

令和4年度 入学試験問題

理科（前期）

試験時間	120分
問題冊子	物理 1～6頁
	化学 7～16頁
	生物 17～30頁

注意事項

1. 指示があるまで問題冊子は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された2科目とし、変更は認めない。
3. 問題冊子および解答用紙に落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答が終わっても、または試験を放棄する場合でも、試験終了までは退場できない。
5. スマートフォン等の電子機器類は電源を必ず切り、鞆の中にしまうこと。
6. 机上には、受験票と筆記用具（鉛筆、シャープペンシル、消しゴム）および時計（計時機能のみ）以外は置かないこと。（耳栓、コンパス、定規等は使用できない。）
7. 問題冊子および解答用紙に受験番号と氏名を記入すること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題冊子の余白は自由に用いてよい。
10. 質問、トイレ、体調不良等で用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
11. 中途退室時は、問題冊子および解答用紙を裏返しにすること。
12. 受験中不正行為があった場合は、試験の一切を無効とし、試験終了時間まで別室で待機を命じる。
13. 試験終了後、解答用紙は裏返し、問題冊子は持ち帰ること。

受験番号		氏名	
------	--	----	--

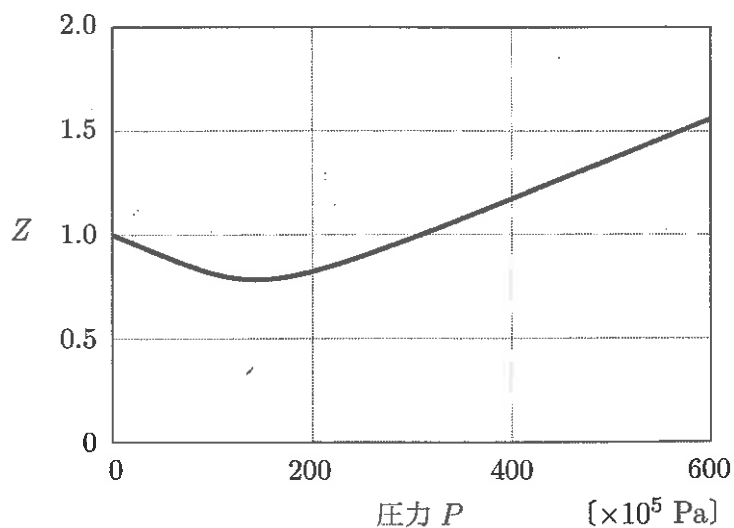
化 学

必要があれば、以下の数値を用いよ。

原子量	H : 1.00	C : 12.0	N : 14.0	O : 16.0
気体定数 R	$8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$			
ファラデー定数 F	$9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$			
アボガドロ定数 N_A	$6.00 \times 10^{23}/\text{mol}$			
水のイオン積 K_w	$1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$			
0°C	273 K			
対数値	$\log_{10} 2 = 0.30$			

[I] 各問いに答えよ。

問1 温度一定(300 K)で圧力を変化させると、気体であるメタンの $Z = \frac{PV}{nRT}$ は下図のように変化する。



- (1) 圧力を上げていくと Z の値がいったん 1 より小さくなる理由を書け。
- (2) さらに圧力を上げていくと Z の値が 1 より大きくなる理由を書け。

問2 (1)～(4)のそれぞれについて、起こる化学反応の反応式を解答欄①に書き、各反応が濃硫酸または希硫酸のどのような性質を利用したものを解答欄②に書け。

- (1) 銅に濃硫酸を加えて熱する。
- (2) 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて熱する。
- (3) ギ酸に濃硫酸を加えて熱する。
- (4) 亜鉛に希硫酸を加える。

問3 ヒトの胃粘膜に生息する細菌であるヘリコバクター・ピロリは(1)ウレアーゼ*をもつため、胃酸により強酸性であるヒトの胃の中でも生存できる。ヘリコバクター・ピロリ感染は胃がんとの関係も示唆されているため、感染検査は診断や除菌効果評価に重要である。その検査法の1つに、ヒトの呼気中の成分から感染の有無を判断する尿素呼気試験がある。検査薬としては炭素同位体 ^{13}C を多く含む ^{13}C -尿素** を用い、被験者の(2) ^{13}C -尿素を服用する前と後、それぞれの呼気を集めて成分を比較し、胃の中のヘリコバクター・ピロリの有無を診断する。

* ウレアーゼは、尿素をアンモニアと二酸化炭素に分解する酵素で、ヒトには存在しない。

** 通常の ^{13}C 同位体存在比は1%程度であるのに対して、 ^{13}C -尿素は99%程度としたものである。

- (1) 下線部(1)においてウレアーゼをもつと胃内で生存できるのはなぜか。
- (2) 下線部(2)においてヘリコバクター・ピロリが存在する場合、呼気のどの成分がどのように変化するか。

[II] [A] ~ [C] の文章を読んで問いに答えよ。ただし、気体はすべて理想気体とみなすことができ、共存する液体への気体の溶解量は無視できるものとする。また、大気圧は 1.0×10^5 Pa であり、空気は窒素 80% と酸素 20% のみからなる混合気体であるとする。なお、実験に使用した溶液は希薄溶液であり、質量モル濃度と容量モル濃度は近似的に等しいと扱えるものとする。

[A] 真空にした体積 V [L] の密閉容器に少量の純水を入れて 60°C に保ったところ、水が蒸発することによって容器内の圧力が 2.0×10^4 Pa で一定となった。このとき、水の一部は液体のまま残っていた。

次に、図 1(a) に示すように、ピストン付きの密閉容器に窒素と少量の純水を入れ、温度 60°C で一定に保ったところ、容器内に液体の水がわずかに残った状態で、体積 V [L] で圧力が 8.0×10^4 Pa になった。続いて、図 1(b) に示すように、温度を 60°C に保ちながら体積が $\frac{1}{2}V$ [L] になるまでピストンを動かして圧縮したら、容器内の圧力は [ア] Pa となった。なお、いずれの場合も密閉容器中に残っている液体の水の体積は非常に小さいため無視できる。

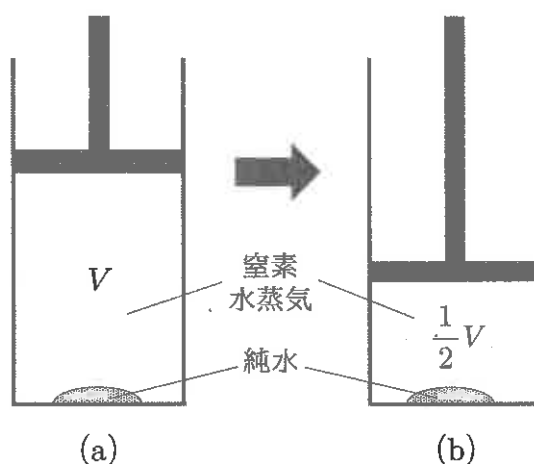


図 1

B 1種類の不揮発性の溶質が溶けている溶液があるとき、溶液の蒸気圧を p 、純溶媒の蒸気圧を p_0 、溶液中の溶媒のモル分率を x_0 とおくと、次の関係が成立する。

$$p = x_0 p_0 \quad (1)$$

ただし、 x_0 は溶媒の物質量 n_0 [mol] と溶質の物質量 n_1 [mol] を用いて次式で与えられる。

$$x_0 = \frac{n_0}{n_0 + n_1}$$

したがって、溶液中の溶質のモル分率を x_1 とおくと、 x_1 を用いて(1)式から(2)式が導かれる。

$$p_0 - p = \text{イ} \quad (2)$$

$p_0 - p$ は 度と呼ばれる。ここで、 度を Δp と表すことにする。

図2の曲線 は溶液の蒸気圧と温度との関係、曲線 は純溶媒の蒸気圧と温度との関係を示している。大気圧下では、図中の点 a~d の各点から表される線分のうち線分 が純溶媒の沸点の温度における Δp に相当し、この にともなって線分 に相当する分の が溶液において起こる。 度は、希薄溶液では近似的に溶液の質量モル濃度に比例する。

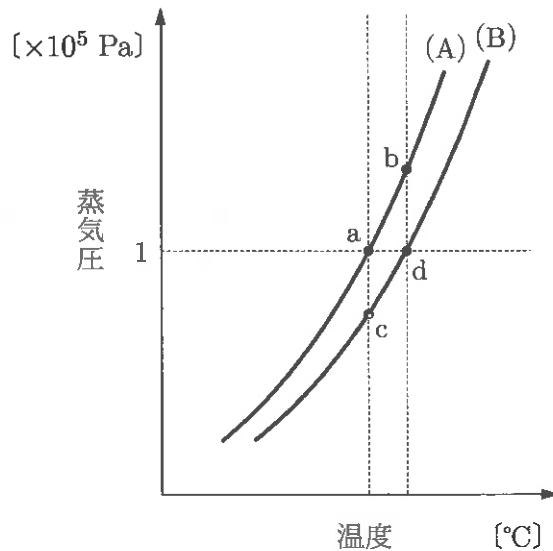


図2

次に、不揮発性の非電解質 X の水溶液について考えてみる。非電解質 X を 33.4 g とり、1.0 kg の純水に溶解したところ、60°C において $\Delta p = 48$ Pa であった。これより非電解質 X の分子量の値 (整数) は と算出される。

C 図3に示すように、同じ容積をもつ容器Aと容器Bの両方に同体積の純水を入れたのち、両端にゴム栓が付いたU字管で両方の容器を密封した状態で接続した。U字管には流動パラフィン*が入っている。ただし、流動パラフィンの成分は蒸発しないものとする。この状態で全体の温度を60°Cに保ったところ、U字管内の流動パラフィンの液面の位置は、図3のとおり、容器A側と容器B側で一致した。

* 流動パラフィン：石油から蒸留や精製などの工程を経て得られる炭化水素類の混合物からなる無色透明の液体

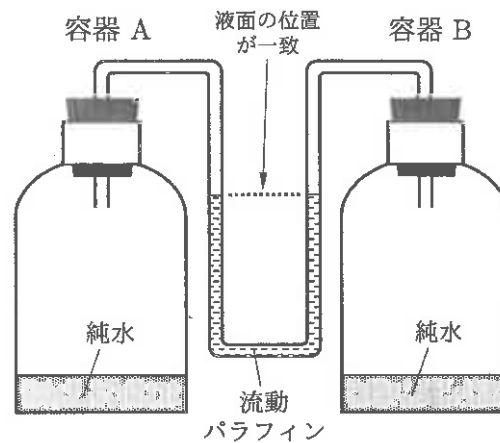


図3

次に、容器Aには純水を入れた状態で、容器Bには純水の代わりに純水1.0 kgあたり15.0 gの非電解質Xを溶解した水溶液を入れ、図3の場合と同様に流動パラフィンの入ったU字管で両容器を接続し、温度を60°Cに保ったところ、U字管内の流動パラフィンの液面はA側よりB側がコ くなった。このときの流動パラフィンの液面の高低差を h とする。

続いて、容器Aには純水を入れた状態で、容器Bには非電解質Xの水溶液の代わりに有機酸Yの0.10 mol/kg水溶液を入れ、60°Cに保つと、U字管内の流動パラフィンの液面の高低差が $2h$ となった。ただし、有機酸Yは水溶液中で1価の弱酸としてはたらく不揮発性の物質である。

以上のことから、容器Aに純水を入れ、容器Bに有機酸Yの0.010 mol/kg水溶液を入れて、60°Cに保ったとき、U字管内の流動パラフィンの液面の高低差はサ になると考えられる。

問1 ~ に入る語句，式，記号または数値を書け。

問2 の下線部の関係が成り立つ理由を説明せよ。

[III] 文章を読んで問いに答えよ。

錠剤 X を 10 錠とり、細かくすりつぶしたものに、ジエチルエーテルを加えて長時間激しく攪拌した。この懸濁液をろ過し、エーテル溶液を得た。このエーテル溶液を分液ろうとに入れ、塩酸を加えてよくふり混ぜて、エーテル層①と水層①に分けた。水層①に水酸化ナトリウム水溶液を加えて中和したのち分液ろうとに入れ、ジエチルエーテルを加えてよくふり混ぜて、エーテル層②と水層②に分けた。エーテル層①を分液ろうとに入れ、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えてよくふり混ぜて、エーテル層③と水層③に分けた。水層③に塩酸を加えて中和したのち分液ろうとに入れ、ジエチルエーテルを加えてよくふり混ぜて、エーテル層④と水層④に分けた。エーテル層③を分液ろうとに入れ、水酸化ナトリウム水溶液を加えてよくふり混ぜて、エーテル層⑤と水層⑤に分けた。水層⑤に塩酸を加えて中和したのち分液ろうとに入れ、ジエチルエーテルを加えてよくふり混ぜて、エーテル層⑥と水層⑥に分けた。エーテル層②、④、⑤、⑥からそれぞれジエチルエーテルを蒸発させると、エーテル層 ア からのみ薬物 A が 1.00 g 得られた。また、これは 10 錠の錠剤 X 中の薬物 A の全量であった。

薬物 A はベンゼン環を含む分子量 300 以下の有機化合物であり、元素分析をしたところ、C = 75.7%，H = 8.8%，O = 15.5% であった。また薬物 A を過マンガン酸カリウムで酸化すると化合物 B が得られた。化合物 B は分子量が 166 で、300°C で昇華する性質をもっており、ペットボトルに使われる合成樹脂の原料であった。

錠剤 X を 7 錠とり、細かくすりつぶしコニカルピーカーに入れ、0.500 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液をホールピペットで 10.0 mL 入れ、蒸留水を加えて 100 mL にしたのち、10 分間加熱した。この操作で薬物 A は完全に溶液に溶け出したものとする。この溶液にフェノールフタレインを加え 0.250 mol/L 硫酸を滴下したところ、3.10 mL で溶液全体が無色になった。一方、空のコニカルピーカーに 0.500 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液をホールピペットで 10.0 mL 入れ、蒸留水を加えて 100 mL にしたのち、10 分間加熱した溶液にフェノールフタレインを加え 0.250 mol/L 硫酸を滴下したところ、9.90 mL で溶液全体が無色になった。またこの滴定には薬物 A 以外の錠剤 X の成分は関与していなかった。

薬物 A のベンゼン環の置換基の 1 つは炭素数が 4 のアルキル基であった。このアルキル基の 4 つの炭素原子のうち、水素原子が 3 つ結合した炭素原子は 2 つだけであった。また薬物 A には不斉炭素原子が 1 つあったが、このアルキル基の炭素原子ではなかった。

問1 に入る番号を書け。

問2 下線部の操作を行った理由を書け。

問3 炭素数が4で環構造を含まないアルキル基の構造をすべて書け。

問4 薬物Aの分子量を求めよ。小数第1位を四捨五入すること。

問5 薬物Aの分子式を書け。

問6 薬物Aの構造式を書け。

[IV] 文章を読んで問いに答えよ。

天然に最も多く存在する二糖は甘味成分である [ア] で、分子式は $C_{12}H_{22}O_{11}$ である。
[ア] は六員環の単糖と五員環の単糖からなる二糖で、このままでは鎖状構造になれない。
[ア] を加水分解すると、六員環部分からは [イ]，五員環部分からは [ウ] の2つの単糖 ($C_6H_{12}O_6$) に分解することができる。[イ] は環状構造と鎖状構造との平衡状態にあり、鎖状構造では [エ] 基を有することから還元性を示す。[イ] は5個の [オ] 基をもつことから高い水溶性を示す。

天然由来の化合物は配糖体 (構造中に糖を含むもの) として得られることが多く、配糖体を加水分解すると糖とそれ以外の部分に分解することができる。アイの葉から得られる無色の配糖体 A ($C_{14}H_{17}NO_6$) は古くから草木染めに用いられてきた。配糖体 A を加水分解すると [イ] と化合物 B が得られる。化合物 B は環状化合物で、必須アミノ酸であるトリプトファン (図1) と共通する部分構造をもつ。化合物 B を穏やかに酸化すると [カ] 個の分子が縮合してカルボニル基2個をもつ化合物 C ($C_{16}H_{10}N_2O_2$) が得られる。化合物 C は 380–480 nm 付近の可視光をほとんど吸収しないため [キ] 色を呈する。染色するためにこの化合物 C を還元すると2個の [ク] 原子が付加して淡色の化合物 D に変化する。化合物 D の溶液を用いて染着したのち、[ケ] ことによって化合物 C に戻るので、繊維は染色される。

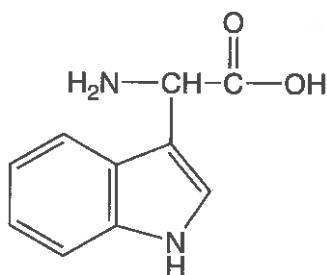


図1 トリプトファン

問1 ～ に入る化合物名，置換基名，数字あるいは語句を書け。

問2 に入る操作を書け。

問3 下線部の操作で利用している化合物 C と D の性質の違いを書け。

問4 配糖体 A 11.8 g を加水分解して得られる と化合物 B の量をそれぞれ質量 [g] で答えよ。小数第 2 位を四捨五入すること。

問5 化合物 B および C の構造式を書け。

問6 化合物 C の化合物名を書け。