスの電子配置になる。

陽イオン（元素名＋イオン）：原子が、電子を失って正電荷をもったもの。

＜例＞ $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$ $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$ $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$

陰イオン（～化物イオン）：原子が、電子を得て負電荷をもったもの。

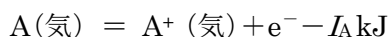
＜例＞ $\text{F} + \text{e}^- \rightarrow \text{F}^-$ $\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{O}^{2-}$

多原子：分子から電子を除いたもの（ NH_4^+ だけ NH_3 に H^+ が配位結合）

＜例＞ OH^- NO_3^- SO_4^{2-} CO_3^{2-} PO_4^{3-} CH_3COO^- NH_4^+

■イオン化エネルギー■

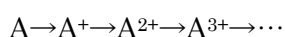
第1イオン化エネルギー：原子（気体）から電子を引き離して1価の陽イオン（気体）にするのに必要な（最小の）エネルギー



これは原子の“自らの電子に対する引きつけ度合い”を示す。

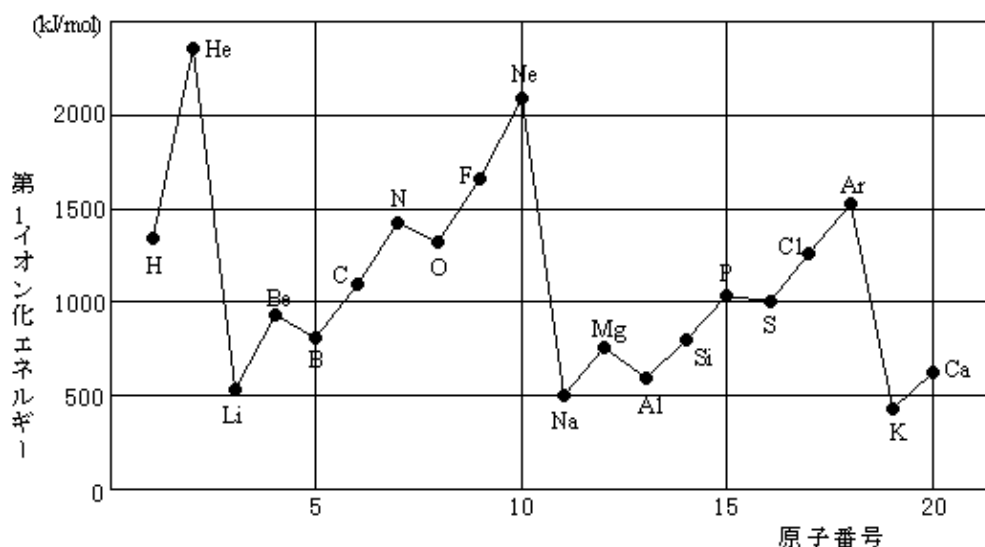
つまり、陽イオンになりにくさを示している。

※第 n イオン化エネルギー



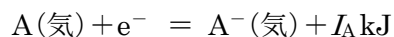
と次々と電子を引き離していくときの各段階に必要なエネルギーを第 n イオン化エネルギーという。

一般に閉殻構造の電子配置を引き離すとき、第 n イオン化エネルギーは急激に増加する。



■電子親和力■

(第1)電子親和力:原子(気体)が電子を得て1価の陰イオン(気体)になるときに放出されるエネルギー



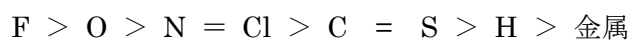
これは、原子の“他原子の電子に対する引きつけ度合い”を示し、17族は特に電子親和力が大きく、陰イオンになりやすい。

cf. 電気陰性度

原子が結合状態で、結合に関与している共有電子対を各原子が引き寄せ、自らを電氣的に陰性にしようとする強さの尺度。

イオン化エネルギーと電子親和力の和が大きいほど大きい。

周期表の右上の元素ほど電気陰性度が大きい。(18族は結合しにくいので値を定義しない)



■原子半径とイオン半径■

原子半径 ① 同一周期では原子番号とともに減少 } ※周期表で左下へ
 ② 同族元素では原子番号とともに増大 } 行くほど大きい

イオン半径 ① 一般に陽イオンはその原子半径より小さく、陰イオンは大きい
 ② 同族の同じ価数のイオンでは、周期表で下のものほど半径は大きい。
 ③ 同じ電子配置のイオンでは、原子番号が大きいほど半径は小さい。
 (例) $Al^{3+} < Mg^{2+} < Na^+ < F^- < O^{2-}$

■問題■

1 (2008 神戸学院大)

次の記述(a)～(e)のうちから、下線を引いた部分が元素ではなく単体を指しているものを2つ選べ。

- (a) 鉄は、ヒトにとって必要不可欠な栄養素である。
- (b) 黄リンと赤リンは、リンの同素体である。
- (c) 塩素の酸化力は臭素の酸化力よりも強い。
- (d) アンモニアは窒素と水素から構成される。
- (e) ナトリウムは水と激しく反応するので石油の中で保存する。

2

原子に関する次の記述(1)～(5)のうちから、正しいものを一つ選べ。

- (1) 原子の大きさは、原子核の大きさにほぼ等しい。
- (2) 自然界に存在するすべての原子の原子核は、陽子と中性子からできている。
- (3) 陽子の数と電子の数の和が、その原子の質量数である。
- (4) 中性子の数が等しく、陽子の数が異なる原子どうしを、たがいに同素体という。
- (5) 原子核のまわりの電子の数が原子番号と異なる粒子も存在し、そのような粒子をイオンとよぶ。

3

- (1) 次の空欄を埋めよ。

元素名	原子	原子番号	質量数	陽子の数	中性子の数	電子の数	価電子の数
	^{19}F						
				19	20		

- (2) 水酸化物イオン OH^- 1個に含まれている電子の総数は何個か。(2008 湘南工科大)
- (3) 自然界に存在する水素原子は主に、 ^1H 、 ^2H からなり、酸素原子は、 ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O からなる。次の(ア)～(カ)の水分子のうち、中性子の総数が同じものの組合せを、2組選べ。(2008 神戸大学院)
- (ア) $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ (イ) $^1\text{H}^2\text{H}^{18}\text{O}$ (ウ) $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$ (エ) $^1\text{H}_2^{17}\text{O}$ (オ) $^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$ (カ) $^1\text{H}^2\text{H}^{17}\text{O}$

4 (2009 星薬大)

次の記述のうち、正しいものを選べ。

- (ア) 電子親和力の値は、一価の陰イオンから電子 1 個を取り去るのに必要なエネルギーの値に等しい。
- (イ) 第 2 周期の原子のうち、イオン化エネルギーが最も大きいものはフッ素である。
- (ウ) 電子親和力が小さい原子ほど、陰イオンになりやすい。
- (エ) イオン化エネルギーが大きい原子ほど、陽イオンになりやすい。
- (オ) アルカリ金属原子のうち、イオン化エネルギーが最も大きいものはリチウムである。

5 (自治医科大)

次の記述のうち、正しいものを選べ。

- (ア) 原子をイオンにするために必要なエネルギーをイオン化エネルギーという。
- (イ) アンモニウムイオン NH_4^+ には、全部で 11 個の電子が存在する。
- (ウ) ナトリウム Na では、第一イオン化エネルギーより第二イオン化エネルギーの方が大きい。
- (エ) ナトリウムイオン Na^+ とフッ化物イオン F^- では、 Na^+ の方が大きい。
- (オ) ナトリウムイオン Na^+ とカリウムイオン K^+ では、 K^+ の方が大きい。

【化学結合】

■電子式■

原子中の価電子は、2個で対になったとき安定になる。このように逆向きのスピンをもつ2個の価電子が対になったものを電子対、対にならずに単独で存在する価電子を不対電子という。

電子式…元素記号の周囲に、最外殻電子を点・で表した式。

※元素記号の周りに最外殻電子を4方向にできるだけ対を作らず配置して書く。

■結合の種類■

原子間の相互作用：金属結合，イオン結合，共有結合，（配位結合）

分子間の相互作用：ファンデルワールス力，極性引力，水素結合

分子間力

■イオン結合■

陽イオンと陰イオンとの間に働く静電気力による結合。

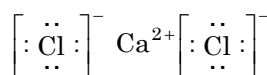
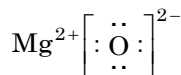
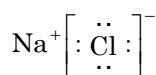
（金属と非金属による結合。例外： NH_4^+ ）

○電子式

<例> 塩化ナトリウム

酸化マグネシウム

塩化カルシウム



○電離：物質がイオンに分かれること。

水溶液中で電離する物質を**電解質**，電離しない物質を**非電解質**という。

■イオン結晶■

イオン結合による結晶。多数の陽イオンと陰イオンが規則正しく配列して固体になっている。

融点・沸点：クーロン力がかなり強いので，かなり高い。

（※価数が大きく，イオン半径が小さいほど，融点は高くなる。）

機械的性質：硬い。強い外力により簡単に割れる（配列がずれると反発力が働くから）。

電導性：固体ではイオンの位置が固定されており電導性なし。

融解液や水溶液ではイオンが動けるようになり，電導性あり。

水への溶解度：多くは水に溶けやすい。 AgCl ， BaSO_4 ， CaCO_3 は溶けにくい。

化学式：組成式で表す。

■共有結合■

2 個の原子がそれぞれ不対電子を 1 個ずつ出し合って電子対をつくり，この電子対が 2 個の原子に共有されることによってできる結合。

共有電子対：2 個の原子に共有されている電子対。

非共有電子対：共有結合に関与しない電子対。

○結合の種類

単結合：1 組の共有電子対による共有結合（例：水素分子 H_2 ）

二重結合：2 組の共有電子対による共有結合（例：酸素分子 O_2 ）

三重結合：3 組の共有電子対による共有結合（例：窒素分子 N_2 ）

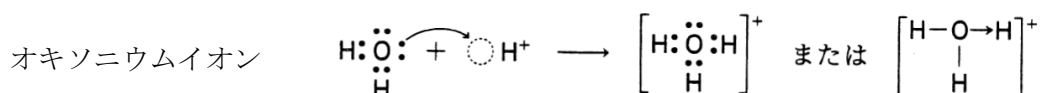
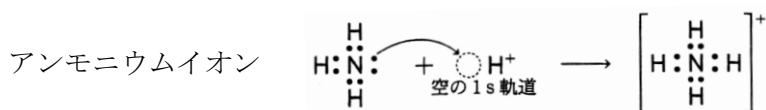
○構造式

1 組の共有電子対の代わりに，価標とよばれる 1 本の線分を使って，分子中の原子間の共有結合のようすを表した化学式。（構造式では，非共有電子対は省略）

非金属原子がいくつか共有結合したもの→分子（希ガス：単原子分子）

■配位結合■

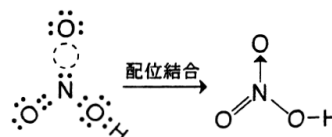
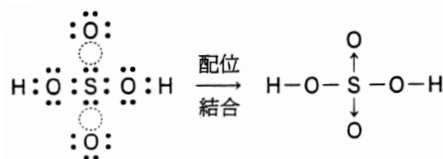
一方の原子からの非共有電子対が、他方の原子からはそれを受け入れる空軌道が提供されてできる共有結合。配位結合は結合のできるしくみが異なるだけで、できた結合はふつうの共有結合とは全く変わらない。



※オキソ酸の分子中

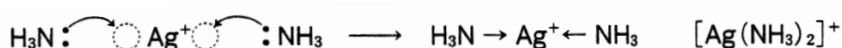
・硫酸

・硝酸



※錯イオン：非共有電子対をもつ分子、イオンが金属イオンに配位結合したもの。

<例>



$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$,

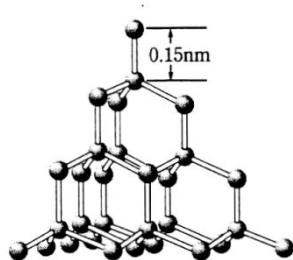
$[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ など

■共有結合の結晶■

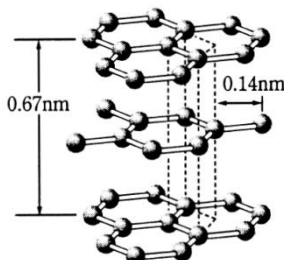
全体が共有結合だけでできた結晶。cf. 分子結晶

<例>

C(ダイヤモンド, グラファイト(黒鉛)), Si(ケイ素), SiO_2 (二酸化ケイ素), SiC(炭化ケイ素)



ダイヤモンドの構造



グラファイト(黒鉛)の構造

融点・沸点：共有結合が非常に強いので、非常に高い。

機械的性質：極めて硬い。(黒鉛のみ薄くはがれやすく、軟らかい。)

電導性：電導性なし。(黒鉛のみ電導性あり。)

水への溶解度：溶けない。

化学式：組成式で表す。

■ファンデルワールス力■

極性、無極性を問わず、すべての分子間に働く弱い引力。

・分子量	大	$\longleftrightarrow$	小
・分子の枝分かれ	少	$\longleftrightarrow$	多
[ファンデルワールス力]	強	$\longleftrightarrow$	弱
[沸点・融点]	高	$\longleftrightarrow$	低

■分子の形■

○正四面体ベース

正四面体形	三角錐形	折れ線型
CH ₄ , CCl ₄	NH ₃ , PH ₃	H ₂ O, H ₂ S

○正三角形ベース・直線ベース

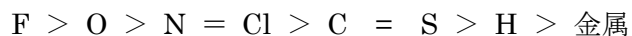
正三角形	折れ線型	直線型
BH ₃ , HCHO	SO ₂ , O ₃	BeF ₂ , BeCl ₂

■電気陰性度■

原子が結合状態で、結合に関与している共有電子対を各原子が引き寄せ、自らを電氣的に陰性にしようとする強さの尺度。

イオン化エネルギーと電子親和力の和が大きいほど大きい。

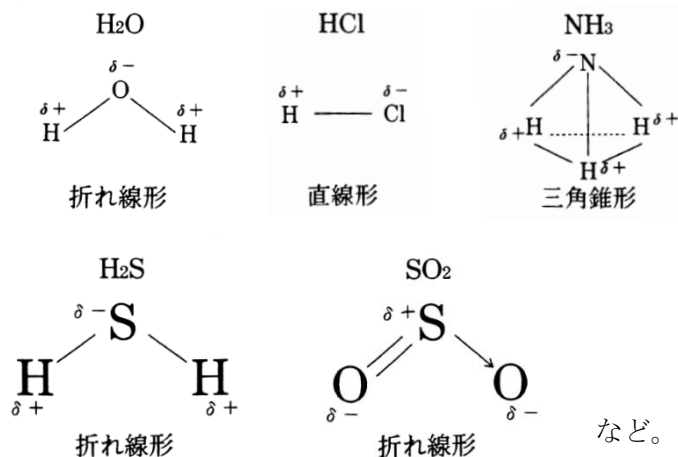
周期表の右上の元素ほど電気陰性度が大きい。(18 族は結合しにくいので値を定義しない)



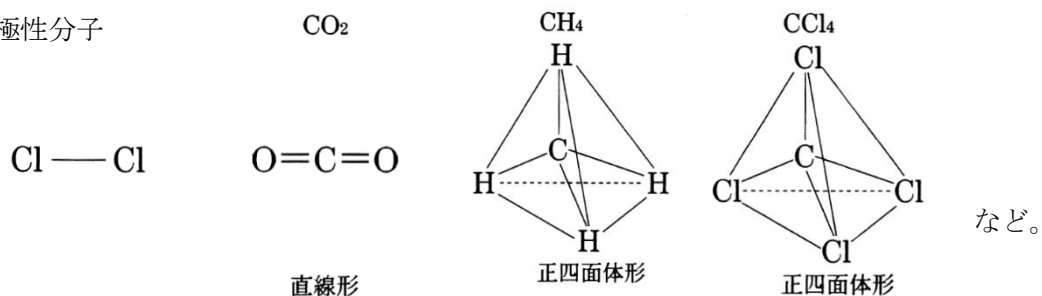
■結合の極性■

電気陰性度の異なる原子が共有結合すると、電気陰性度の大きい原子のほうが小さい原子より共有電子対をより強く引きつけるため、原子間に電荷のかたよりを生じる。このような電荷のかたよりを極性という。また、結合に極性があっても、その極性が互いに打ち消しあって、分子全体としては無極性分子になることもある。分子全体としての極性の有無は、正電荷の重心と負電荷の重心が一致するかどうかを調べる。

○極性分子



○無極性分子

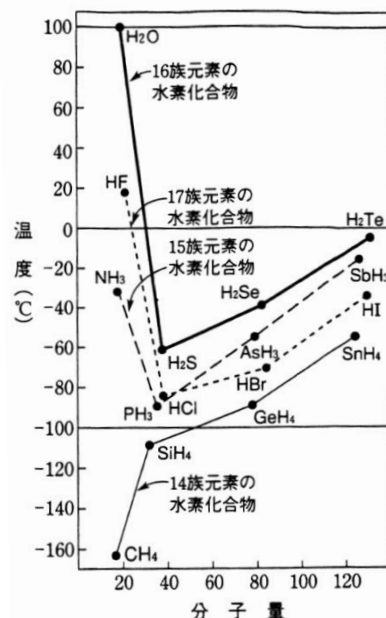
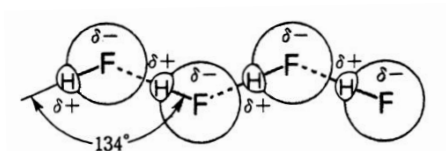


○極性引力

極性分子の間には、分子の極性に基づく静電気力がはたらく。この力を極性引力という。

■水素結合■

電気陰性度が非常に大きい F, O, N 原子に直接結合し、正に帯電した水素原子と、他の分子または分子内の負に帯電した F, O, N 原子間にはたらく静電気力に基づく弱い結合を水素結合という。



水素結合の強さは、化学結合（共有結合，イオン結合，金属結合）に比べるとずっと弱い，ファンデルワールス力よりは強い。したがって，水素結合を形成している物質は，水素結合を形成しない同程度の分子量をもつ分子性物質に比べて，融点や沸点および蒸発熱も異常に大きい。

○氷…1 個の水分子と他の 4 個の水分子との水素結合による正四面体構造

ほとんどの物質では，融解に際して粒子 1 個あたりの運動空間が広がって体積が増加（密度が減少）するが，水は 4℃で最大密度（体積最小）を示す。

- ① 融解の際，水素結合の一部が切断されるため，結晶中のすき間を埋めるように，自由になった水分子が入り込む。そこで急激に体積が減少（密度が増加）する。
- ②(i) 0℃を過ぎても液体の水の中には部分的な氷の構造（クラスター構造）が残っているため，温度を上げるとこの構造がこわれて体積はさらに減少する。
- (ii) 温度が上がると水分子の熱運動が激しくなり，1 分子の占める運動空間が大きくなり，体積は増加（密度は減少）する。

4℃以下では(i)の効果>(ii)の効果，(i)の効果<(ii)の効果となるため，4℃で密度最大となる。

○分子の沸点

ファンデルワールス力がほぼ同じ場合(主に分子量が同じ場合)の沸点の高さ

水素結合のある分子>極性分子>極性が打ち消されて無極性分子になった>無極性分子
(H₂O, HF, NH₃ など) (HCl など) (CO₂, CCl₄ など) (H₂, Ar など)

■分子結晶■

いくつかの非金属原子が共有結合により結合して分子になり、その分子がさらに分子間力によって多数結合して固体になったもの。

＜例＞ドライアイス CO_2 ，ナフタレン C_{10}H_8 ，ヨウ素 I_2 など

融点・沸点　：分子間力が弱いので低い。昇華しやすいものが多い。

機械的性質　：軟らかくてもろい。

電導性　　　：電導性なし。

水への溶解度：溶けにくい。

化学式　　　：分子式

■金属結合■

金属において、荷電子は原子核の束縛から解放されており、互いにつながった電子殻に入り、特定の金属原子に固定されることなく、金属全体を動き回ることが出来る。

このような電子を自由電子という。すなわち、自由電子は、正の電荷をおびた金属原子のまわりを動き回ることによって、ばらばらになろうとする多数の金属原子を結ぶつける働きをしている。

これを金属結合という。金属結合は共有結合ほど強くないが、1原子あたりの自由電子の数が多いほど、金属結合は強くなる。

■金属結晶■

融点・沸点：典型元素－多様(アルカリ金属，Hgなどは低い)，遷移元素－かなり高い

機械的性質：展性(二次元的)　　 $\text{Au} > \text{Ag} > \text{Pt} > \dots$ ，

延性(一次的)　　 $\text{Au} > \text{Ag} > \text{Cu} > \dots$

(例外 Hg は液体)

伝導性　　　：よく導くが、高温になるほど金属原子の熱運動が激しくなり、自由電子が結晶中を通過しにくくなり電気抵抗が大きくなる。

水への溶解：溶けない。

化学式　　　：組成式

【化学式】

分子式—分子の場合

組成式—イオンや金属, B, C, Si, P, S などの場合 (元素記号そのもの)

○いろいろな化学式

・名称のルール

化学式(i) 陽イオン→陰イオンの順に並べる

(ii) 複数の陽イオンや陰イオンを含む場合: アルファベット順

<例> $\text{Al} \cdot \text{K}(\text{SO}_4)_2$, $\text{MgCl}(\text{OH})$ など

(iii) アルファベットが同じ場合: 単原子イオン→多原子イオンの順

<例> $\text{MgO}(\text{OH})$

名称 (i) 陰イオン + 化 + 陽イオン

(ii) 複数の陽イオンを含む場合: 陰イオンに近い順

<例> $\text{Al} \cdot \text{K}(\text{SO}_4)_2$: 硫酸カリウムアルミニウム

(iii) 複数の陰イオンを含む場合: 陽イオンに近い順

<例> $\text{MgCl}(\text{OH})$: 塩化水酸化マグネシウム

(iv) 複数の価数をもつ金属イオンの場合: 名称の後に括弧+ローマ数字

<例> FeSO_4 : 硫酸鉄(II)

① イオンの名称

F^- フッ化物イオン

Cl^- 塩化物イオン

Br^- 臭化物イオン

I^- ヨウ化物イオン

OH^- 水酸化物イオン

CN^- シアン化物イオン

O^{2-} 酸化物イオン

S^{2-} 硫化物イオン

C_2^{2-} 炭化物イオン

N^{3-} 窒化物イオン

NO_3^- 硝酸イオン

SO_4^{2-} 硫酸イオン

HSO_4^- 硫酸水素イオン

SO_3^{2-} 亜硫酸イオン

CO_3^{2-} 炭酸イオン

HCO_3^- 炭酸水素イオン

PO_4^{3-} リン酸イオン

CH_3COO^- 酢酸イオン

ClO^- 次亜塩素酸イオン

ClO_2^- 亜塩素酸イオン

ClO_3^- 塩素酸イオン

ClO_4^- 過塩素酸イオン

$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ シュウ酸イオン

$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ チオ硫酸イオン

CrO_4^{2-} クロム酸イオン

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 二クロム酸イオン

SCN^- チオシアン酸イオン

MnO_4^- 過マンガン酸イオン

② 陽イオンと陰イオンによる組成式(水素イオンは参考)

化学式 について	OH ⁻ 水酸化物 イオン	O ²⁻ 酸化物 イオン	Cl ⁻ 塩化物 イオン	S ²⁻ 硫化物 イオン	NO ₃ ⁻ 硝酸 イオン	CO ₃ ²⁻ 炭酸 イオン	SO ₄ ²⁻ 硫酸 イオン	PO ₄ ³⁻ リン酸 イオン
H ⁺ 水素イオン (共有結合)	H ₂ O 水	H ₂ O 水	HCl 塩酸	H ₂ S 硫化水素	HNO ₃ 硝酸	H ₂ CO ₃ 炭酸	H ₂ SO ₄ 硫酸	H ₃ PO ₄ リン酸
NH ₄ ⁺ アンモニウム イオン			NH ₄ Cl 塩化アンモ ニウム	(NH ₄) ₂ S 硫化アンモ ニウム	NH ₄ NO ₃ 硝酸アンモ ニウム	(NH ₄) ₂ CO ₃ 炭酸アンモ ニウム	(NH ₄) ₂ SO ₄ 硫酸アンモ ニウム	(NH ₄) ₃ PO ₄ リン酸アン モニウム
Na ⁺ ナトリウム イオン	NaOH 水酸化ナトリ ウム	Na ₂ O 酸化ナトリ ウム	NaCl 塩化ナトリ ウム	Na ₂ S 硫化ナトリ ウム	NaNO ₃ 硝酸ナトリ ウム	Na ₂ CO ₃ 炭酸ナトリ ウム	Na ₂ SO ₄ 硫酸ナトリ ウム	Na ₃ PO ₄ リン酸ナト リウム
Ca ²⁺ カルシウム イオン	Ca(OH) ₂ 水酸化カルシ ウム	CaO 酸化カルシ ウム	CaCl ₂ 塩化カルシ ウム	CaS 硫化カルシ ウム	Ca(NO ₃) ₂ 硝酸カルシ ウム	CaCO ₃ 炭酸カルシ ウム	CaSO ₄ 硫酸カルシ ウム	Ca ₃ (PO ₄) ₂ リン酸カル シウム
Cu ²⁺ 銅(II)イオン	Cu(OH) ₂ 水酸化銅(II)	CuO 酸化銅(II)	CuCl ₂ 塩化銅(II)	CuS 硫化銅(II)	Cu(NO ₃) ₂ 硝酸銅(II)		CuSO ₄ 硫酸銅(II)	Cu ₃ (PO ₄) ₂ リン酸銅(II)
Al ³⁺ アルミニウム イオン	Al(OH) ₃ 水酸化アルミ ニウム	Al ₂ O ₃ 酸化アルミ ニウム	AlCl ₃ 塩化アルミ ニウム	Al ₂ S ₃ 硫化アルミ ニウム	Al(NO ₃) ₃ 硝酸アルミ ニウム		Al ₂ (SO ₄) ₃ 硫酸アルミ ニウム	AlPO ₄ リン酸アル ミニウム

③ 非金属元素同士の化合物の名称

CO	一酸化炭素	CO ₂	二酸化炭素
CCl ₄	四塩化炭素	NO	一酸化窒素
NO ₂	二酸化窒素	N ₂ O	一酸化二窒素
N ₂ O ₃	三酸化二窒素	N ₂ O ₄	四酸化二窒素
N ₂ O ₅	五酸化二窒素		
SO ₂	二酸化硫黄	SO ₃	三酸化硫黄
CS ₂	二硫化炭素		
PCl ₃	三塩化リン	PCl ₅	五塩化リン
P ₂ O ₅	五酸化(二)リン (十酸化四リン)		
H ₂ O ₂	過酸化水素	NaH	水素化ナトリウム

④ 遷移元素の価数

銀：1価(Ag ⁺)	コバルト：2価(Co ²⁺)	ニッケル：2価(Ni ²⁺)
バナジウム：5価(V ₂ O ₅ [五酸化バナジウム，酸化バナジウム(V)]しか出てこない)		
亜鉛：2価(Zn ²⁺)	カドミウム：2価(Cd ²⁺)	
Cu：Cu ⁺ ，Cu ²⁺	Fe：Fe ²⁺ ，Fe ³⁺	Sn：Sn ²⁺ ，Sn ⁴⁺
Pb：Pb ²⁺ ，Pb ⁴⁺	Hg：Hg ²⁺ ，Hg ²⁺ (1価の水銀は，その状態から特に <u>Hg₂²⁺</u> と書く)	
Mn：Mn ²⁺ ，Mn ⁴⁺ ，(Mn ⁷⁺)	cf. Mnには1価から7価まで総てある。	
Cr：Cr ³⁺ ，(Cr ⁶⁺)	cf. Crには1価から7価まで総てある。	

■問題■

1 (高知女子大)

次に示す化合物を，構造式および電子式で書き表せ。

- (ア) 水 (イ) アンモニア (ウ) 二酸化炭素 (エ) 窒素 (オ) 過酸化水素
(カ) 四塩化炭素

2 (金沢大)

結晶は粒子間の結合の仕方で 4 種類に大別される。

- (1) イオン結晶 (2) 共有結合の結晶 (3) 分子結晶 (4) 金属結晶

下の A 群にはそれぞれの結晶を構成する粒子の種類が，B 群にはその粒子間を結びつけている結合力の種類が，C 群には 4 種類の結晶の特徴的な性質が，D 群には各種の結晶の実例が示してある。各群より上の(1)～(4)に対応するものを選んで記号で答えよ。ただし D 群よりは 2 個ずつ選べ。

A 群 (ア) 原子 (イ) 分子 (ウ) 原子と自由電子 (エ) 陽イオンと陰イオン

B 群 (オ) 自由電子による結合 (カ) 静電的な引力 (キ) 電子対の共有による結合
(ク) ファンデルワールス力

C 群 (ケ) 極めて硬く，融点も高い。 (コ) 展・延性を有し，電気伝導性がよい。
(サ) 電気伝導性はないが，水溶液や融解状態では電気を伝導する。
(シ) 一般に軟らかく，融点が低い。昇華性を示すものもある。

D 群 (a) ヨウ素 (b) 塩化鉄(Ⅲ) (c) ナトリウム (d) 臭化カリウム
(e) クロム (f) 炭化ケイ素 (g) ドライアイス (h) ダイヤモンド

3 (日本医科大)

次の(ア)~(キ)の分子について、下の問いに記号で答えよ。

(ア) CH_4 (イ) CO_2 (ウ) N_2 (エ) NH_3 (オ) H_2O (カ) HF (キ) BF_3

- (1) (a) 二重結合をもつ分子を選べ。 (b) 三重結合をもつ分子を選べ。
- (2) (a) 無極性分子のうち非共有電子対が最も多い分子を選べ。
(b) 無極性分子のうち非共有電子対をもたない分子を選べ。
- (3) 分子間で水素結合を生成する分子を選べ。
- (4) 分子の形が (a) 正四面体形のものを選べ。 (b) 三角錐形のものを選べ。
(c) 正三角形のものを選べ。 (d) 折れ線形のものを選べ。

【化学の基本法則と化学反応式・物質質量】

○質量保存の法則…ラボアジエ（フランス）

「化学反応の前後において、物質の総質量は変化しない。」

○定比例の法則…プールのスト（フランス）

「ある化合物を構成する成分元素の質量比は、その製法の如何を問わず、常に一定である。」

(例)炭素を燃焼させてできる二酸化炭素も、動物の呼吸中に含まれる二酸化炭素も、炭素と酸素の質量比は 3 : 8 である。

○倍数比例の法則…ドルトン（イギリス）

「2 種類の元素 A と B が化合して、いくつかの異なる化合物を作るとき、一定質量の A と B の質量の間には、簡単な整数比が成り立つ。」

(例)一酸化炭素と二酸化炭素中の炭素と酸素の質量比は、それぞれ 3 : 4 と 3 : 8 である。したがって、一定質量の炭素と化合する酸素の質量比は、一酸化炭素と二酸化炭素では、それぞれちょうど 1 : 2 の関係にある。

○気体反応の法則…ゲーリュサック（フランス）

「気体どうしの反応では、反応に関する気体の体積の間には、同温・同圧のもとでは、簡単な整数比が成り立つ。」

(例)水素と酸素が反応して水蒸気を生じるとき、反応した水素と酸素および生成した水蒸気の体積比は、同温・同圧のもとでは 2 : 1 : 2 となる。

■化学反応式■

○物理変化と化学変化

物理変化：物質の種類が変化せず、その状態だけが変わる変化。(溶解, 融解, 蒸発など)

化学変化：ある物質がもとと異なる物質に変わる変化。

化学反応：化学変化の過程。

- 分解 : 1 つの物質から 2 種類以上の物質が生じる変化。
- 化合 : 2 種類以上の物質からそれらとは異なる 1 つの物質が生じる変化。
- 合成 : 簡単な物質から複雑な物質をつくること。

化学反応式：反応する物質（反応物）と反応してできた物質（生成物）との関係を、化学式を用いて表したもの。

●化学反応式のルール

ルール 1 : 反応する物質(反応物)を左辺に、反応して生じた物質(生成物)を右辺に書き、両辺を「→」で結ぶ。

2 : 反応する(生じる)物質の個数を、それぞれの物質の前に書く(係数)という。
係数は最も簡単な整数比で表し、係数が 1 になるときは省略する。

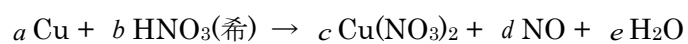
<問題>

【1】メタン CH_4 と酸素 O_2 が反応して、二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O が生成する化学反応式を書け。

【2】エタン C_2H_6 を完全燃焼させたときの化学反応式を書け。

【3】塩素酸カリウム KClO_3 に酸化マンガン(IV)を加えて熱すると、塩化カリウムと酸素に分解した。このときの化学反応式を書け。

【4】次の化学反応式の係数 $a \sim e$ を定めよ。



1 次の化学変化を表す化学反応式を書け。

- (1) カルシウムを水と反応させると、水酸化カルシウムと水素が生じる。

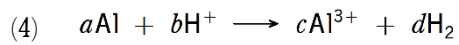
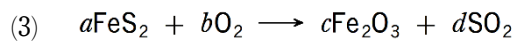
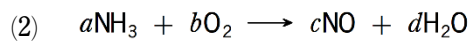
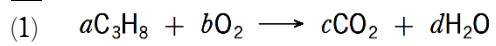
- (2) 水酸化カルシウム水溶液に二酸化炭素を通すと、炭酸カルシウムと水が生じる。

- (3) 炭酸カルシウムに塩酸を加えると、塩化カルシウムと二酸化炭素と水が生じる。

- (4) 酸化マンガン (IV) と塩酸が反応すると、塩化マンガン (II) と水と塩素が生じる。

- (5) 過酸化水素と硫化水素が反応すると、硫黄と水が生じる。

□2 次の化学反応式の係数 a , b , c , ……を求めよ。



●原子量・分子量・式量

○原子量

質量数 12 の炭素原子 ^{12}C を基準とし、その質量を 12 としたとき、他の原子の相対質量をその原子の原子量という。原子量は比較質量であるので、無名数である。

また、厳密には同位体の存在率を掛けてその荷重平均をとっている。

＜例＞ ^{35}Cl … 相対質量 35, 存在比 76%

^{37}Cl … 相対質量 37, 存在比 24%

$$\text{塩素の原子量は} \frac{35 \times 76 + 37 \times 24}{100} = 35.5$$

○分子量

分子式中の各原子の原子量の総和…無名数

○式量

化学式（組成式，イオン式等）中の各原子の原子量の総和…無名数

●物質質量

○アボガドロ定数 N : ^{12}C 原子 12g 中に含まれる ^{12}C 原子の数 6.02×10^{23} [mol^{-1}]

○物質質量: ^{12}C 原子 12g 中に含まれる ^{12}C 原子の数(アボガドロ数)を基準として, この数と等しい同一種類の粒子の集団を 1mol という。

$$\text{物質質量}[\text{mol}] = \frac{\text{粒子の個数}}{6.02 \times 10^{23} [\text{mol}^{-1}]}$$

○モル質量: 1mol 当たりの質量

つまり原子量・分子量・式量に g 単位をつけると, その物質の 1mol あたりの質量になる。

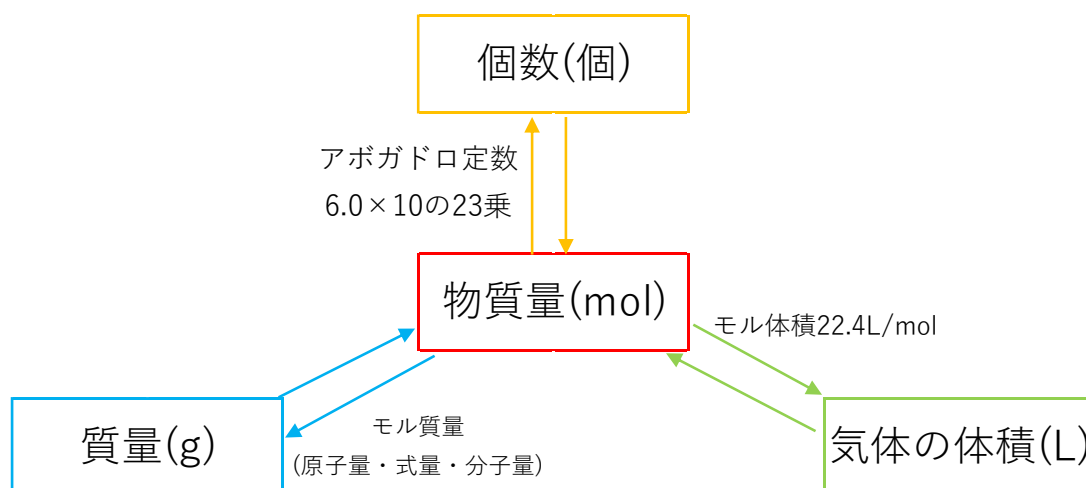
$$\text{物質質量}[\text{mol}] = \frac{\text{物質の質量} [\text{g}]}{\text{モル質量} [\text{g/mol}]}$$

○モル体積: 標準状態(0°C , 1atm)におけるすべての気体 1mol の体積は 22.4 l になる。

⇐アボガドロの法則「すべての気体は, 同温・同圧・同体積中に同数の分子を含む。」

$$\text{物質質量}[\text{mol}] = \frac{\text{標準状態の気体の体積} [\text{l}]}{22.4 [\text{l/mol}]}$$

$1\text{mol} = 6.02 \times 10^{23} \text{ 個} = \frac{\text{原子量}[\text{g}]}{\text{分子量}[\text{g}]} = \frac{22.4[\text{l}]}{\text{式量}[\text{g}]} \quad (\text{標準状態の気体の場合})$
--



■問題■

原子量 H=1.0, He=4.0, C=12, N=14, O=16, F=19, Na=23, Mg=24, Al=27, P=31, S=32, Cl=35.5, Ar=40, K=39, Ca=40, Fe=56, Cu=64, Zn=65, Ag=108, Ba=137, Pb=207, アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

<例題 1>

- (1) アンモニア 0.20mol は何 g か.
- (2) 標準状態のアンモニア 1.0L は何 g か.
- (3) 標準状態のアンモニア 5.6L 中にアンモニアの分子は何個含まれるか.

【1】物質や質量に関する問いに答えよ。ただし、気体の体積は標準状態のものとする。

- (1) 水素分子 0.5mol は分子何個か。 (2) 酸素原子 3.0×10^{22} 個は何 mol か。
- (3) 酸素分子 1.5mol は何 g か。 (4) 窒素分子 7.0g は何 mol か。
- (5) 窒素分子 0.30mol は何 l か。 (6) 水素 5.6L は何 mol か。
- (7) 二酸化炭素 2.2g 中の分子は何個か。 (8) ヘリウム 6.0g は何 l か。
- (9) 二酸化炭素 2.8l は何 g か。
- (10) 分子 1 個の質量が $7.0 \times 10^{-23} \text{ g}$ のとき、分子量はいくらか。
- (11) 次の物質を 1.0g とるとき、含まれる原子の数が最も多いのはどれか。
(ア) ナトリウム (イ) カルシウム (ウ) アルミニウム (エ) ヘリウム (オ) 鉄

<例題 2>

- (1) ^{12}C 1 個の質量は $2.0 \times 10^{-23}\text{g}$, ベリリウム原子 1 個の質量は $1.5 \times 10^{-23}\text{g}$ である。
ベリリウム原子の相対質量はいくらか。
- (2) 銅には ^{63}Cu が 69.2%, ^{65}Cu が 30.8% 含まれている。銅の原子量はいくらか。
- (3) 水素分子 H_2 1.5mol は分子何個か。
- (4) 酸素分子 O_2 0.3mol は何 g か。
- (5) 二酸化炭素 CO_2 5.6L (標準状態) は何 mol か。
- (6) 水分子 H_2O 1.0×10^{23} 個は何 g か。

【2】次の各問いに答えよ。

- (1) アルミニウム原子 ^{27}Al の相対質量は 27 である。アルミニウム原子 1 個の質量は、 ^{12}C 1 個の質量の何倍か。
- (2) 銀には ^{107}Ag と ^{109}Ag からなっており、銀の原子量は 107.9 である。
銀原子 1000 個中には ^{107}Ag が何個存在しているか。
- (3) メタノール CH_4O 3.2g は何 mol か。また、この中に含まれる水素原子の物質質量と質量は、それぞれいくらか。
- (4) グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 0.25mol は何 g か。また、グルコース中において炭素原子は質量で何%を占めるか。
- (5) 硝酸マグネシウム $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 0.50mol は何 g か。また、この中に含まれるマグネシウムイオン Mg^{2+} は何個か。
- (6) メタン分子 CH_4 0.25mol の質量および体積を、それぞれ求めよ。

<例題 3>

ある気体の標準状態での密度は 1.25g/L であった。この気体の分子量を求めよ。

【3】 次の問いに答えよ。

(1) 水素 H_2 840mL と酸素 O_2 1120mL を混合すると、質量は何 g になるか。

(2) ある気体の密度を測定すると、 1.34g/L であった。この気体は次のどれか。

(ア) 窒素 N_2 (イ) エタン C_2H_6 (ウ) 酸素 O_2 (エ) 硫化水素 H_2S

(3) 窒素と酸素の混合気体 5.6L 中には、何個の分子が存在するか。

(4) 体積で、水素が 80% 、酸素が 20% の混合気体がある。この混合気体の見かけの分子量を求めよ。

【溶液の濃度】

$$\bigcirc \text{質量パーセント濃度}[\%] = \frac{\text{溶質の質量}[\text{g}]}{\text{溶液の質量}[\text{g}]} \times 100 \%$$

$$\bigcirc (\text{容量})\text{モル濃度}[\text{mol/L}] = \frac{\text{溶質の物質量}[\text{mol}]}{\text{溶液の体積}[\text{L}]}$$

$$\bigcirc \text{質量モル濃度}[\text{mol/kg}] = \frac{\text{溶質の物質量}[\text{mol}]}{\text{溶媒の質量}[\text{kg}]}$$

$$\bigcirc \text{固体・液体の密度}[\text{g/cm}^3] = \frac{\text{質量}[\text{g}]}{\text{体積}[\text{cm}^3]}$$

○モル分率

$$\text{物質 A を含む混合物中の A のモル分率} = \frac{\text{A の物質量}[\text{mol}]}{\text{混合物の成分の物質量の総和}[\text{mol}]}$$

＜例題４＞次の各問いに答えよ。

- (１) 尿素 5.0g を水 45g に溶かした水溶液の質量パーセント濃度は何%か。
- (２) グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 9.0g を水に溶かして 200mL にした水溶液は何 mol/L か。
- (３) 0.25mol/L の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液 200mL 中には、NaOH は何 mol 含まれるか。また、NaOH の質量は何 g か。
- (４) 0.20mol/L 硫酸水溶液の質量パーセント濃度は何%か。ただし、水溶液の密度は 1.05g/cm^3 とする。
- (５) 10%硫酸水溶液を用いて、0.50mol/L の水溶液を 100mL つくりたい。10%硫酸水溶液が何 g 必要か。

【4】溶液の濃度について次の問いに答えよ。H=1, O=16, Na=23, K=39 とする。

- (1) 水酸化ナトリウム 0.10 mol を水 16 g に溶かした溶液の質量%濃度はいくらか。
- (2) 0.40 mol/L 塩化ナトリウム水溶液 25 mL 中の塩化ナトリウムは何 mol か。
- (3) 密度が 0.94g/mL で、質量パーセント濃度が 36%のエタノール水溶液のモル濃度はいくらか。
- (4) 質量モル濃度が 4.0mol/kg の水酸化カリウム水溶液 60g には、水酸化カリウムは何 g 含まれているか。また、この水溶液に水 40g を加えたら、密度が 1.17g/mL の水酸化カリウム水溶液となった。この水溶液のモル濃度はいくらか。
- (5) 標準状態で 470.4L のアンモニアをすべて、1.0L の水（水の密度は 1.0g/cm³ とする）に溶解させたら、溶液の密度は 0.90g/cm³であった。アンモニア水のモル濃度を求めよ。

【5】 次の①～④に適する式および数値を入れよ。単位も記入すること。

- (ア) 溶媒 $W[\text{g}]$ に溶質 $w[\text{g}]$ を溶かした溶液の質量%濃度は (①) である。
- (イ) 分子量 (または式量) M の溶質 $w[\text{g}]$ を溶媒を溶かして $v[\text{mL}]$ にした溶液のモル濃度は (②) である。
- (ウ) 分子量 (または式量) M の溶質の $a\%$ 溶液のモル濃度は、その溶液の密度を $d[\text{g/cm}^3]$ とすると、(③) となる。
- (エ) 市販の濃硫酸は濃度 98%, 密度 1.84 g/cm^3 である。この濃硫酸を水でうすめて 3.2 mol/L の希硫酸 500 mL をつくるには、(④) mL の濃硫酸が必要である。

【6】 0.100 mol/L のシュウ酸水溶液のつくり方として正しいものを、次の①～⑥から選べ。ただし、シュウ酸の結晶は $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ で表される。

- ① シュウ酸の結晶 9.00 g を 1000 mL の水に溶かす。
- ② シュウ酸の結晶 9.00 g を水に溶かして 1000 mL にする。
- ③ シュウ酸の結晶 9.00 g を 991.0 g の水に溶かす。
- ④ シュウ酸の結晶 12.6 g を 1000 mL の水に溶かす。
- ⑤ シュウ酸の結晶 12.6 g を水に溶かして 1000 mL にする。
- ⑥ シュウ酸の結晶 12.6 g を 987.4 g の水に溶かす。

【7】質量パーセント濃度が 98%の濃硫酸の密度は 1.8g/cm^3 である。次の問いに答えよ。

- (1) この濃硫酸のモル濃度は何 mol/L か。
- (2) 3.0mol/L の硫酸水溶液 100mL をつくるのに必要な濃硫酸の体積は何 mL か。
- (3) この濃硫酸を水で希釈して、質量パーセント濃度が 7.0%の硫酸水溶液を 700g 作りたい。希釈するときに必要な水の質量は何 g か。

(2006 年 大阪工業大)

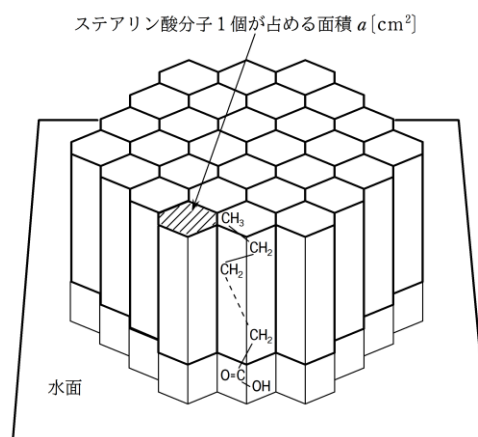
【8】(甲陽中 定期試験問題)

a 質量%で密度 $d \text{ g/cm}^3$ の溶液がある。溶媒 A の分子量を M_A 、溶質 B の分子量を M_B として、次の各問いに答えよ。

- (1) この溶液のモル濃度を求めよ。
- (2) この溶液の質量モル濃度を求めよ。
- (3) モル濃度と質量モル濃度が近似的に等しくなるのは、実際にどのような溶液か。
- (4) この溶液の溶質 B のモル分率 X_B を求めよ。
- (5) a の値を小さくしていくと、溶質 B のモル分率は、質量%濃度、モル濃度、質量モル濃度のどれかと比例関係に近づく。該当する濃度を記せ。また、その濃度を C と表したとき、 $X_B = kC$ となる比例定数 k を記せ (単位不要)。

■発展問題■

- 【1】分子量 M のステアリン酸 w [g] を有機溶媒に溶かし、全体積を 100mL にした。
 この溶液 v [mL] を静かに水面に滴下し、溶媒を蒸発させて単分子膜を形成させた。
 面積を測定すると、 S [cm²] であった。
- (1) 単分子膜を形成したステアリン酸の物質量は何 mol か。
 - (2) ステアリン酸分子の断面積が a [cm²] のとき、単分子膜中の分子数は何個か。
 - (3) この実験から求められるアボガドロ定数 N_A を、 M , S , S_0 , w , v を用いて表せ。
 - (4) $M=284$, $S=560$ [cm²], $a=2.2 \times 10^{-15}$ [cm²], $w=0.020$ [g], $v=0.60$ [mL] のとき
 アボガドロ定数 N_A の値を求めよ。



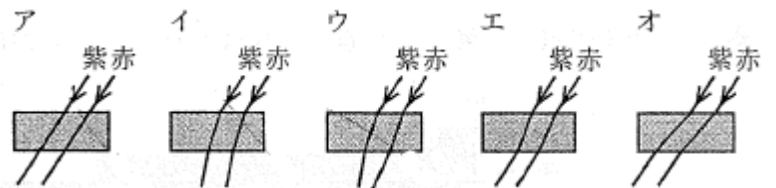
物理編

- 1 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

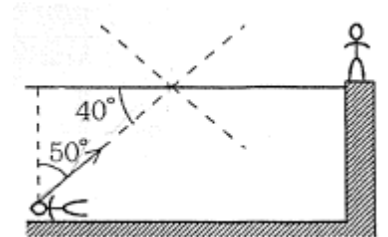
コップの水にストローをさすと、水中に入った部分が折れ曲がって見える。これは光が一樣な媒質中では直進するが、異なる媒質との境界で屈折するためにおこる。屈折は、光の①が媒質によって異なることが原因となっている。光が水中から空気との境界にさしかかるとき、境界面への入射角が②より大きいと、光は空気中には伝わらない。このとき③がおこっている。光が水と空気の境界に入射するとき、屈折率は光の④によって異なる。雨上がりに虹が現れるのはこのためである。

- (1) 文中の空欄に適する語句を埋めよ。

- (2) 図のように赤色と紫色の2本の平行光線を平板ガラスに入射させた。ガラス板を通ったあとの光線の経路を示した図として正しいものを、次から選べ。



- (3) 光が水中から空気中との境界にさしかかるときの②は約 49° である。では、右図のようにプールの底に潜って、矢印の方向を見たとき、何が見えるか。また、見る角度を変えるとプールサイドに立つ人を見ることはできるか。



- (4) ③を利用しており、日本とアメリカをつなぐ通信ケーブルに使われているものは何か。

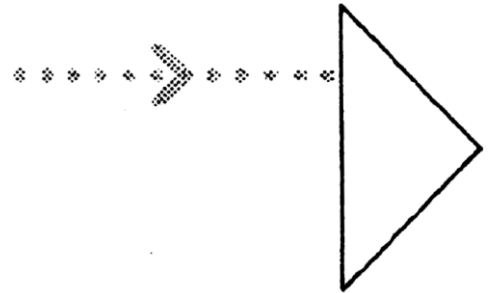
2

- (1) 以下の(ア)～(カ)のケースについて、光の進路を図に描きなさい。ただし、
 (イ)、(オ)ではガラスは直角二等辺三角形、(ウ)、(カ)ではガラスは正三角形
 である。各図においてガラスに対する光の入射角は、(ア)では20度、
 (イ)、(ウ)では0度、(エ)(オ)では45度、(カ)では30度である。

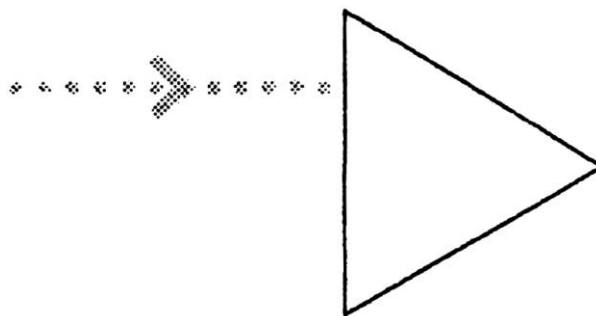
(ア)



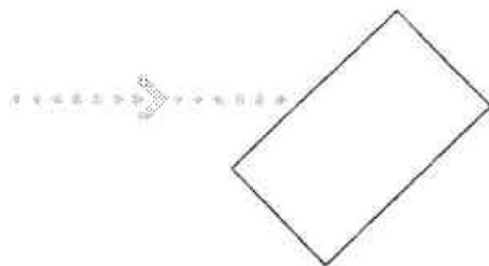
(イ)



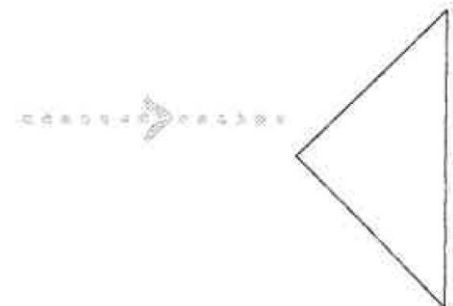
(ウ)



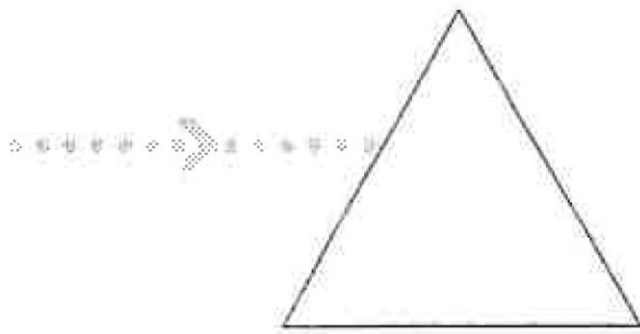
(エ)



(オ)



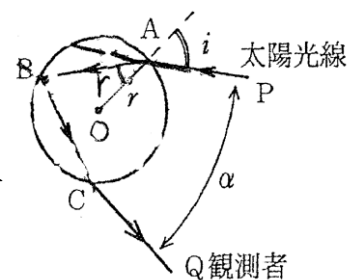
(カ)



(2) (1) の (ア) ～ (エ) および (カ) において，ガラスに入った光が再び外に出て行くとき，光の進路とガラス面がなす角度はいくらかを，それぞれ求めなさい。

3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

虹は太陽光線が小さな雨滴にあたって起こる現象である。右図は雨滴を球形と仮定した場合の光路を、珠の中心 O を通る平面内で描いている。太陽側の P から来た光は、球面上の A 点に接する平面に入射して屈折し、 B 点では ア し、さらに C 点で イ して観測者 Q に達する。太陽の光は、 A 、 B 、 C の 3 点で進行方向を変えるので、図に示す太陽光線 PA と観測光線 CQ となす角 α は ウ となる。観測者の前方には、このような条件を満たす雨滴がたくさんあるので、虹の輪が作られる。ところで太陽の光は エ といわれ、その中にはいろいろな波長の光が混じっている。雨滴の中に入った太陽の光の中で、波長の長い光は波長の短い光よりも、屈折率が オ 、屈折角が カ なる。したがって、赤色の光は紫色の光に比べて角 α の値が キ なる。このように、虹は、太陽光線が小さな雨滴にあたっでその中で屈折するときに ク が起こるために生じる現象である。



- (1) 文章の空欄に適する語句を答えなさい。ただし、 オ ～ キ には「大きく」か「小さく」が入る。
- (2) 次の図は虹の原理と実際に見える虹を示したものである。色が赤側になるのは①と②のどちらか。

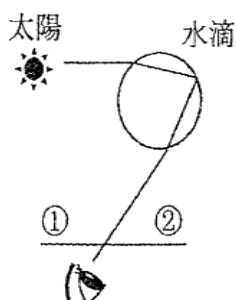


図1 主虹の原理

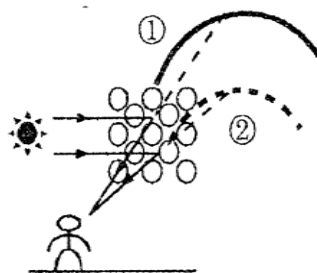


図2 実際の主虹

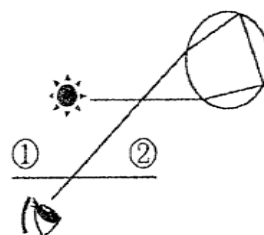


図3 副虹の原理

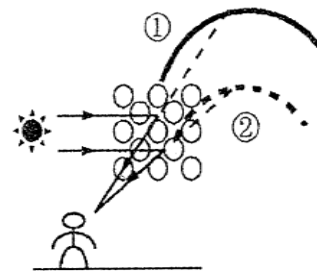


図4 実際の副虹

- (3) 次の文が正しいときは○、間違っているときは×を答えよ。
- (ア) 虹は、十分に高い飛行機から見ると完全な円に見える。
- (イ) 虹を横から見ると、楕円に見えることがある。
- (ウ) 虹は、朝、東の方向で雨が降っているときにも見られる。
- (エ) 虹は、太陽光が水滴の中で乱反射されるのが原因である。
- (オ) 副虹は、主虹の内側に見られる。

- 4 赤外線と紫外線について述べた以下の文の{ }から正しい方を選べ。
- (1) テレビなどのリモコンで用いられているのは{赤外線 紫外線}である。
 - (2) 別名、熱線とも呼ばれるのは{赤外線 紫外線}である。
 - (3) 別名、化学線とも呼ばれるのは{赤外線 紫外線}である。
 - (4) こたつで低温やけどするときの原因となるのは{赤外線 紫外線}である。
 - (5) 日焼けの原因となるのは{赤外線 紫外線}である。
 - (6) 空中の微細な塵によって散乱されやすいのは{赤外線 紫外線}である。
 - (7) 病院などで殺菌によく用いられているのは{赤外線 紫外線}である。
 - (8) 環境問題の、温室効果に関係があるのは{赤外線 紫外線}である。
 - (9) 環境問題の、オゾンホールに関係があるのは{赤外線 紫外線}である。
 - (10) 生きている生物の体表から放射されているのは{赤外線 紫外線}である。

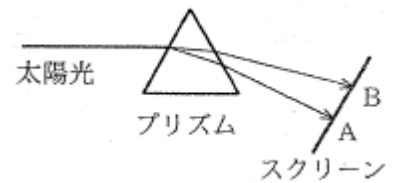
5 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

光は電磁波の一種である。いろいろな光のうち、人間の目に感じる光を① 光線という。その色は波長によって異なる。1つの波長からなる光を② 光という。太陽光のように、白く見え、色あいを感ぜない光を③ 光という。

目に感ぜない光のうち、赤よりも波長の長い部分は④ とよばれ、物体に当たると吸収されやすく大部分が⑤ に変わる。このように、物体を温める効果がある他、テレビのリモコンなどの通信手段として使われる。

一方、紫よりも波長の短い部分は⑥ とよばれ、物質に⑦ 作用を及ぼす。これには、医療機器などを⑧ する作用がある。また夏の海では⑨ の原因となるものとして話題となる。⑨ がひどくなると皮膚がんになる危険性もある。また、宇宙から届く⑥ は大気中の⑩ 層に吸収されて地表に届きにくい。

右に示すように、太陽光をプリズムに入射したところ、② 光に分解され、スクリーンには虹のような色の帯が見られた。このような色の帯のことを⑪ という。図のスクリーン上の帯の左端Aには⑫ 色が見られ、右端Bには⑬ 色が見られる。このような現象を光の⑭ という。このようにプリズムによって③ 光が② 光に分解されたのは、光の波長が短いほど、プリズムの屈折率が⑮、プリズム中の光の速さは⑯ なるからである。



(1) 文中の空欄に適する語句を埋めよ。

(2) ある特定の波長 λ をもつ光は、対応する色をもっている。右図は、波長と色の関係を表したものである。(ア)～(エ)の波長領域の光は、それぞれどのような色の名称がつけられているか、[黄, 緑, 橙, 青]から選べ。

