



第三回湖風祭コンテスト

化学クイズ

[注意事項]

電卓の使用は認めません。

インターネットの検索も認めません。

回答の受付は 7/5～7/10 までです。

回答はサイト内貼り付けの Google フォームから送ってください。



2024 年 7 月 5 日

[作問者]紀井

[お問い合わせ先]kofusaicontest3@gmail.com

湖風祭コンテスト -化学部門-

問1 小問集合

- ① 空気に含まれる気体のうち割合が大きいものを、水蒸気を除いて含む量が多い順に1番目から5番目まで全て答えよ。
- ② 下の周期表において、並び順は概ね原子量の順と一致しているが、Ar(39.948)とK(39.0983)は原子量が逆転している。この理由を答えよ。

元素の周期表
The Periodic Table

周期\族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1 H 水素 Hydrogen 1.00798																		2 He ヘリウム Helium 4.0026
2	3 Li リチウム Lithium 6.968	4 Be ベリリウム Beryllium 9.01218											5 B 硼素 Boron 10.814	6 C 炭素 Carbon 12.0106	7 N 窒素 Nitrogen 14.0069	8 O 酸素 Oxygen 15.9994	9 F フッ素 Fluorine 18.9984	10 Ne ネオン Neon 20.1797	
3	11 Na ナトリウム Sodium 22.9898	12 Mg マグネシウム Magnesium 24.306											13 Al アルミニウム Aluminum 28.9815	14 Si 珪素 Silicon 28.0855	15 P 燐素 Phosphorus 30.9738	16 S 硫黄 Sulfur 32.06	17 Cl 塩素 Chlorine 35.452	18 Ar アルゴン Argon 39.948	
4	19 K カリウム Potassium 39.0983	20 Ca カルシウム Calcium 40.078	21 Sc スカンジウム Scandium 44.9559	22 Ti チタン Titanium 47.867	23 V バナジウム Vanadium 50.9415	24 Cr クロム Chromium 51.9961	25 Mn マンガン Manganese 54.938	26 Fe 鉄 Iron 55.845	27 Co コバルト Cobalt 58.9332	28 Ni ニッケル Nickel 58.6934	29 Cu 銅 Copper 63.546	30 Zn 亜鉛 Zinc 65.38	31 Ga ガリウム Gallium 69.723	32 Ge ゲルマニウム Germanium 72.630	33 As 砒素 Arsenic 74.9216	34 Se セレン Selenium 78.971	35 Br 臭素 Bromine 79.904	36 Kr クリプトン Krypton 83.798	
5	37 Rb ルビジウム Rubidium 85.4678	38 Sr ストロンチウム Strontium 87.62	39 Y イットリウム Yttrium 88.9058	40 Zr ジルコニウム Zirconium 91.224	41 Nb ニオブ Niobium 92.9064	42 Mo モリブデン Molybdenum 95.95	43 Tc テクネチウム Technetium [99]	44 Ru ルビジウム Ruthenium 101.07	45 Rh ロジウム Rhodium 106.42	46 Pd パラジウム Palladium 107.868	47 Ag 銀 Silver 112.414	48 Cd カドミウム Cadmium 114.818	49 In インジウム Indium 118.710	50 Sn スズ Tin 121.760	51 Sb アンチモン Antimony 121.760	52 Te テルル Tellurium 127.60	53 I ヨウ素 Iodine 126.904	54 Xe キセノン Xenon 131.293	
6	55 Cs セシウム Cesium 132.905	56 Ba バリウム Barium 137.327	※1	72 Hf ハフニウム Hafnium 178.49	73 Ta タンタル Tantalum 180.948	74 W タングステン Tungsten 183.84	75 Re レニウム Rhenium 186.207	76 Os オスmium Osmium 190.23	77 Ir イリジウム Iridium 192.22	78 Pt 白金 Platinum 195.084	79 Au 金 Gold 196.967	80 Hg 水銀 Mercury 200.592	81 Tl タリウム Thallium 204.384	82 Pb 鉛 Lead 207.2	83 Bi ビスマス Bismuth 208.980	84 Po ポロニウム Polonium [210]	85 At アスタチン Astatine [210]	86 Rn ラドン Radon [222]	
7	87 Fr フランシウム Francium [223]	88 Ra ラジウム Radium [226]	※2	104 Rf ラザフォードウム Rutherfordium [267]	105 Db ドブニウム Dubnium [268]	106 Sg シーボーグウム Seaborgium [271]	107 Bh ボヘリウム Bohrium [272]	108 Hs ハッシウム Hassium [277]	109 Mt マイタケリウム Meitnerium [276]	110 Ds ダースステラチウム Darmstadtium [281]	111 Rg レニオニウム Roentgenium [280]	112 Cn コペルニシウム Copernicium [285]	113 Nh ニホニウム Nihonium [286]	114 Fl フレロビウム Flerovium [289]	115 Mc モスコビウム Moscovium [289]	116 Lv リバモリウム Livermorium [293]	117 Ts テネシン Tennessine [293]	118 Og オガネソン Oganesson [294]	
※1 ランタノイド系	57 La ランタン Lanthanum 138.905	58 Ce セリウム Cerium 140.116	59 Pr プラセオジム Praseodymium 140.908	60 Nd ネオジム Neodymium 144.242	61 Pm プロメチウム Promethium [145]	62 Sm サマリウム Samarium 150.36	63 Eu ユウロピウム Europium 151.964	64 Gd ガドリニウム Gadolinium 157.25	65 Tb テルビウム Terbium 158.925	66 Dy ジスプロシウム Dysprosium 162.500	67 Ho ホルミウム Holmium 164.930	68 Er エルビウム Erbium 167.259	69 Tm ツリウム Thulium 168.934	70 Yb イットリビウム Ytterbium 173.045	71 Lu ルテチウム Lutetium 174.967				
※2 アクチノイド系	89 Ac アクチニウム Actinium [227]	90 Th トランシウム Thorium 232.038	91 Pa ウラン Protactinium 231.036	92 U ウラン Uranium 238.029	93 Np ネプツニウム Neptunium [237]	94 Pu プルトニウム Plutonium [239]	95 Am アメリシウム Americium [243]	96 Cm キュリウム Curium [247]	97 Bk バークリウム Berkelium [247]	98 Cf カリホルニウム Californium [251]	99 Es アインシュタインウム Einsteinium [252]	100 Fm フェルミウム Fermium [257]	101 Md メンデレビウム Mendelevium [258]	102 No ノーベリウム Nobelium [259]	103 Lr ローレンシウム Lawrencium [262]				

表の見方

セル内の表記
原子番号 元素記号
元素名(日本語)
元素名(英語)
原子量

セルの色
緑色の元素は、単体の物質が金属的性質(光沢がある、電気や熱をよく通す、陽イオンになりやすい、など)を持つ。
黄色の元素は、単体の物質が非金属的性質を持つ。
黒色の元素は、単体の物質がその中間的(半導体的、半金属的)性質を持つ、ことを示す。

参考文献
国立天文台編「理科年表 2018年版」、丸善
...他

〔元素記号の色〕
赤字は、単体の物質が常温・常圧(25℃、1気圧)で気体。
青字は、単体の物質が常温・常圧で液体。
黒字は、単体の物質が常温・常圧で固体である、ことを示す。

※ 原子量が範囲で示される元素の原子量は、簡単のため、範囲の中間値を記した。
※ 安定同位体がなく、天然で特定の同位体組成を示さない元素については、その元素の放射性同位体の質量数の一例を〔 〕内に記した。

(2018.06 作成: iseri)

- ③ 水の電気分解において、電気分解しやすくするために微量の水酸化ナトリウムを加えるが、なぜ水酸化ナトリウムを加えると電気分解しやすくなるか答えよ。同時に、水酸化ナトリウムを加えても反応に差し支えない理由も答えよ。
- ④ フッ化水素(HF)はハロゲン化水素であり、同様にハロゲン化水素である塩化水素(HCl)、臭化水素(HBr)、ヨウ化水素(HI)は強酸であるが、フッ化水素は弱酸である。この理由を答えよ。
- ⑤ ゴムを急激に伸張させると温度が上昇し、急激に収縮させると温度が降下する現象のことを何と呼ぶか。
- ⑥ 黄リンの取り扱いについて、特に注意すべき性質と保管方法を挙げよ。
- ⑦ 金属ナトリウムの取り扱いについて、特に注意すべき性質と保管方法を挙げよ。
- ⑧ 紅茶にレモンを加えると、色はどうなるか。また、その理由を答えよ。

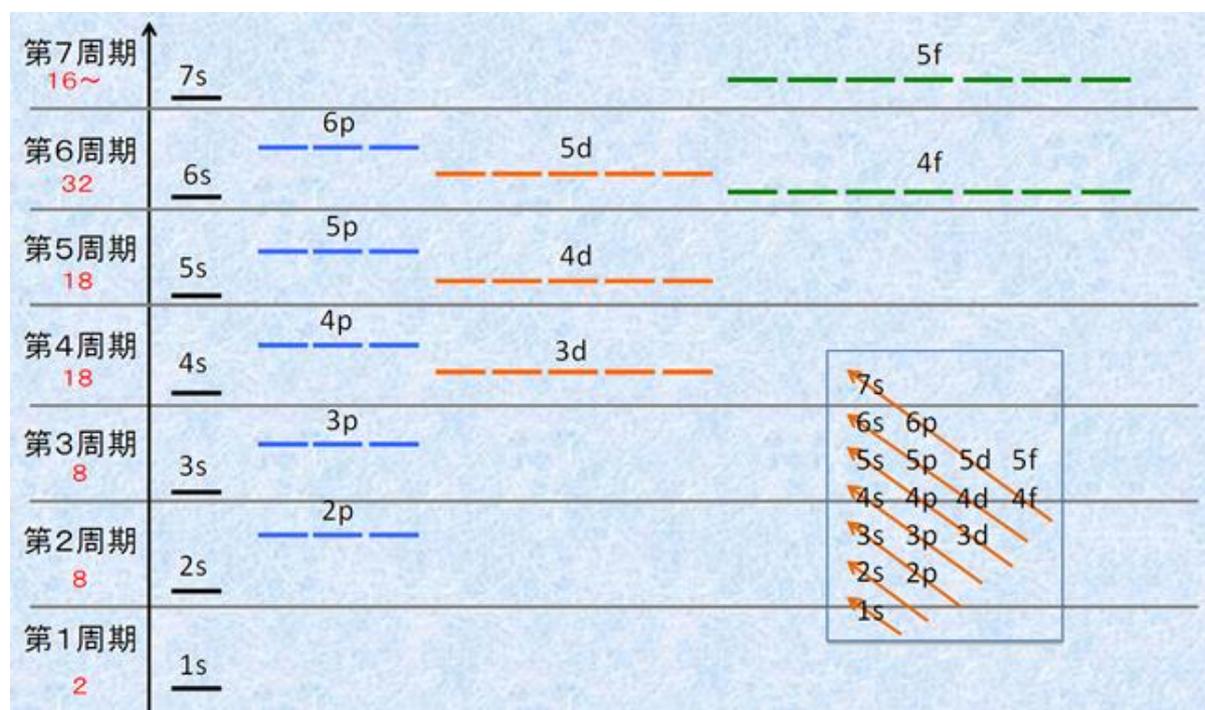
- ⑨ 紅茶にはちみつを入れると、色はどうなるか。
- ⑩ 緑色蛍光タンパク質(GFP)は医療分野等で活躍しているが、この GFP は誰によって発見されたか。また、発見のために何の生物が利用されたか答えよ。
- ⑪ 黒板の表面が緑色である理由を使われる物質の性質や目的を明らかにして答えよ。
- ⑫ ⑪の物質において、価数が違えば発がん性を示す。この物質名を答えよ。
- ⑬ ダイナマイトを発明したのは誰か。

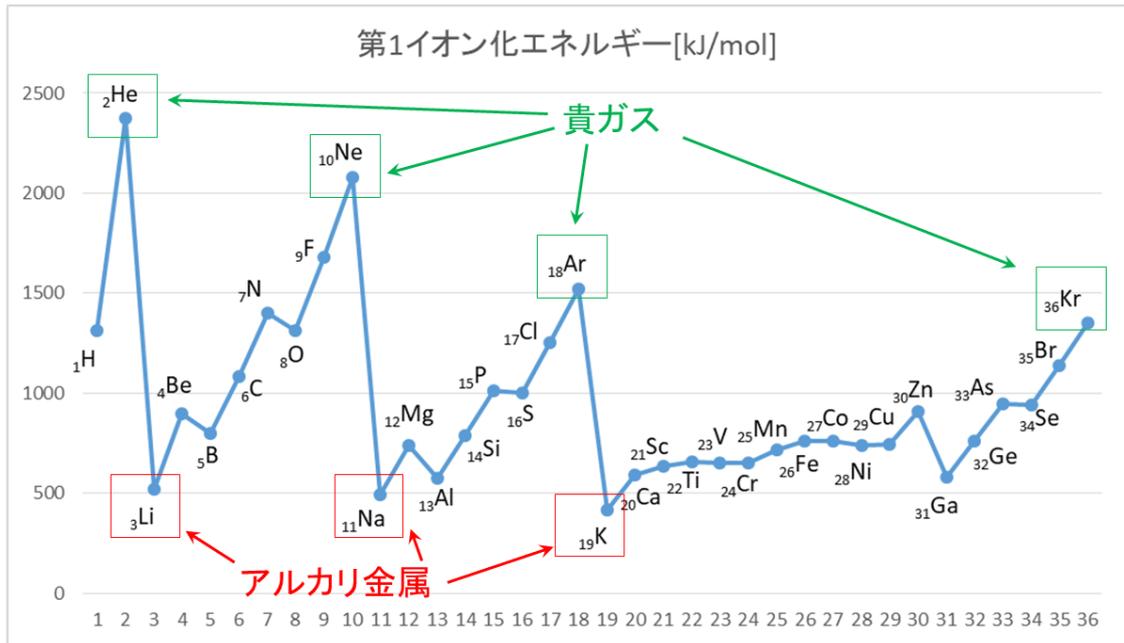
問 2 電子軌道

下の図は、電子軌道(1s,2s,2p,3s,3p,3d...)におけるエネルギー準位を表している。「—」は2つの電子が入ることを表し、⊠で示す電子軌道の位置が低いほど電子は入りやすく、基本的にこの「—」には電子は2つ連続して入らない。これらの法則について例を挙げて説明する。

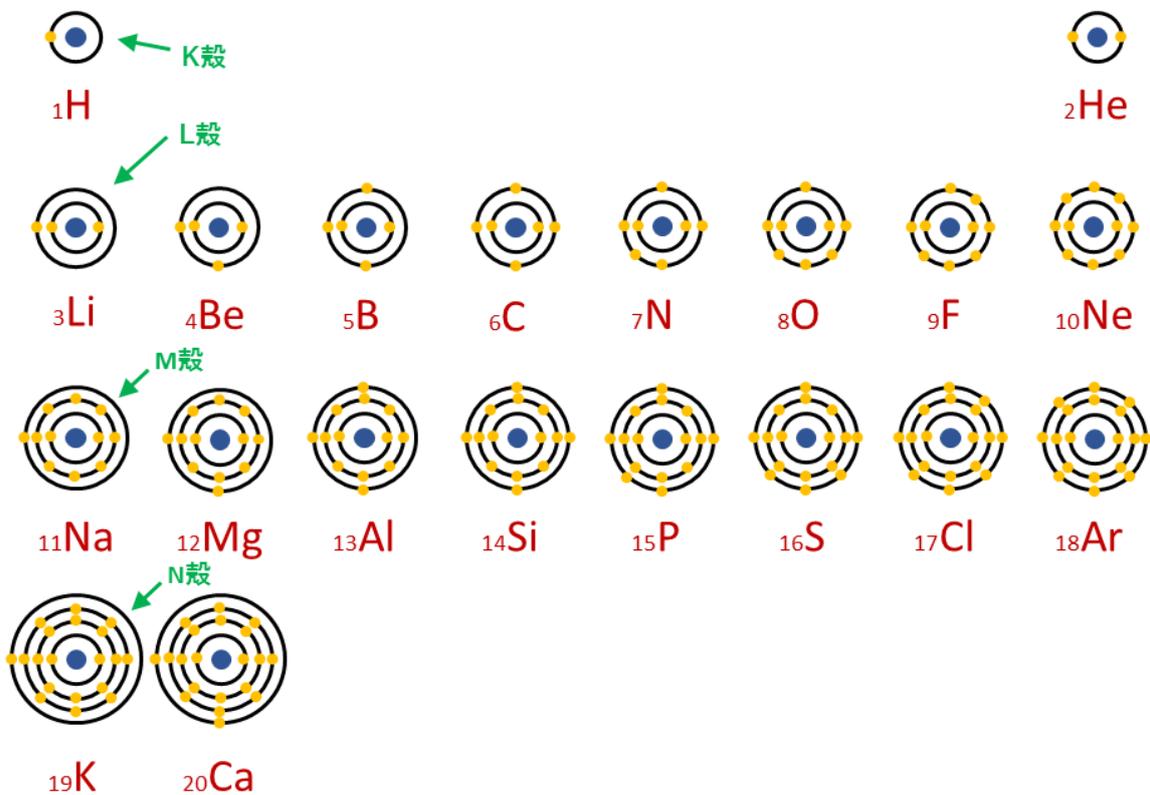
1s 軌道では、電子軌道が1つしかないため連続して2つ電子が「—」に入る。しかし、3p 軌道などの「—」が連なっている電子軌道では、最初に1つの電子が「—」に入り、その後3p 軌道におけるまた別の「—」に電子が入る。これを繰り返して「—」のすべてに1つずつ電子が入ったとき、基本的には2つ目の電子が入り始める。

また、「—」が何個も連なっている電子軌道は原則電子が全ての「—」に入っている状態が安定である。

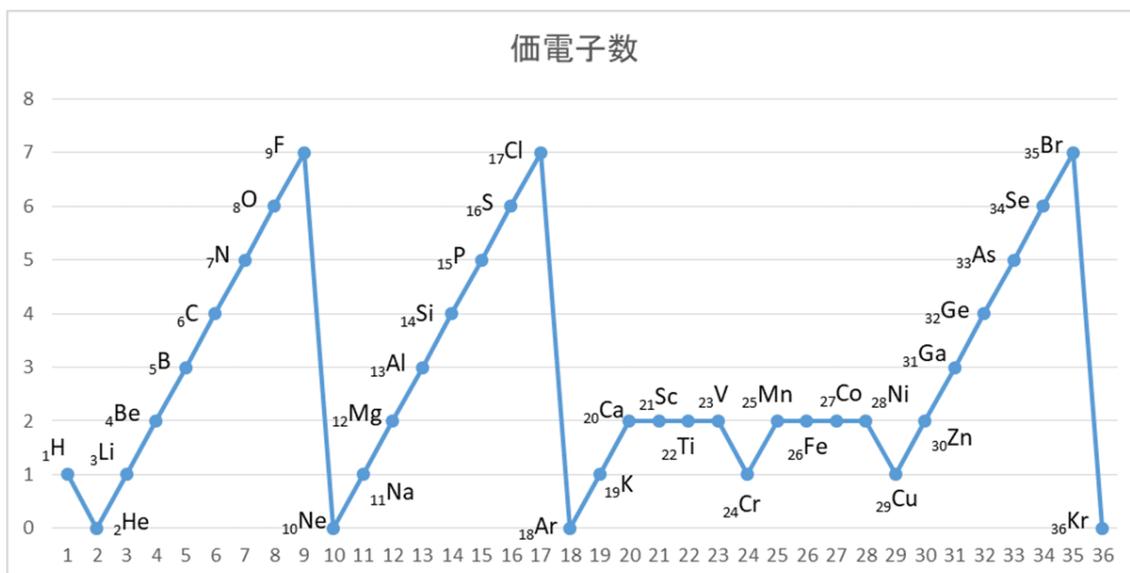




- ① 以下の元素の電子配置を見ると、K殻は電子を2個まで、L殻は8個まで、M殻は18個まで、N殻は32個まで收容するように、 n 番目の電子殻に入る電子の最大数は $2n^2$ 個である。しかし、KやCaの電子配置を見ればわかる通り、M殻が收容する電子の最大数が18個であるのに関わらず、M殻を満たさずN殻に電子は入っている。これはなぜか、上の図の電子軌道に着目して答えよ。



- ② 下の価電子数の周期律を見ればわかる通り、遷移元素はほとんど価電子数が同じである。また、Cr、Cuにおいて価電子数が減少している。これらの理由を電子軌道の図を用いて説明せよ。



問3 アボガドロ定数

1mol は 6.02×10^{23} 個を意味するが、ここで 1mol を 3.01×10^{23} と定義しなおしたとする。この条件下で以下の問いに答えよ。ただし、以下の () 内は 1mol を 6.02×10^{23} 個としたときの値である。

- ① Si (28g/mol) 3.0mol は何 g か
- ② 塩酸 (36.5g/mol) 2.0mol と炭酸カルシウム (100g/mol) 140g を反応させたとき、二酸化炭素は何 L 発生するか。ただし、 0°C 、1013hPa の条件下とする。

ステアリン酸を用いて、アボガドロ定数を求める。

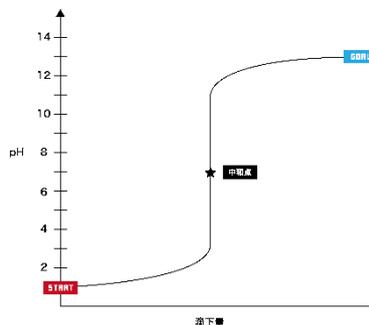
- ③ 水面に滴下したステアリン酸溶液に含まれるステアリン酸の質量を m (g)、水面に形成されたステアリン酸による単分子膜の面積を S_1 (cm^2) し、ステアリン酸 1 分子の占める面積を S_2 (cm^2)、ステアリン酸のモル質量を M (g/mol) として、アボガドロ定数 N_A を表せ。
- ④ ステアリン酸 ($\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$) の分子量は 284.0 である。濃度 $2.0 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ のステアリン酸のベンゼン溶液 10.0mL を調整した。この溶液すべてを水面に静かに滴下し、ベンゼンを揮発させて単分子膜を作った。この単分子膜を測定すると、 265cm^2 であった。ステアリン酸 1 分子が水面上で占有する面積が $2.2 \times 10^{-15} \text{cm}^2$ と分かったとき、アボガドロ定数 N_A を求めよ。

問4 PH ジャンプ

右のグラフのように中和滴定の pH の変化を表した滴定曲線において急激に pH が変化する部分を pH ジャンプと呼ぶ。

実験：塩酸(0.10mol/L)100mL を水酸化ナトリウム水溶液(0.10mol/L)で滴定する。

- ① 塩酸をちょうど中和させるのに必要な水酸化ナトリウム水溶液は何 mL か答えよ。
- ② pH ジャンプが起こる理由を答えよ。必ず(1)で答えた水酸化ナトリウム水溶液の量が 1mL 少ない場合と多い場合、これら二通りの pH の値を $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$, $\log_{10}2=0.3010$ 用いて算出し、ただしいずれかの数を $\log_{10}2=0.3010$ を使えるように近似してよい。
- ③ ②の結果から、中和点の pH の値を答えよ。



問5 ねるねるねるね

知育菓子®で知られる「ねるねるねるね ブドウ味」は、1 ばんの粉末に水を混ぜて練った後に 2 ばんの粉末を加えると膨張し、また、色が青色から赤色に変化する。下の「ねるねるねるね ブドウ味」の原材料から、なぜ色が変化するのか 1 ばんの粉、2 ばんの粉に含まれる成分と発生した気体を明らかにして答えよ。ただし、それぞれの粉に含まれる成分のうち確実に分かるものはそれをすべて明記せよ。

原材料名	砂糖（国内製造）、粉あめ、水あめ、ぶどう糖、でん粉、卵白粉末、植物油、デキストリン／酸味料、重曹、香料、増粘多糖類、炭酸カルシウム、着色料（野菜色素、クチナシ）
------	--

ただし、以下の情報を用いてよい。

- ・クチナシによる影響は考慮しなくてよい。
- ・炭酸カルシウムは食品添加物であり、カルシウム強化、物性改善目的に使われ、反応に関与しないよう pH 調整が行われている。
- ・酸味料はクエン酸($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$)である。
- ・野菜色素はアントシアニン色素であり、右の図はアントシアニン色素の pH による色の変化の様子である。

