

クラス		受験番号		解答用紙番号・コード <small>※解答用紙冊子記載の番号とコードを転記してください。</small>			
出席番号		氏名					

2021年度

第1回 全統記述模試問題

理 科

(物理基礎 1～6ページ 化学基礎 7～11ページ) (1科目 30分)
 (生物基礎 13～18ページ 地学基礎 19～27ページ)
 (物 理 29～40ページ 化 学 41～55ページ) (1科目 60分)
 (生 物 57～72ページ 地 学 73～88ページ)

模擬試験の問題および解答解説は著作物であり、著作権およびその他の法律で保護されています。法律上で認められている範囲を超えて、無断でコピーしたり、WEB上に掲載したりするなどの行為ならびに、その他厳正な試験の運営を妨げる行為を固く禁止します。

試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かず、下記の注意事項をよく読むこと。

注 意 事 項

- 問題冊子は88ページである。
- 「基礎を付した科目 (物理基礎, 化学基礎, 生物基礎, 地学基礎)」と「基礎を付していない科目 (物理, 化学, 生物, 地学)」の8科目のうちから2科目まで受験できる (3科目以上は受験できない)。
※「基礎を付した科目」と「基礎を付していない科目」の組み合わせで受験する場合は、それぞれ1科目ずつに限る。
- 「基礎を付した科目」のみを受験する場合は、1時間目が受験時間となる (1科目の場合は前半30分, 2科目の場合は60分)。「基礎を付した科目 (1科目)」と「基礎を付していない科目 (1科目)」の組み合わせで受験する場合は、1時間目が「基礎を付していない科目 (1科目)」の受験時間となる。
- 解答用紙は別冊になっている。(解答用紙冊子表紙の注意事項を熟読すること。)
- 本冊子に脱落や印刷不鮮明の箇所及び解答用紙の汚れ等があれば、試験監督者に申し出ること。
- 試験開始の合図で解答用紙冊子の理科の解答用紙を切り離し、下段の所定欄に **氏名**・**在・卒高校名**・**クラス名**・**出席番号**・**受験番号** (受験票の発行を受けている場合のみ) を明確に記入すること。なお、氏名には必ずフリガナも記入のこと。
- 解答には、必ず黒色鉛筆を使用し、解答用紙の所定欄に記入すること。解答欄外に記入された解答部分は、採点対象外となる。
- 試験終了の合図で上記6.の事項を再度確認し、試験監督者の指示に従って解答用紙を提出すること。

河合塾



2161210114110000

物理基礎

1 物体の運動に関する以下の問に答えよ。(配点 30点)

図1のように、十分に広い水平面上に x 軸をとる。はじめ、小物体 A と小物体 B はともに $x=0$ に静止しており、時刻 $t=0$ に、A と B は初速度 0 で同時に x 方向に運動を始めた。図2のグラフは小物体 A の速度の時間変化を表したものである。図2のグラフにおいて、時刻 $t=10$ s 以降の直線の傾きの大きさは、 $t=0$ から $t=3$ s での傾きの大きさの $\frac{1}{2}$ であり、 $t=T_1$ [s] に速度 0 となった後も加速度を変えずに運動を続けた。一方、小物体 B は時刻 $t=0$ 以後、等加速度直線運動を続けた。速度、加速度の正の向きは x 軸の正方向とする。小物体 A と小物体 B はそれぞれ x 方向にのみ運動し、衝突することはない。

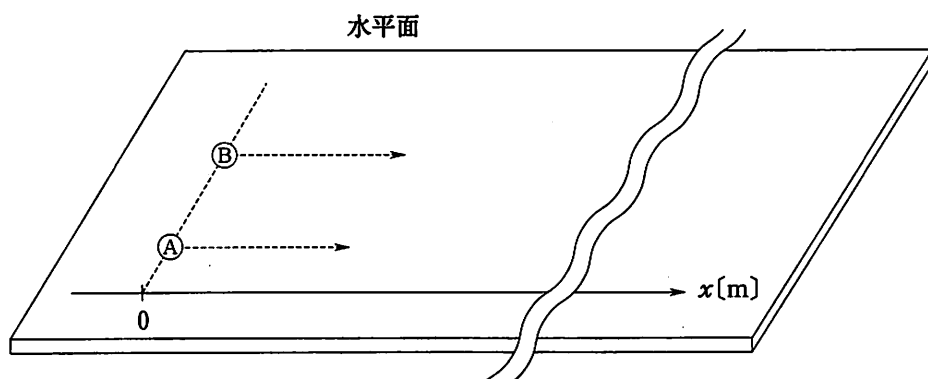


図1

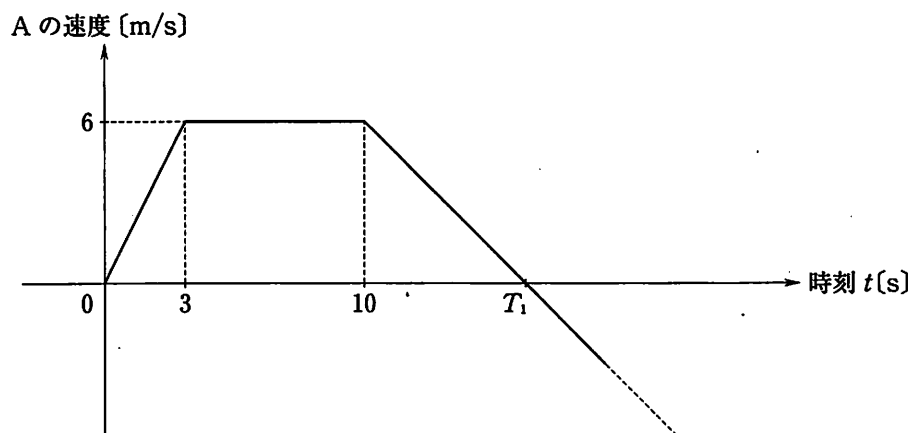


図2

- (1) 衝突の際に、小球 R が受けた力積の大きさを求めよ。
- (2) 衝突前の小球 R の速さと角度 θ をそれぞれ求めよ。
- (3) この衝突によって失われた力学的エネルギーを求めよ。

化 学

1 (配点 29点)

次の文を読み、問1～問5に答えよ。

原子どうしの結合は、価電子の関与のしかたの違いによって、イオン結合、共有結合、金属結合に分類される。

酸化ナトリウム Na_2O の結晶中では、陽イオン Na^+ と陰イオン O^{2-} が 力によって結びついている。このような結合をイオン結合という。

水 H_2O 分子では、水素原子 H と酸素原子 O が不対電子を1個ずつ出し合って電子対を形成し、これを2原子が共有して結びついている。このような結合を共有結合という。

ナトリウム Na のような金属の結晶中では、各原子の価電子が特定の原子間で共有されることなく、結晶全体を動き回ることができる。このような電子を 電子といい、 電子による原子どうしの結合を金属結合という。

問1 空欄 , に最も適する語をそれぞれ記せ。

問2 水 H_2O 分子の電子式を次の【例】にならって記せ。

【例】 $:\text{N}:::\text{N}:$

問3 次の(ア)～(オ)の記述のうち、金属結晶およびイオン結晶の一般的な性質として最も適切なものをそれぞれ一つずつ選び、その記号を記せ。

- (ア) 融点が極めて高く、電気伝導性がない。
- (イ) 結晶状態では電気伝導性がないが、その融解液や水溶液には電気伝導性がある。
- (ウ) やわらかく昇華性があり、電気伝導性がない。
- (エ) 電気伝導性があり、もろくはがれやすい。
- (オ) 電気伝導性があり、展性や延性が大きい。

問4 分子からなる物質では、分子間にはたらく引力が強いほど沸点は高い。次の表は、4種類の物質について、沸点、分子量、および結合エネルギーをまとめたものである。

表

分子	H ₂	F ₂	HCl	HF
沸点 [°C]	-253	-188	-85	20
分子量	2.0	38	36.5	20
結合エネルギー* [kJ/mol]	436	158	432	568

* 原子間の共有結合 1 mol を切断して気体状態の原子にするのに必要なエネルギー

次の(1)、(2)の各組の物質の沸点の違いは主にどのようなことから説明できるか。最も適切なものを下の(ア)～(エ)の記述のうちからそれぞれ一つずつ選び、その記号を記せ。ただし、同じ記号を繰り返し選んでもよい。

(1) 水素 H₂ と フッ素 F₂

(2) フッ素 F₂ と 塩化水素 HCl

(ア) 分子中の原子間の結合エネルギーが大きいものほど、原子間にはたらく力が強い。

(イ) 構造が類似した分子の場合、分子量が大きい分子ほどファンデルワールス力が強い。

(ウ) 分子量が同程度の分子の場合、極性分子の間にはたらく力の方が、無極性分子の間にはたらく力より強い。

(エ) 水素結合はファンデルワールス力より強い。

問5 酸化ナトリウムの結晶は、ナトリウムイオン Na^+ と酸化物イオン O^{2-} からなるイオン結晶であり、その単位格子は次の図に示す破線(-----)で囲んだ立方体である。この結晶格子では、酸化物イオンが面心立方格子と同じ配列をとり、図において、ナトリウムイオンは単位格子を8等分した各小立方体の中心に位置している。なお、図中の球はイオンの中心位置を表したものであり、最近接の陽イオンと陰イオンを実線で結んでいる。これについて、下の(1)～(5)に答えよ。

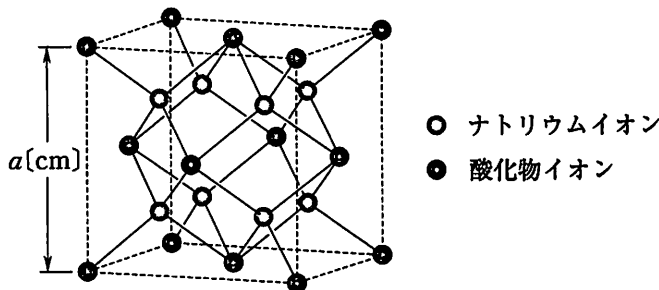


図 酸化ナトリウムの単位格子

- (1) 図の単位格子に含まれるナトリウムイオンおよび酸化物イオンはそれぞれ何個か。その数を記せ。
- (2) 結晶中でナトリウムイオンを取り囲む酸化物イオンの数(配位数)はいくつか。その数を記せ。
- (3) 結晶中で酸化物イオンを取り囲むナトリウムイオンの数(配位数)はいくつか。その数を記せ。
- (4) ナトリウムイオンの半径を $R[\text{cm}]$ 、酸化物イオンの半径を $r[\text{cm}]$ とすると、図の単位格子の一辺の長さ $a[\text{cm}]$ は、 R と r を用いてどのように表されるか。文字式で記せ。ただし、最近接の陽イオンと陰イオンは互いに接しているものとし、式中に平方根が含まれる場合には、それを小数で近似せずに平方根のまま記すこと。
- (5) 酸化ナトリウムの結晶の密度は何 g/cm^3 か。四捨五入により有効数字2桁で記せ。ただし、酸化ナトリウムのモル質量は $62 \text{ g}/\text{mol}$ 、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、図の単位格子の一辺の長さ a は $5.65 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とする。なお、 $5.65^3 = 180$ として計算せよ。

2 (配点 24点)

次の文を読み、問1～問7に答えよ。

農林水産省の食酢品質表示基準によると、食酢は醸造酢と合成酢に分類される。醸造酢は穀類や果実などを原料とした発酵調味料であり、これには米酢、ブドウ酢、リンゴ酢などがある。一方、合成酢は酢酸の希釈液に砂糖や酸味料などを加えた調味料である。

あるリンゴ酢中の酸成分を定量するため、下の実験1、2を行った。ただし、実験は温度25℃のもとで行い、このリンゴ酢中の酸成分は酢酸とリンゴ酸のみであるとする。また、次の表は、酢酸とリンゴ酸の構造式とその物理的データをまとめたものである。

表

物質名	構造式	分子量	融点[℃]	沸点[℃]
酢酸	$\text{CH}_3\text{-COOH}$	60.0	17	118
リンゴ酸*	$\begin{array}{c} \text{HO-CH-COOH} \\ \\ \text{CH}_2\text{-COOH} \end{array}$	134.0	100	150

* リンゴ酸は分子内に -COOH の構造を2つもち、酢酸と同程度の強さの2価の酸としてはたらく。

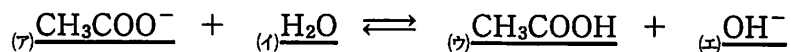
実験1：① リンゴ酢 2.00 mL をコニカルビーカーにはかり取り，水を加えて約 10 mL とした。これに指示薬としてフェノールフタレイン溶液を数滴加えたのち、② ビュレット から 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を滴下したところ、③ 終点 までに 14.40 mL を要した。

実験2：リンゴ酢 2.00 mL を蒸発皿にはかり取り，液体成分を蒸発させたところ，水および，酢酸とリンゴ酸のうち的一方が完全に蒸発し，他方はすべて固体として残った。残った固体を約 20 mL の水に溶かしてコニカルビーカーに移したのち，フェノールフタレインを指示薬として 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ，終点までに 4.80 mL を要した。

問1 プレンステッドとローリーは、酸と塩基を次のように定義した。

「酸とは水素イオン H^+ を与える物質であり、塩基とは水素イオン H^+ を受け取る物質である。」

次の可逆反応において、下線を付けた(ア)～(エ)のイオンまたは分子のうちから、プレステッド・ローリーの定義による塩基としてはたらいっているものをすべて選び、その記号を記せ。



問2 醸造酢において、酢酸は酢酸菌のはたらきによってエタノールからつくられる。

このときの変化は、エタノール(示性式 C_2H_5OH)と酸素 O_2 から酢酸(示性式 CH_3COOH)と水が生じる変化として表すことができる。この変化を化学反応式で記せ。

問3 下線部①について、リンゴ酢を正確にはかり取る時に用いる実験器具として最も適切なものを、次の(ア)～(オ)のうちから一つ選び、その記号を記せ。

- (ア) 精密てんびん (イ) ホールピペット (ウ) メスシリンダー
(エ) 駒込ピペット (オ) 三角フラスコ

問4 下線部②について、ビュレットは純水で洗ったのち、滴定に用いる水酸化ナトリウム水溶液で内壁をすすいでから用いる。仮に、ビュレットの内壁が純水で濡れたままの状態の水酸化ナトリウム水溶液を入れて滴定を行った場合、次の(1)、(2)の値は正しい操作を行った場合と比較してどのようになるか。下の(ア)～(ウ)のうちからそれぞれ一つずつ選び、その記号を記せ。ただし、同じ記号を繰り返し選んでもよい。

- (1) 滴定の終点までに必要な水酸化ナトリウム水溶液の滴下量
(2) (1)の滴下量を用いて算出される酸のモル濃度
(ア) 大きくなる (イ) 小さくなる (ウ) 変化しない

問5 酢酸と水酸化ナトリウムの反応を化学反応式で記せ(イオン反応式は不可)。

問6 下線部③について、終点の前後においてコニカルビーカー内の水溶液の色は何色から何色に変化するか。次の色のうちから最も適切なものを選んで記せ。ただし、リンゴ酢を希釈した水溶液は無色であるとする。

無色 黄色 赤色 青色 緑色

問7 リンゴ酢中の酸成分について、次の(1)、(2)に答えよ。ただし、答の数値は四捨五入により有効数字2桁で記せ。

- (1) リンゴ酢中の酢酸およびリンゴ酸のモル濃度はそれぞれ何 mol/L か。
- (2) リンゴ酢中の酸成分(酢酸とリンゴ酸)の質量パーセント濃度は何 % か。ただし、リンゴ酢の密度は 1.02 g/cm^3 とし、リンゴ酢中の酸成分の質量パーセント濃度は次式で表される。

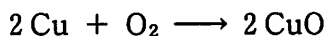
$$\frac{\text{リンゴ酢中の酢酸とリンゴ酸の質量の和}}{\text{リンゴ酢の質量}} \times 100 \%$$

化学の問題は次のページに続く。

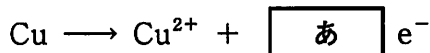
3 (配点 21点)

次の文を読み、問1～問5に答えよ。ただし、標準状態(0℃, 1.013×10⁵ Pa)における気体のモル体積は22.4 L/molとする。

銅を空气中で加熱すると、次式のように、銅は酸素によって酸化されて酸化銅(Ⅱ)になる。このとき、酸素は銅によって還元されている。

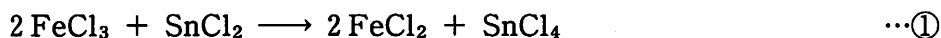


この反応におけるCuおよびO₂の変化を電子e⁻を含むイオン反応式で表すと、それぞれ次のようになる。

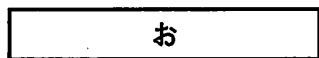
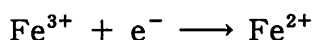


このようにCuは電子e⁻を放出して $\boxed{\text{う}}$ 剤としてはたらき、O₂は電子e⁻を受け取って $\boxed{\text{え}}$ 剤としてはたらいている。

酸素が関与していない次の①式のような反応についても、電子e⁻の授受で酸化還元を考えることができる。



この反応におけるFe³⁺およびSn²⁺の変化を電子e⁻を含むイオン反応式で表すと、それぞれ次のようになる。



また、酸化数の変化によって酸化還元を考えることもできる。

問1 空欄 $\boxed{\text{あ}}$, $\boxed{\text{い}}$ に適する係数をそれぞれ記せ。

問2 空欄 $\boxed{\text{う}}$, $\boxed{\text{え}}$ に適する語を、「酸化」または「還元」のうちから選んでそれぞれ記せ。

問3 空欄 $\boxed{\text{お}}$ に適する電子e⁻を含むイオン反応式を記せ。

問4 ハロゲンの単体である Cl_2 , Br_2 , I_2 の酸化力の強さは、次の②, ③式の反応がいずれも水溶液中で右向きに進行することから、 $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$ の順であることがわかる。



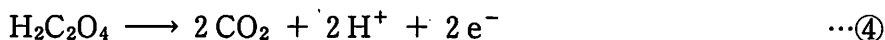
空欄

か

 に適する化学反応式を記せ。ただし、反応式中の化学式は次の【化学式】のうちから必要なものを選んで用いよ。

【化学式】 Cl_2 , Br_2 , I_2 , KCl , KBr , KI

問5 シュウ酸水溶液に硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えて温めると、二酸化炭素が発生する。このとき、シュウ酸および過マンガン酸イオンの変化をそれぞれ電子 e^- を含むイオン反応式で表すと、次の④, ⑤式ようになる。



(1) ④式における炭素原子の酸化数の変化を、次の【例】にならって記せ。

【例】 $+2 \longrightarrow -1$

(2) 下線部の反応をイオン反応式で記せ。

(3) 0.10 mol/L のシュウ酸水溶液 50 mL に十分な量の硫酸と 0.020 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液 50 mL を加えた。このとき発生する二酸化炭素の体積は標準状態で何 L か。四捨五入により有効数字2桁で記せ。ただし、二酸化炭素は水溶液に溶解しないものとする。

(4) シュウ酸鉄(II)二水和物 $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (モル質量 180 g/mol) 0.180 g を十分な量の希硫酸にすべて溶解させた。この水溶液中に含まれる還元剤と過不足なく反応する 0.050 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液の体積は何 mL か。四捨五入により有効数字2桁で記せ。なお、このとき、鉄(II)イオンは過マンガン酸イオンによって酸化されて鉄(III)イオンになる。

4 (配点 26点)

次の文を読み、問1～問6に答えよ。ただし、水および水溶液の密度はいずれも 1.0 g/cm^3 とし、気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。

溶液を構成する成分の一部は通過できるが、その他の成分は通過できない膜を半透膜という。下の図1のように、断面積が一律なU字管の中央を① 水分子のみが通過できる半透膜 で仕切り、左側に純水、右側に塩化ナトリウム水溶液を同体積ずつ入れて、質量が無視でき、摩擦がなく滑らかに上下に動ける蓋で液面を完全に覆った(状態1)。これを一定の温度、一定の大気圧(外圧)のもとで、十分な時間放置すると、水が溶液側に浸透して、② 純水側の液面が下降し、溶液側の液面が上昇した(状態2)。また、状態1において、溶液側の液面に圧力を加えると、液面上昇を抑えることができた(状態3)。このとき、溶液側に加えている圧力は、溶媒が半透膜を通過して溶液側に浸透しようとする圧力(溶液の浸透圧)に等しい。

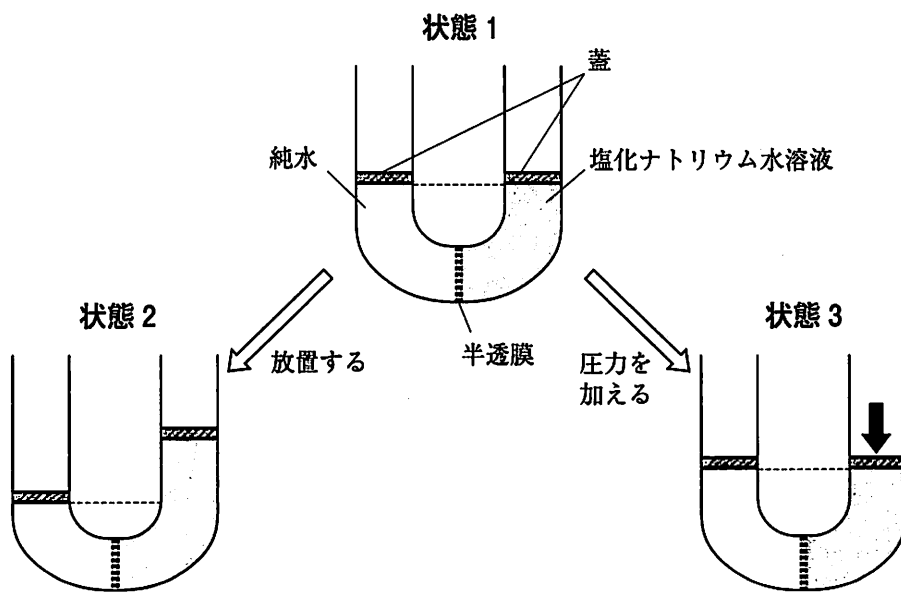


図1

希薄溶液の浸透圧 Π は、溶質(非電解質)のモル濃度 C および絶対温度 T に比例し、その比例定数は気体定数 R と同じ値であることが知られている。

$$\Pi = CRT$$

この式は、溶液の体積 V と溶質の物質質量 n を用いて、次のように表すこともできる。

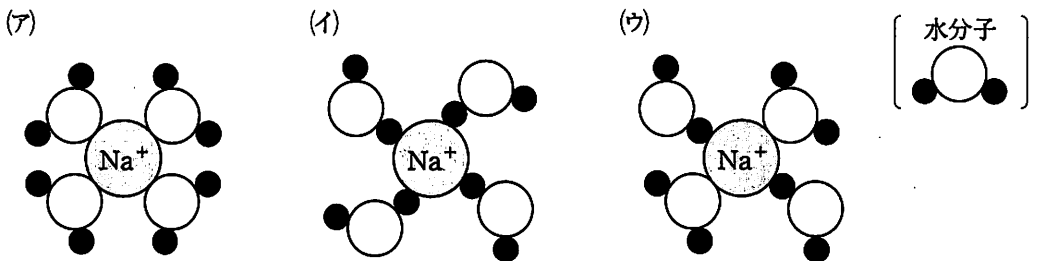
$$\Pi V = nRT$$

これを あ の法則という。なお、溶質が電解質の場合、溶液の浸透圧は、電離によって生じたイオンを含むすべての溶質粒子のモル濃度に比例する。

問1 空欄 あ に適する人名を、次の(ア)～(オ)のうちから一つ選び、その記号を記せ。

- (ア) ヘス (イ) ルシャトリエ (ウ) ファントホッフ
 (エ) ヘンリー (オ) アボガドロ

問2 下線部①について、ナトリウムイオンの大きさが水分子と同程度であるにもかかわらず、水分子は半透膜を通過できるが、ナトリウムイオンは半透膜を通過できない。これは、ナトリウムイオンが水溶液中では大きな水和イオンになっているからであると説明される。ナトリウムイオンの水和イオンを表す模式図として最も適切なものを、次の(ア)～(ウ)のうちから一つ選び、その記号を記せ。ただし、水分子は酸素原子を○、水素原子を●として模式的に表している。



問3 下線部②について、実験の条件を次の(1)～(3)に変更して行くと、純水側と溶液側の液面差は、変更前と比べてどのようなになるか。それぞれについて、「大きくなる」、「小さくなる」、「変わらない」のいずれかを記せ。

- (1) 温度を高くする。
- (2) 外圧を大きくする。
- (3) 塩化ナトリウム水溶液を、同じモル濃度のグルコース水溶液に変える。

問4 下線部②の状態2では、水溶液の体積は90 mL、左右の液面差は20 cmであった。状態2から、ある質量のおもりを溶液側に載せ、十分な時間放置したところ、左右の液面差がゼロになった(状態4)。このとき載せたおもりの質量は何gか。四捨五入により有効数字2桁で記せ。ただし、U字管の断面積は 1.0 cm^2 、1.0 cmの水溶液柱がその底面に及ぼす圧力を100 Paとする。

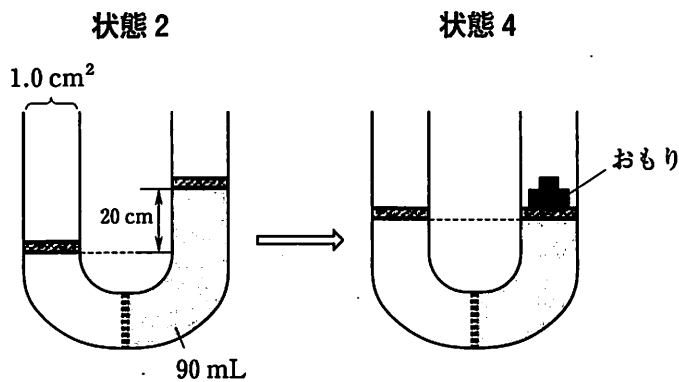


図2

問5 純水と水溶液を半透膜で隔てて、水溶液側にその浸透圧より大きい圧力を加えると、溶媒の水が水溶液側から純水側に移動する。このような現象を逆浸透といい、海水の淡水化に利用されている。

下の図3の装置を用いて、ピストンに圧力 P を加えて、溶質 X (非電解質) を含む水溶液から純水を取り出す操作を考える。装置内は X が通過できない半透膜で仕切られている。最初、左側に純水 1.0 L を、右側に 0.010 mol/L の X の水溶液 1.0 L を入れ、ピストンに加える圧力 P をある圧力 P_0 としたところ、水の移動は起こらず、ピストンおよび可動壁は静止したままであった。

これに関して、次の(1)、(2)に答えよ。ただし、装置の温度は常に 27°C に保たれ、可動壁およびピストンは摩擦がなく滑らかに左右に動くものとする。

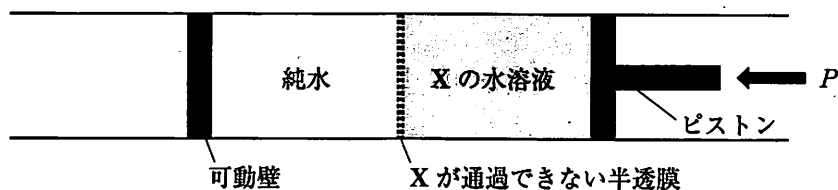


図3

- (1) 圧力 P_0 は何 Pa か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。
- (2) ピストンに加える圧力 P を P_0 から 1.0×10^5 Pa まで徐々に大きくしていくと、逆浸透が起こり、X の水溶液側から純水側に水が移動していった。
 $P = 1.0 \times 10^5$ Pa にしたとき、純水の体積は何 L か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

問6 小さい分子やイオンは通過できるが、③ コロイド粒子のような大きい粒子は通過できない半透膜を中央に取り付けた U 字管を用いて、次の【実験】を行った。これについて、下の(1)～(3)に答えよ。

【実験】

次の図4のように、U字管の左側に純水 50 mL を、右側にデンプン水溶液 50 mL を入れて十分な時間放置すると、左右の液面差が h になった。

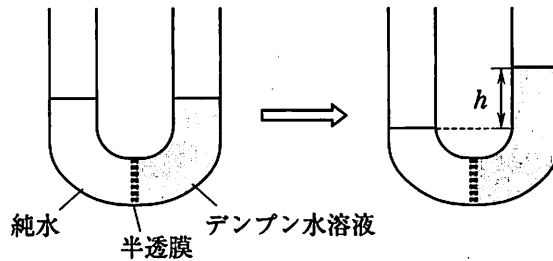


図4

- (1) 下線部③について、コロイド粒子の大きさ(直径)はおよそ何 cm か。次の(ア)～(エ)のうちから最も適当なものを一つ選び、その記号を記せ。
- (ア) $10^{-9} \sim 10^{-7}$ cm (イ) $10^{-7} \sim 10^{-5}$ cm (ウ) $10^{-5} \sim 10^{-3}$ cm
 (エ) $10^{-3} \sim 10^{-1}$ cm
- (2) コロイドに関する次の(ア)～(エ)の記述のうちから誤りを含むものを一つ選び、その記号を記せ。
- (ア) コロイド溶液に光束を当てると、光の通路がはっきりと見える。これをチンダル現象という。
- (イ) コロイド溶液中で、コロイド粒子は不規則に動いている。これをブラウン運動という。
- (ウ) コロイド溶液が流動性を失って固まった状態をゾルという。
- (エ) 正に帯電したコロイド粒子は、電気泳動を行うと陰極側に移動する。
- (3) 【実験】に関して、U字管の左側に純水の代わりに、デンプン水溶液と同じモル濃度の塩化ナトリウム水溶液 50 mL を入れて十分な時間放置すると、左右の液面差は h と比べてどうなるか。「大きくなる」、「小さくなる」、「変わらない」のいずれかを記せ。