

令和4年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

●総合選抜

理系Ⅰ、理系Ⅱ、理系Ⅲ

●学類・専門学群選抜

人間学群 (教育学類, 心理学類, 障害科学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

※生物資源学類, 地球学類で地理歴史を選択する者は,
地理歴史と理科1科目を合わせて120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類,

工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

医学群 (医学類, 医療科学類)

(看護学類) ※1科目選択で60分

目 次

物	理	1
化	学	10
生	物	23
地	学	39

注 意

1. 問題冊子は1ページから45ページまでである。
2. 受験者は下表を確認し、志望する学類の出題科目を解答すること。

【出題科目】

選 抜 区 分・学 類	出 題 科 目				備 考	
	物理	化学	生物	地学		
総合選抜	理系Ⅰ					
学類・専門学群選抜	数理学類 応用理工学類 工学システム学類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須。○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	化学類	○	◎	○	○	◎印の化学は必須。○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	生物資源学類 地球学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○印の中から1科目選択
総合選抜	理系Ⅱ 理系Ⅲ	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜	生物学類 情報科学類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜	医学類 医療科学類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜	教育学類 心理学類 障害科学類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	看護学類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答

化 学

問題Ⅰ～Ⅲについて解答せよ。なお、計算に必要なならば、次の数値を用いよ。

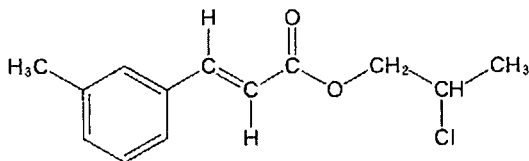
原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Cl = 35.5, Ag = 108, I = 127

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

$0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

$\log_e 2 = 0.69, \log_e 3 = 1.10, \log_e 5 = 1.61, \log_e 7 = 1.95$

有機化合物の構造式は、下に示す例にならって記せ。なお、構造式の記入に際し、不斉炭素原子の存在により生じる異性体は区別しないものとする。



I 周期表において同周期または同族の元素の性質を比較すると、類似している性質や一定の変化傾向を示すため、元素の性質を系統的に理解するのに役立つ。図1は周期表の一部を抜粋したものである。これらの元素について、次の問1～問8に答えよ。

族 \ 周期	1	2	...	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H											He ^⑤
2	Li ^②	Be					B	C	N	O	F ^⑥	Ne
3	Na ^③	Mg					Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca ^④		Ni ^⑦	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr		Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba ^①		Pt	Au	(ア)	Tl	(イ)	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra		Ds	Rg	Cn	(ウ)	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

図1 周期表(一部抜粋)

問1 以下の説明文を読み、周期表の空欄(ア)～(ウ)に該当する元素の元素名をそれぞれ答えよ。

- (ア) この元素の単体は金属の単体の中で唯一、常温で液体である。
- (イ) この元素の単体は放射線の遮蔽材や蓄電池の電極として用いられる。
- (ウ) この元素は原子番号が113であり、日本の研究者らにより命名された。

問 2 矢印①に関して、 ^{226}Ra から ^{222}Rn への放射壊変は逆反応を無視できる反応とみなすことができる。以下の に当てはまる適切な式を、 に当てはまる適切な語句を、 に入る数字を小数第 1 位までそれぞれ答えよ。

放射壊変の速度定数を k [s], 時間を t [s], ある空間の ^{226}Ra の濃度を $[^{226}\text{Ra}]$ [mol/L] とすると, ある瞬間における ^{226}Ra の減少速度は式(1)で表される。

$$-\frac{d[^{226}\text{Ra}]}{dt} = \text{あ} \quad (1)$$

この式を定積分すると式(2)が得られる。

$$[^{226}\text{Ra}] = [^{226}\text{Ra}]_0 e^{-kt} \quad (2)$$

ここで $[^{226}\text{Ra}]_0$ [mol/L] は ^{226}Ra の初期濃度を示す。また, ^{226}Ra の量が初期量の半分になるまでに要する時間を と呼び, この時間を τ [s] とおくと式(2)から τ と k の関係を示す式(3)が求められる。

$$\tau = \frac{\text{う}}{k} \quad \begin{aligned} \frac{1}{2} &= e^{-k\tau} \\ \log_2 2 &= k\tau \end{aligned} \quad (3)$$

問 3 矢印②に関して, 第 2 周期をみると原子番号とともに様々な値が規則的に変化する。Li と F を比較したとき, F の値が Li の値よりも大きくなるものを以下の語群から全て選び, 記号で答えよ。

- (語群) (a) 原子半径 (b) 価電子数 (c) 電子親和力
 (d) 第一イオン化エネルギー (e) K 殻の電子数

問 4 矢印③に関して、次の問に答えよ。

(i) 第 3 周期元素の酸化物は、酸、塩基および水との反応性に応じて、(A)酸性酸化物、(B)両性酸化物、(C)塩基性酸化物の 3 種類に分類される。Na~Cl のうち、その酸化物が(A)に分類される元素、(B)に分類される元素、(C)に分類される元素を全てそれぞれ元素記号で答えよ。

(ii) (i)の(B)で選んだ元素の酸化物 1 つについて、その酸化物が水酸化ナトリウム水溶液に溶ける反応の化学反応式を答えよ。

問 5 矢印④に関して、2 族元素の Ca, Sr, Ba の単体を(A)水との反応性が高いものから順に並べた場合、および(B)第一イオン化エネルギーについて値の大きなものから順に並べた場合、適切な順番を以下の(a)~(f)から選びそれぞれ記号で答えよ。

- (a) Ca, Sr, Ba (b) Sr, Ba, Ca (c) Ba, Ca, Sr
(d) Ba, Sr, Ca (e) Ca, Ba, Sr (f) Sr, Ca, Ba

問 6 矢印⑤に関して、18 族元素の単体の沸点は周期とともに変化する。He と Xe を比べた場合、(A)沸点が高いものを元素記号で答えよ。また、(B)その理由を簡潔に答えよ。

問 7 矢印⑥に関する以下の文章を読み、え および お に当てはまる適切なイオン名を、X、Y、Z に入る数字を有効数字2桁でそれぞれ答えよ。ただし、AgCl および AgI の溶解度積 K_{sp} はそれぞれ $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ 、 $2.1 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。

ハロゲン化銀の溶解度積 K_{sp} は、ハロゲンの周期が大きくなるにつれて小さくなる。この K_{sp} の違いを利用して、ハロゲン化物イオンを分別できる。NaCl と NaI をそれぞれ $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ ずつ含む水溶液 A に硝酸銀水溶液 B を徐々に加えるときの反応を考える。溶液 B を加えると、最初に え が銀イオンとの塩を生成して沈殿する。このときの溶液中の銀イオン濃度は X mol/L である。さらに溶液 B を加えて銀イオンと お の塩が沈殿し始める時点では、溶液中の銀イオン濃度は Y mol/L となっている。このとき溶液中の え の濃度は Z mol/L となり、ほぼ全ての え が銀イオンとの塩として沈殿しているため、この時点でハロゲン化物イオンを相互分離できる。

$$\frac{2.1}{1.8} \times 10^{-4}$$

問 8 矢印⑦に関して、単体金属のイオン化傾向については周期表における系統的な変化が見られない。以下の電極材料と電解液を組み合わせる電池を作製する場合、最も大きな起電力が得られる電池の構成を解答例にならって答えよ。

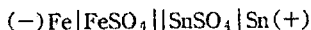
電極材料：Ni 単体、Cu 単体、Zn 単体

電解液：0.1 mol/L NiSO₄ 水溶液、0.1 mol/L CuSO₄ 水溶液、

0.1 mol/L ZnSO₄ 水溶液

$$Zn > Ni > Cu$$

(解答例) 電極材料に Fe 単体と Sn 単体を、電解液に 0.1 mol/L FeSO₄ 水溶液と 0.1 mol/L SnSO₄ 水溶液を用いる場合、電池の構成は簡略化して次のように書くこと。なお、|| はセロファンまたは素焼き板を示す。



$$\text{Fe} > \text{Sn}$$

II 以下の文章を読み、次の問1～問5に答えよ。

溶液の凝固点が純溶媒の凝固点よりも低くなることを凝固点降下という。また、不揮発性物質を溶かした溶液では、純溶媒よりも高い温度で沸騰が起こる。この現象を沸点上昇とよぶ。希薄溶液において、凝固点降下度と沸点上昇度は、溶質の種類に無関係であり、溶液の質量モル濃度に依存する。凝固点降下や沸点上昇は、低分子物質の分子量を測定するのに適している。^(a)しかし、高分子化合物では、凝固点降下や沸点上昇の値は測定するのが困難なほど小さいため、これらの方法は分子量決定に向いていない。そのような高分子化合物の場合は、浸透圧を利用して分子量を測定することができる。^(b)図1のようにU字型の容器を半透膜Mで仕切った実験装置と非電解質の高分子Xを用いて、浸透圧に関する実験を27℃で行った。高分子Xは、鎖状の高分子化合物であり、酵素Eを作用させると、反応式(1)に従い、その末端から順番に加水分解され、n個のモノマーH—Y—OHが生成する。モノマーH—Y—OHと水分子は、半透膜Mを透過できるが、高分子Xと酵素Eは透過できない。

はじめに容器に水100 mLを入れたところ、図1のようにA側とB側の水面の高さは一致した。次に、高分子X 0.500 gをB側に溶解し、B側の水面に容器との隙間がなく、なめらかに動く蓋をのせた。^(c)その蓋の上に、蓋とおもりの合計の質量が22.0 gになるようにおもりをのせたところ、図2のようにA側とB側の水面差はなくなった。おもりと蓋を取り除いたところ、水面の移動が起こり、図3のようにB側の水位がA側より高くなり、水面の移動が停止した。

ここで、B側に分子量が60,000の酵素Eを加えて溶解したところ、A側およびB側の水面の移動が起き、十分な時間が経った後、酵素Eが高分子Xを完全に加水分解し、水面の移動が停止した。^(d)容器との隙間がなく、なめらかに動く蓋をU字管の一方の水面にのせた。その上におもりをのせて、蓋とおもりの合計が0.600 gになるようにしたところ、A側とB側の水面差はなくなった。^(e)なお、一連の溶解操作や反応にともなう温度変化および体積変化は無視できるものとする。

水のモル凝固点降下を $1.85 \text{ [K} \cdot \text{kg/mol]}$ とする。また、この浸透圧の実験におけるU字管内の断面積は一樣に 2.00 cm^2 、 1 cm^2 あたり1 gの質量による圧力は98 Paとする。

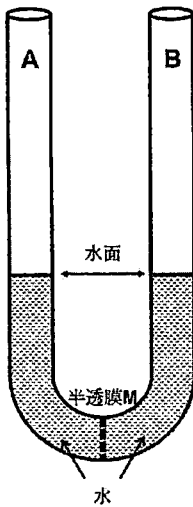


図 1

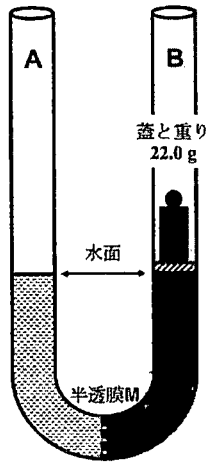


図 2

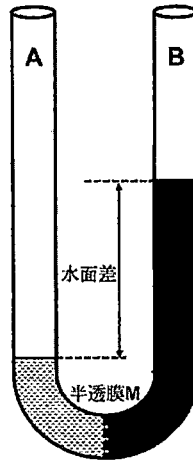
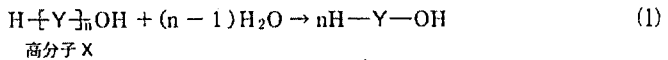


図 3



問 1 下線部(a)に関して、次の問に答えよ。

ϵ -カプロラクタムの分子量は、113である。3.00 g の ϵ -カプロラクタムを 50.0 g の水に溶解したときの凝固点降下度 [K] を有効数字 2 桁で求めよ。

$$\frac{3}{113} \times 1.85 =$$

$$\frac{50}{1000} = 0.05$$

$$\frac{60}{113} \times 1.85 =$$

$$11 \times 98 =$$

問 2 下線部(b)に関する以下の文章を読み、次の問に答えよ。

ϵ -カプロラクタムに少量の水を加えて加熱すると、ナイロン6という高分子化合物が得られる。このときの重合反応を特に ア 重合という。

(i) ア に入る適切な語句を答えよ。

(ii) 20.0 mg のナイロン6を溶媒に溶解し、全体が 20.0 mL の溶液を調製した。27 °C で浸透圧を測定したところ、5.50 Pa であった。このナイロン6の平均分子量を有効数字2桁で求めよ。

問 3 下線部(c)に関して、次の問に答えよ。

(i) 高分子 X を溶解したときに生じた浸透圧 [Pa] を有効数字2桁で求めよ。

(ii) 高分子 X の平均分子量を有効数字2桁で記せ。

問 4 下線部(e)に関して、次の問に答えよ。

(i) おもりは、A 側と B 側の蓋のどちらの上に置いたか。A または B の記号で答えよ。

(ii) 加えた酵素 E の質量 [g] を有効数字2桁で求めよ。

問 5 下線部(d)に関して、次の問に答えよ。

酵素 E を B 側に加えてから、酵素 E が高分子 X を完全に加水分解し、水面が停止するまで、B 側の水面はどのような変化をするか。最も適切な記述を次の①～⑥から一つ選び、番号で答えよ。

① 上昇し、停止する。

② 最初上昇し、その後、下降してから停止する。

③ 下降し、停止する。

④ 最初下降し、その後、上昇してから停止する。

⑤ 上昇と下降を繰り返しながら、下降し、停止する。

⑥ 上昇と下降を繰り返しながら、上昇し、停止する。

$$\frac{11}{5.5} = \frac{20 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-3} \times \eta} \times 8.31 \times \frac{60}{300}$$

$$\eta = 2.31$$

$$\begin{array}{r} 8.31 \\ - 60 \\ \hline 4986 \\ - 450 \\ \hline 11 \overline{) 4986} \\ \underline{450} \\ 586 \\ \underline{550} \\ 36 \\ \underline{33} \\ 31 \end{array}$$

(次ページに問題Ⅲがあります。)

$$\begin{array}{r} 98 \\ 6 \\ \hline 588 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 98 \\ 1 \\ \hline 98 \\ 1078 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ 15 \\ \hline 4155 \\ 831 \\ \hline 12465 \\ 11.5 \\ \hline (1078) \overline{) 12465} \\ \underline{1078} \\ 1685 \\ \underline{1078} \\ 6070 \end{array}$$

$$0.6 \times 98 = \frac{1078}{\frac{6 \times 10^{-3}}{100} \times 8.31 \times 10^3 \times 100}$$

$$58.8 = \eta \times 831$$

$$\begin{array}{r} 0.070 \\ 831 \overline{) 58.80} \\ \underline{5817} \\ 6300 \end{array}$$

III 次の問1～問7に答えよ。

[1]

化合物A, B, C, Dは、分子式 C_9H_{10} で表される芳香族炭化水素である。化合物A, B, Cは不斉炭素原子をもたないが、化合物Dは不斉炭素原子を1つもつ。これらの構造を決定するために、以下の実験1～実験5を行った。

(実験1)

化合物A, B, Cに対して、少量の臭素水を加えたところ、速やかに臭素の色が消えた。一方、化合物Dに対して少量の臭素水を加えた際には、すぐに臭素の色は消えなかった。

(実験2)

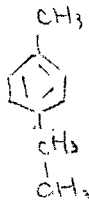
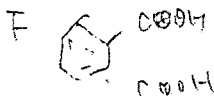
化合物Aに対して、触媒を用いて水素化反応を行ったところ、1分子の水素が付加して、クメンが生じた。
(a)

(実験3)

化合物A, B, C, Dに対して、中性条件下で十分な量の過マンガン酸カリウムを反応させたのち酸性にしたところ、化合物Aからは化合物Eが、化合物BとDからはいずれも化合物Fが、化合物Cからは化合物Gが、それぞれ生じた。化合物E, F, Gは、酸性を示す芳香族化合物であり、化合物FとGは互いに異性体であった。また、全ての場合において、黒色沈殿が生じた。
(b)

(実験4)

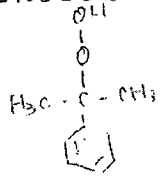
化合物E, F, Gをそれぞれ加熱したところ、化合物Fのみ分子内脱水反応が進行し、化合物Hが生じた。



(実験5) フェニルアセート

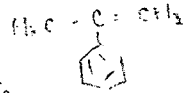
化合物 G とエチレングリコールを縮合重合させると、PET と呼ばれるポリ
エステルが生じた。

問 1 下線部(a)に関して、クメン法と呼ばれる工業的手法により合成される 2 つの
化合物を、構造式で示せ。



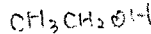
問 2 下線部(b)に関して、黑色沈殿は何か。化学式で答えよ。

問 3 化合物 A、B、C、D をそれぞれ構造式で示せ。



問 4 化合物 A と HCl を反応させたときの主な生成物を構造式で示せ。

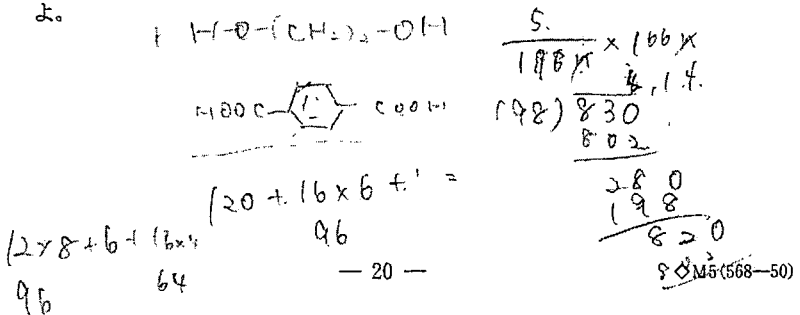
問 5 以下に示す(i)および(ii)の反応における主な生成物を、それぞれ構造式で示
せ。



(i) 酸触媒存在下での、化合物 F と過剰のエタノールの反応

(ii) 化合物 H とエタノールを物質質量比 1 : 1 で混合させたときの反応

問 6 下線部(c)に関して、細かく粉碎した 5.00 g の PET に対して、十分な量の水
酸化ナトリウム水溶液を加え加熱し、完全に加水分解した。反応溶液に対して
十分な量の濃塩酸を加えたところ、化合物 G が白色沈殿として生じた。生じ
た化合物 G をろ過により分離した。反応が完全に進行し、生じた全ての化合
物 G が析出したとすると、得られた化合物 G の質量 [g] を有効数字 3 桁で求め
よ。



[2]

問 7 以下の文章の①～⑩にあてはまる適切な語句を答えよ。

近年、新興感染症が、発生後瞬く間に世界に広がり、しばしば社会に深刻な影響を与えている。このような状況下でワクチン開発が脚光を浴びている。ワクチンは体内に「抗体」とよばれるタンパク質を産生し、これがウイルスに対する防御を行っている。タンパク質はアミノ酸からなり、アミノ酸が脱水縮合してアミド結合の一種である [①] 結合でつながった巨大分子である。タンパク質分子は [①] 結合内 >NH と分子内の他の [①] 結合の >C=O 結合との間に [②] 結合を形成して α -ヘリックスや β -シートなどの構造を形成する。このような二次構造とともに、システインの SH 基どうしから形成される [③] 結合という共有結合などを介して複雑に折りたたまれた三次構造をとる。これらのタンパク質の中で球状に近い立体構造をとる球状タンパク質は、血液や卵白などのように高濃度でも流動性があるが、卵をゆでると固まるのはタンパク質の高次構造が変化することであり、これをタンパク質の [④] という。一方で、網や羊毛などを構成するタンパク質は平行に並んだり、ねじれあったりしており、このようなタンパク質を球状タンパク質に対して、 [⑤] 状タンパク質という。タンパク質の異常な構造変化と、アルツハイマー病などの重大な病気の発症の関連が指摘されている。

PCR 検査法はウイルス感染症の検査から犯罪捜査まで広範に利用されている。PCR 法は極微量検体中の核酸分子の特徴的な部分を検出するための増幅法である。核酸はデオキシリボ核酸(DNA)やリボ核酸(RNA)などが知られ、これらはリン酸、糖及び塩基からなる [⑥] という単量体が縮合して直鎖状に多数結合した高分子である。DNA 内の塩基はアデニン、グアニン、シトシン、チミンの4種からなり、それらの決まった塩基対間の [②] 結合で二本の高分子が [⑦] 構造を取っている。細胞が分裂して増殖するとき、DNA の [⑦] 構造がほどこけ、新たに二組の [⑦] 構造をもつ DNA が形成される。これを [⑧] という。DNA の [⑦] 構造がほどこけ、

その塩基の並び方(塩基配列という)を RNA に写し取ることを ㉑ という。ここで写し取られた RNA (伝令 RNA という)の塩基配列に従ってタンパク質が合成されることを ㉒ という。このように DNA はタンパク質を合成する設計図を保有している。