

令和4年度一般選抜試験(後期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で37ページあり、問題数は、物理4問、化学4問、生物4問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が3枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3枚の解答用紙のすべての所定欄に、それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。また、※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち2科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙3枚のうち1枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

物 理 (後期)

I 以下の文章中の空欄に適切な文字式を入れよ。

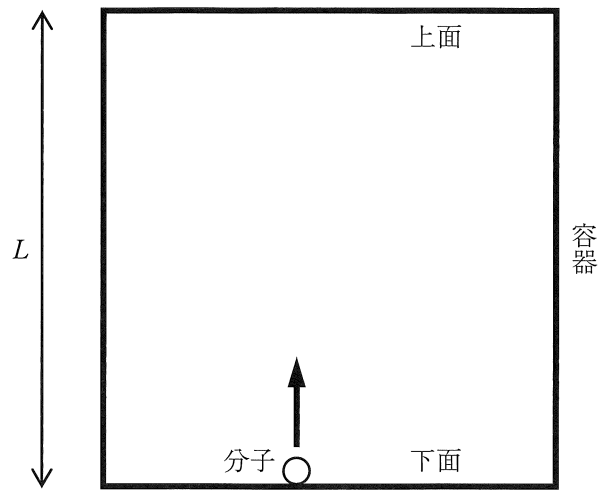
大気圧の起源が気体に作用する重力であることはよく知られている。しかし、空中で運動している気体分子に作用する重力がなぜ大気圧として計測できるのかは自明ではない。そこで、気体分子を重力のもとで運動する質点と考えてみる。

図のように、直方体の密閉容器を一辺が鉛直方向になるように置き、その中に質量 m の気体分子を 1 個だけ入れる。容器の鉛直方向の高さは L である。重力加速度の大きさを g とする。簡単のために、分子は鉛直方向にのみ運動するとし、容器にはじゅうぶんな質量があるため分子の衝突によって動くことはないとする。なお、以下では力積は全て鉛直上向きを正とする。

この分子を容器の下面に置き、時刻 $t=0$ で鉛直上向きに大きさ v_0 の初速度を与えたところ、分子は容器の上面に到達することなく、途中で向きを変えて落下し下面に弾性衝突した。衝突の直前の分子の速さは 、衝突した時刻は である。分子が 1 回の衝突で下面に与える力積は である。この運動を続けた分子が単位時間のうちに下面に衝突する回数は 回なので、単位時間の中に分子が下面に与える力積は となる。

つぎに、同じく下面に置いた分子に時刻 $t=0$ で鉛直上向きに大きさ v_1 ($v_1 > v_0$) の初速度を与えたところ、分子は容器の上面に弾性衝突した。衝突の直前の分子の速さは 、衝突する時刻は である。分子が 1 回の衝突で上面に与える力積は である。その後、分子は鉛直下向きに運動して下面に弾性衝突した。衝突の直前の分子の速さは 、衝突した時刻は である。この運動を続けた分子が単位時間の間に上面と下面に与える力積は、それぞれ 、 であるので、容器全体が単位時間の間に受ける力積の総和は となる。

したがって、以上のどちらの場合でも、分子が容器に及ぼす平均の力が重力に等しいことがわかる。



II 図1のように、 xy 平面上に2つのスリット P_1 , P_2 が y 軸と平行になるように配置し、その間に平行平板コンデンサー C をおいた。コンデンサー内には磁束密度の大きさ B (紙面表から裏向き)の一樣な磁場と、 x 軸正の方向に大きさ E の一樣な電場がかけてられている。荷電粒子を y 軸と平行に P_1 を通してコンデンサーに入射させた。荷電粒子の速さを調整することで、荷電粒子がコンデンサー内を直進し、 P_2 を通過できるようにした。このような荷電粒子に関して、以下の問に答えよ。また途中の考え方も記せ。ただし、荷電粒子にかかる重力の影響は無視してよい。

問 1 この荷電粒子の速さはいくらか。

P_2 を通過した荷電粒子は、磁束密度の大きさ B (紙面表から裏向き)の一樣な磁場がかかっている領域 S を通過し、 y 軸に到達する。 S はじゅうぶん大きな長方形で、その下辺が x 軸上にあり、 S の左下の頂点 Q の座標は $(d, 0)$ である。

問 2 質量 M 、電荷 $q(>0)$ の荷電粒子が、図1のように、 Q を中心とする半径 R の円弧を描きながら S を通過し、 y 軸に到達した。このとき B と E が満たすべき関係式を記せ。

問 3 質量 $2M$ で電荷 $q(>0)$ の荷電粒子が、図2のように、 x 軸上の点 Q' を中心とする円弧を描きながら S を通過し、 y 軸上のある点 Y に到達した。

- i) 荷電粒子が描く Q' を中心とする円弧の半径を、 R を用いて表せ。
- ii) この荷電粒子が、 S を出た直後の y 座標の値を、 R を用いて表せ。
- iii) Y の y 座標の値を求めよ。

問 4 質量が不明で電荷 $q(>0)$ の荷電粒子が、図3のように、 S を通過し、 y 軸上のある点に到達した。このとき荷電粒子は、 S を出た直後から y 軸に到達するまでに、 y 軸正の方向に $0.1d$ 進んでいた。この荷電粒子の質量はいくらか。ただし、 a が1よりじゅうぶん小さいとき、 $\sqrt{1+a}=1+\frac{1}{2}a$ としてよい。

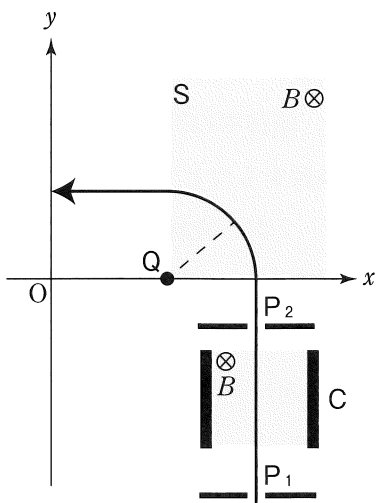


图 1

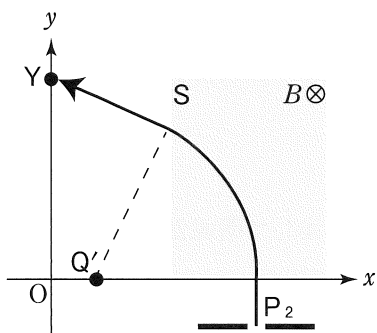


图 2

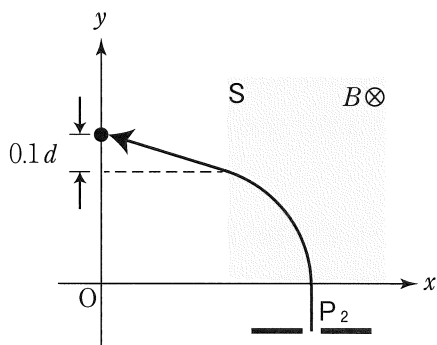


图 3

Ⅲ 流体中の粒子の速度を測定する方法として、レーザードップラー法という方法がある。その簡略化した原理を以下のように考えてみる。

レーザー光線を光線 A と光線 B の 2 本に分割し、流体中の計測を行いたい場所で交差させる。このレーザー光線は流体中で λ の波長をもつとする。図 1 は光線 A と光線 B の両方の中心軸を含む断面を示している。2 本の光線が交差するひし形 PQRS の領域の両端の点 P と点 R を通るように x 軸をとり、同じ面内に y 軸をとる。光線 A と光線 B は、図のように x 軸と $\pm 30^\circ$ の角度をなし、ともに 6λ の幅を持つ。レーザー光線は平面波としての性質をもち、点 P における光線 A と光線 B の位相は等しいものとする。問 4 以外は途中の考え方も記せ。

問 1 線分 PR 上には、光線 A の位相が点 P と等しい点は何個あるか。ただし、点 P は数に含めないものとする。

問 2 線分 PQ 上には、光線 A の位相が点 P と等しい点は何個あるか。ただし、点 P は数に含めないものとする。

問 3 ひし形 PQRS 内では、光線 A と光線 B が干渉して明線が生じる。となり合う明線の間隔はいくらか。

問 4 ひし形 PQRS 内に生じる明線を、解答欄に実線で図示せよ。

図 1 に示すように、 y 方向に v の速さで運動する粒子が、ひし形 PQRS 内の点 S と点 Q を結ぶ線の近くを通過している途中で、粒子が反射した光の強度を時間 t に対して測定すると、図 2 のように、 Δt の周期で強度が極大となった。

問 5 粒子の速さ v は Δt を用いてどのように表されるか。

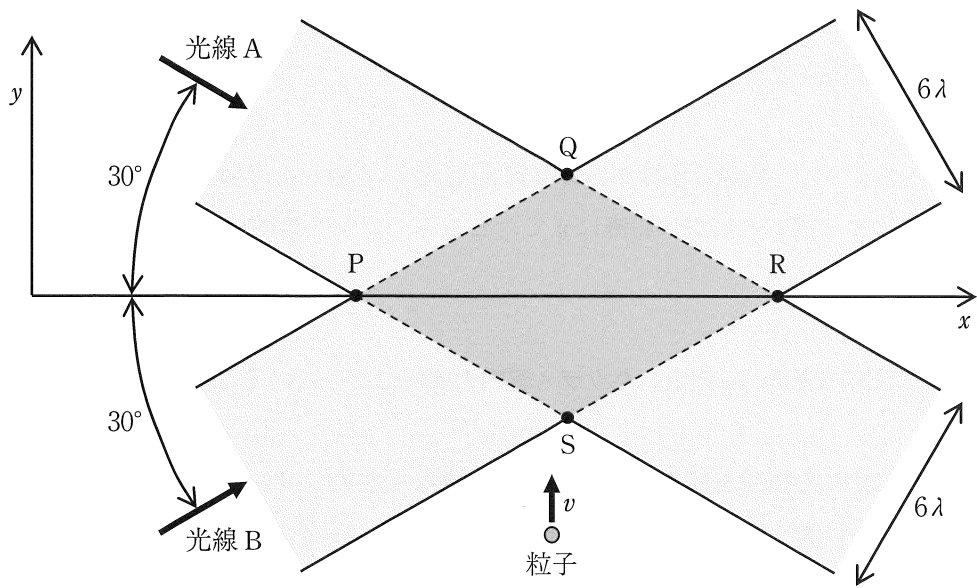


图 1

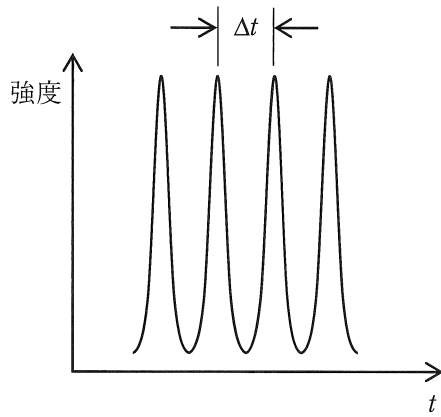


图 2

IV 大気圧を p_0 、重力加速度の大きさを g として、以下の間に答えよ。問5以外は途中の考え方も記せ。

図1のように、常温で液体である物質 X(密度 ρ) で満した片側が閉じたガラス管を、同じ X で満した容器に鉛直に立てたところ、ガラス管内の液面がある高さで静止した。

問 1 容器の液面から測定したガラス管内の液面の高さはいくらか。

鉛直に立てた周囲を断熱材で囲まれた一様な太さのシリンダー(体積 $2V_0$)の底に、滑らかに動く薄くて軽い仕切り板が入っている。シリンダーの底にはヒーターが組み込まれている。シリンダーに X を問1で求めた高さと同じになるまで注いだ。その後、シリンダーの底にあるガス導入口から窒素ガスをゆっくりと入れたところ、図2のように X の液面がシリンダーの上端に達した。このとき、X と窒素ガスの体積は同じであった。仕切り板を通した熱の移動はなく、X は窒素ガスの入ったシリンダー内に漏れることはない。窒素ガスは理想気体としてふるまうものとする。

問 2 窒素ガスの圧力はいくらか。

次に、シリンダーに組み込まれたヒーターで窒素ガスを加熱したところ、仕切り板はある高さまでゆっくりと上昇し、その後、加速しながら上昇しシリンダーの上端に達した。

問 3 仕切り板が上昇している間、仕切り板が窒素ガスに加える圧力 p を窒素ガスの体積 V を用いて表せ。

問 4 仕切り板がある高さまでゆっくりと上昇する過程において、窒素ガスの温度の最大値は加熱開始前の温度の何倍か。また、その時の窒素ガスの体積はいくらか。

問 5 仕切り板が加速しながら上昇しシリンダーの上端に達するまでの過程において、以下の①～⑥の文のうち正しいものをすべて選び記号で答えよ。正しいものがなければ「該当なし」とせよ。

- ① 窒素ガスの内部エネルギーの変化は常に負である。
- ② 窒素ガスがヒーターから得た熱は、大気圧に逆らって X を上昇させるのに必要な仕事と等しい。
- ③ 仕切り板がシリンダーの上端に達した瞬間の窒素ガスの温度は、加熱開始前の窒素ガスの温度と等しい。
- ④ 窒素ガスの圧力は、仕切り板が X から受ける圧力と大気圧との和よりも常に大きい。
- ⑤ 仕切り板がシリンダーの上端に達するまでに、シリンダー内のガスがする仕事は、ガスの種類によらない。
- ⑥ 途中でヒーターを切ると、仕切り板はすぐに降下し始める。

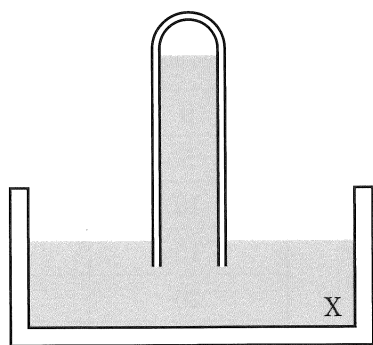


図 1

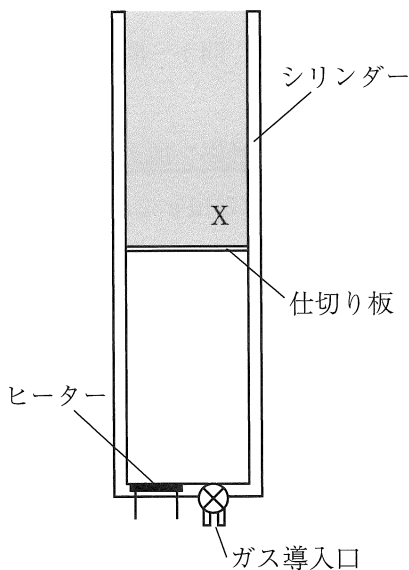


図 2

化 学 (後期)

[注意] 問題を解く際に、必要ならば、次の値を用いなさい。

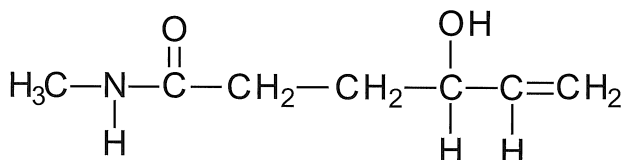
原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.1,

Na = 23.0, Cl = 35.5, Ca = 40.0, Cu = 63.6

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

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$

また有機化合物を構造式で解答する場合に特別な指示がなければ、次の例を参考にしなさい。



I 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

過酸化水素水に触媒を加えると酸素が発生する。

いま、27℃、1032 hPaにおいて、濃度不明の過酸化水素水 50.0 mL と、ある触媒 A の水溶液 50.0 mL を混合したところ、酸素が発生した。この酸素を全て水上置換で捕集し、その量の時間変化を測定した。捕集した酸素は、時間経過とともに増加したが、45分後に 55.4 mL となった後は体積に変化はなかった。

右表は、触媒混合後の経過時間とその時間までに捕集された酸素の量をまとめたものである。

触媒混合後の経過時間(分)	捕集した酸素量(mL)
0	0.0
5	18.2
10	30.7
15	38.3
20	45.2
25	49.8
30	52.8
45	55.4
60	55.4
90	55.4

問 1 下線部の反応を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

問 2 触媒混合前の過酸化水素水の濃度は何 mol/L か、有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、発生した酸素の水への溶解は無視できるものとし、27℃での水の飽和水蒸気圧を 3.20 kPa とする。

問 3 触媒混合 5 分後には、反応開始時に存在した過酸化水素の何%が分解したか。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

問 4 触媒混合直後から 5 分間の過酸化水素の分解反応速度を v_0 、混合後 25 分から 30 分の 5 分間の過酸化水素の分解反応速度を v_{25} とすると、 v_0 は v_{25} の何倍になるか。解答欄に有効数字 2 桁で答えなさい。

問 5 触媒 A とは異なる触媒 B を、触媒 A の水溶液と同じモル濃度になるように水に溶解して触媒 B の水溶液を作製した。この触媒 B の水溶液を触媒 A の水溶液の代わりに用いて同様の実験を行ったところ、混合開始から 5 分後に生じた酸素の量は 35.8 mL であった。さらに反応を進めると、最終的に触媒 A の水溶液を用いた時と同様に 55.4 mL の酸素が捕集された。

触媒 A の水溶液を用いた時と、触媒 B の水溶液を用いた時を比べた場合、下線部の反応における反応熱および、活性化エネルギーの大小関係について、それぞれ次の選択肢(ア)~(ウ)のうちどれが最も適切な記述か、反応熱については解答欄(i)に、活性化エネルギーについては解答欄(ii)に、それぞれ(ア)~(ウ)の記号で答えなさい。

- (ア) 触媒 A の水溶液を用いた方が大きい
- (イ) 触媒 B の水溶液を用いた方が大きい
- (ウ) どちらの触媒の水溶液を用いても変わらない

問 6 以下の(ア)~(オ)の各文章のうち、それらの現象において下線部の物質が均一触媒として働いているものをすべて選び、解答欄に記号で答えなさい。

- (ア) スクロース溶液にインペルターゼ溶液を加えて 37℃で保温すると、溶液はやがて還元性を示した。
- (イ) エチレンを白金の板とともに密閉容器に入れ、水素と反応させるとエタンが生じた。
- (ウ) エタノールと酢酸の混合溶液に濃硫酸を少量加えて加熱すると、酢酸エチルが得られた。
- (エ) 亜鉛の容器に酸化マンガン(IV)の粉末を充填し、容器に接しないように炭素の棒を入れた後、電解液として水酸化カリウム水溶液を入れると、亜鉛容器と炭素棒との間で 1.5 V の起電力が確認された。
- (オ) フェノールの水溶液に塩化鉄(III)水溶液を加えると、紫色の呈色が確認された。

II 次の問 1～問 5 に答えなさい。

問 1 塩化ナトリウムの結晶構造は、塩化ナトリウム型と呼ばれる格子構造である。

ある温度での塩化ナトリウムの結晶の密度を $d \text{ g/cm}^3$ 、ナトリウムイオンのイオン半径を $x \text{ cm}$ 、塩化物イオンのイオン半径を $y \text{ cm}$ 、両イオン半径の和 $(x + y)$ を $r \text{ cm}$ としたとき、アボガドロ定数 (N_A) を d 、 r を用いた最も簡単な文字式で表し解答欄に答えなさい。ただし、文字式に小数は用いないこと。

問 2 ナトリウムおよび塩化ナトリウムについて、以下の記述からそれぞれに該当するものをすべて選び、それぞれの解答欄に(ア)～(カ)の記号で答えなさい。ただし、同じ記号を何度用いてもよい。

- (ア) 結晶ではへき開が見られる。 (イ) 結晶状態で電気を通す。
(ウ) 融解状態で電気を通す。 (エ) 自由電子がある。
(オ) 昇華性を持つ。 (カ) 固体では展性や延性が大きい。

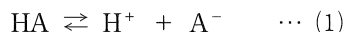
問 3 試験管①と試験管②に、分子式がいずれも $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ であるが異なる性質の化合物(液体)を 5 mL ずつ入れた。次に、それぞれの試験管に固体のナトリウムの小片を入れたところ、試験管①では変化が見られなかったが、試験管②では気体を発生してナトリウムは全て溶解した。試験管①に入れた化合物の名称を解答欄(i)に、その構造式を解答欄(ii)に答えなさい。また、試験管②で生じた反応を化学反応式で表し解答欄(iii)に答えなさい。ただし、化学反応式中の有機化合物はすべて示性式で表しなさい。

問 4 固体のナトリウム 2.99 g を少しずつ水に溶解し、すべて溶けた後に水を加えて正確に 200 mL にした。この溶液を中和するためには 0.200 mol/L の硫酸が何 mL 必要か。有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。

問 5 酢酸ナトリウムの水溶液に酢酸を加えると、緩衝液(pH 緩衝液)として利用することができる。このとき、目的の pH 値となる緩衝液を作製する際に役立つ

つ計算式として、ヘンダーソン・ハッセルバルヒ式がある。この式は下記のよ
うに導かれる。

ある弱酸を HA とすると、水溶液中でこの弱酸は、



の反応式で表されるように、一部が電離して生じた H^+ 、 A^- と、弱酸 HA の
平衡状態となる。この状態の平衡定数は酸解離定数 K_a と呼ばれ、次の式で定
義される。

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \dots (2)$$

酸解離定数 K_a の値をもとに、 K_a の逆数の常用対数である $\text{p}K_a$ は次のように
定義される。

$$\text{p}K_a = -\log K_a \quad \dots (3)$$

式(2)(3)より、

$$\text{p}K_a = -\log K_a = -\log \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \dots (4)$$

$$\text{p}K_a = -\log[\text{H}^+] - \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \dots (5)$$

ここで、 $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ より、

$$\text{p}K_a = \text{pH} - \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \dots (6)$$

となる。

この式を、 pH を求める形に変形すると、

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \dots (7) \quad \text{となり、}$$

この式をヘンダーソン・ハッセルバルヒ式という。

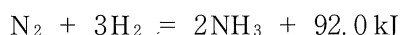
いま、酢酸ナトリウム(無水物) 8.61 g を約 90 mL の水に溶かした溶液があ
る。この溶液に 2.40 mL の酢酸を入れてよくかき混ぜた後、水で全量
を 100 mL にした。得られた溶液の pH はいくらになるか。ヘンダーソン・ハッ
セルバルヒ式(7)を利用して求め、その値を小数点以下第 2 位まで解答欄に答え
なさい。ただし、この実験における温度(27 °C)での酢酸の密度を 1.05 g/cm^3 、
 $\text{p}K_a$ の値を 4.56 とする。

Ⅲ 次の[実験1]～[実験3]についての文章を読み、問1～問6に答えなさい。

[実験1]

窒素 2.00 mol と水素 6.00 mol の混合気体を密閉容器に入れて高温・高圧で十分な時間反応させたところ、反応は平衡に達して 3.00 mol の気体のアンモニアが生じた。この平衡状態における容器内の水素の分圧は 2.40×10^6 Pa であった。

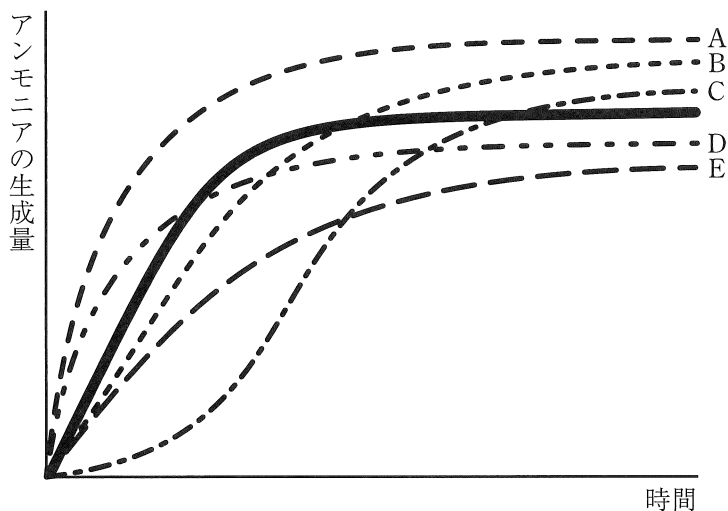
この反応においては、次の熱化学方程式が成立する。



問1 [実験1]の反応において、平衡時にアンモニアをより多く生成させるためには、どのように条件を変化させるとよいか、次の(ア)～(オ)から最も適切な条件変化を選び、解答欄に記号で答えなさい。

- (ア) 適当量の触媒を添加する。
- (イ) 温度を低く、圧力を低くする。
- (ウ) 温度を低く、圧力を高くする。
- (エ) 温度を高く、圧力を低くする。
- (オ) 温度を高く、圧力を高くする。

問 2 下のグラフ(実線)は、[実験1]において反応が進んだ際のアンモニア生成量の時間変化を示している。いま、反応時の温度を上げると、アンモニアの生成量の時間変化を表すグラフはどのように変化するか。最も適切なグラフを図から選び、その記号を解答欄に答えなさい。



問 3 [実験1]において、反応が平衡に達した際の窒素の分圧は何 Pa か。解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

問 4 [実験1]において、反応が平衡に達した際の圧平衡定数 K_p はいくらか。解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

[実験2]

5.00 g の炭酸カルシウムに 1.00 mol/L 塩酸を 120 mL 加えると気体 X を発生しながら溶解した。この気体 X を高温に熱した炭素が入った密閉容器に注入したところ、気体 Y が生じて、その反応はやがて平衡に達した。

問 5 下線部①の反応を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

問 6 下線部①の平衡に達している密閉容器内へ、容積を変えないまま 1.5 mol の気体のアルゴンを外から加えた。容器内の状態はどうか、最も適した答えを(ア)~(ウ)から選びなさい。

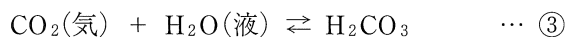
(ア) 気体 X の物質質量が増加する。

(イ) 気体 Y の物質質量が増加する。

(ウ) 気体 X の物質質量も、気体 Y の物質質量も変化しない。

[実験3]

ドライアイスの小片を水に加えたところ、生じた気体の二酸化炭素の一部が水に溶解し、やがて平衡に達した。この平衡時の水溶液の pH を測定したところ、その値は 5.0 であった。



問 7 この平衡時における水溶液の化学反応(④)の平衡定数を 8.00×10^{-7} mol/L とすると、下線部②の水溶液 1.00 L には何 g の二酸化炭素が溶解しているか、有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。なお、水に溶解した二酸化炭素は H_2CO_3 または HCO_3^- として存在するとし、炭酸イオンへの更なる電離を考慮する必要はない。

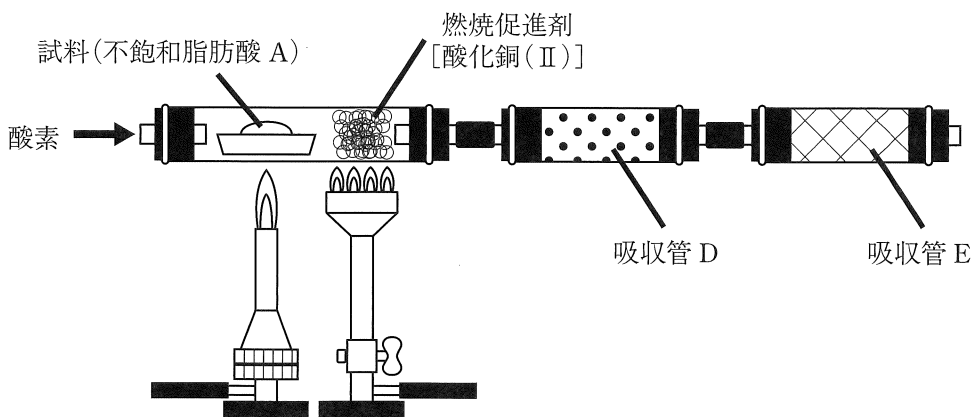
IV 以下の[実験1]～[実験4]についての記述を読み、問1～問6に答えなさい。

[実験1] モノカルボン酸である不飽和脂肪酸Aのみを構成脂肪酸とする油脂Bがある。2つの丸底フラスコ(フラスコ①及びフラスコ②)に油脂Bをそれぞれ1.00 g 取り、0.200 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を、フラスコ①に15.0 mL、フラスコ②には20.0 mL 加えて、それぞれをゆるやかに加熱した。加熱終了後のフラスコ①では油脂Bは完全には加水分解されていなかったが、フラスコ②では油脂Bは全て加水分解されていた。

ここでいう油脂とは、グリセリンのすべてのヒドロキシ基に脂肪酸がエステル結合をしている化合物をさす。

[実験2] [実験1]の加水分解反応が終了したフラスコ②に0.100 mol/L 硫酸50.0 mLを加えた後、全ての内容物を上下に栓のついた実験器具Cに移した。続いて、ジエチルエーテル20.0 mLを加えた後、上下の栓をしっかりと閉じて振り混ぜ、十分に内容物を混合し、静置した。やがて内容物は上下2層に分離した。分離した層が混ざらないように注意して、上層、下層に分けてそれぞれの溶液を回収した。

[実験3] [実験2]で分離後回収した層から溶媒を除き、不飽和脂肪酸Aを得た。このうちの一部(139 mg)を燃焼皿に量りとり、図のような装置を使用して、矢印(→)の口から乾燥した酸素を通じて完全に燃焼させた。この時、吸収剤をつめた吸収管Dと吸収管Eの質量の増加から、それぞれ水135 mgと二酸化炭素396 mgの生成が確認された。



図

[実験 4] 不飽和脂肪酸は、アルケンと同様に硫酸酸性下で過マンガン酸カリウムを作用させると、その分子内の炭素-炭素の二重結合を構成する炭素が酸化されて、炭化水素基が切断され、最終的にケトンまたはカルボン酸が生じる。

いま、 H_2^{18}O を含む水を用いて水酸化ナトリウム水溶液を作製した。この水酸化ナトリウム水溶液を用いて油脂 B を加水分解し、得られた不飽和脂肪酸 A に対して硫酸酸性下で過マンガン酸カリウムを十分に作用させたところ、1 種類のモノカルボン酸と 2 種類のジカルボン酸のみが得られた。さらに分析を進めると、モノカルボン酸は炭素数 6 のカプロン酸であり、2 種類のジカルボン酸は、アジピン酸とマロン酸(分子式： $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_4$)であることが判明し、それら 3 種のカルボン酸の物質量の比は、1:1:2であった。また、 ^{18}O はアジピン酸にのみ存在が確認された。

問 1 [実験 1] から、この油脂 B の分子量 M は、 $\boxed{\text{ア}} < M \leq \boxed{\text{イ}}$ であることが分かる。 $\boxed{\text{ア}}$ 、 $\boxed{\text{イ}}$ に入る最も適切な数値を解答欄 (ア)、(イ) にそれぞれ整数で答えなさい。

問 2 [実験1]のように、油脂を水酸化ナトリウムなどの塩基を用いて加水分解することを何というか。解答欄に答えなさい。

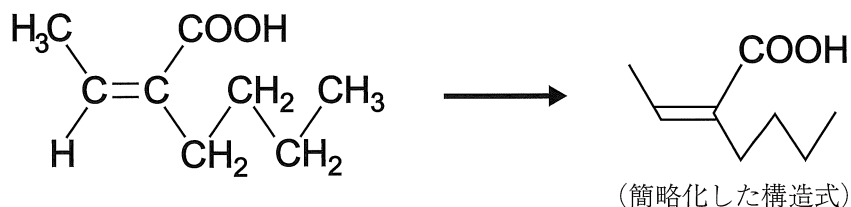
問 3 [実験2]で使用する実験器具 C として最も適切な器具の名称を解答欄に答えなさい。

問 4 [実験2]の下線部において、上層および下層に存在する化合物やイオンなど(溶媒は考慮しない)を下の(ア)~(ク)から該当するものをすべて選び、それぞれ対応する解答欄に記号で答えなさい。ただし R- は、不飽和脂肪酸 A のカルボキシ基以外の炭化水素基の部分を表している。

- (ア) Na^+ (イ) H^+ (ウ) Cl^-
(エ) SO_4^{2-} (オ) $\text{R}-\text{COO}^-$ (カ) $\text{R}-\text{COOH}$
(キ) $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{OH}$ (ク) $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$

問 5 [実験1]から[実験3]の結果をもとに、不飽和脂肪酸 A の分子式を答えなさい。

問 6 [実験4]の結果を参考にして、不飽和脂肪酸 A の構造式を決定し、それを以下の例にならって簡略化した構造式を用いて解答欄に答えなさい。ただし、炭素-炭素間に存在する二重結合は、全てシス形の配置となっているものとして記述しなさい。



生 物 (後期)

I 次の(1)~(8)の間に答えなさい。ただし、複数回答で順番を問題にしていない場合は、アルファベット順に並べなさい。該当するものがない場合のみ、「該当なし」の記号を選びなさい。

(1) 筋原繊維において ATP を分解するモータータンパク質の名前を答えなさい。

(2) 生物の分類においてドメインに相当する言葉をすべて選びなさい。

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| A ウイルス | B 菌 類 | C 原核生物 | D 原生生物 |
| E 古細菌 | F 細 菌 | G 植 物 | H 真核生物 |
| I 動 物 | J 該当なし | | |

(3) 地球の生命の歴史上、中生代に出現したものをすべて選びなさい。

- | | | | |
|--------|--------|-------|--------|
| A シダ植物 | B 鳥 類 | C は虫類 | D 被子植物 |
| E 哺乳類 | F 裸子植物 | G 両生類 | H 該当なし |

(4) 動物細胞の微小管について、正しいものをすべて選びなさい。

- A 中心小体は3本1組の微小管(3連微小管)9組が管状構造を作っている。
- B べん毛は2本1組の微小管(2連微小管)8組が環状に並んでいる。
- C キネシンは微小管のマイナス方向に進む。
- D 微小管を構成するタンパク質はダイニンである。
- E 微小管は直径約 10 nm の管状構造である。
- F 微小管は動原体を介して染色体に付着する。
- G 該当なし

(5) 脊椎動物、扁形動物、棘皮動物の3つを比較した時、脊椎動物と扁形動物のみに共通する特徴をすべて選びなさい。

- A 原口が将来の口になる。
- B 原口が将来の肛門になる。
- C 脊索をもつ。
- D 多細胞からなる。
- E 個体を再生する能力がある。
- F 中胚葉をもつ。
- G 該当なし。

(6) 神経伝達物質とホルモンの両方にあてはまる適切なものを3つ選びなさい。

- A 作用する細胞の受容体に結合する。
- B 多くのものがエキソサイトーシスによって放出される。
- C 効果が数時間単位で持続的である。
- D 移動距離が数 μm 以下と非常に短い。
- E 血液によって運ばれる。
- F 細胞の核内に入って作用することがある。
- G 軸索によって運ばれることがある。

(7) 生態系の一定面積・期間の物質生産やエネルギーについて正しいものをすべて選びなさい。

- A 存在する生物量を現存量という。
- B 生産者によって生産された総有機物量を純生産量という。
- C 森林の遷移の初期では呼吸量が総生産量を上回り、現存量は増加する。
- D 生産者の純生産量は、総生産量から呼吸量を減じて算出する。
- E 生産者の成長量は、純生産量に被食量と枯死量を加算して算出する。
- F 消費者の生産量は、成長量、被食量、死亡・枯死量の和に等しい。
- G 該当なし。

- (8) ある哺乳類の細胞に含まれる mRNA に UGA という塩基配列を見つけた。遺伝暗号表で UGA というコドン調べると終止コドンであった。この mRNA とそこからの翻訳に関しての以下の記述の中から、正しいものをすべて選びなさい。
- A この mRNA に対応する DNA 上の塩基配列はすべてイントロンに存在する。
 - B この mRNA に対応する DNA 上の塩基配列はすべてエクソンに存在する。
 - C この mRNA に対応する DNA 上の塩基配列はイントロンとエクソンの両方に存在する。
 - D この UGA 配列の 5' 側から始まってここまで進んできた翻訳は、この UGA で終了する確率が終了しない確率よりも高い。
 - E UGA というコドンに対応するアンチコドンをもつ tRNA は存在しない。
 - F この UGA 配列より 3' 側に開始コドンに相当する配列があっても、そこから翻訳が始まることはない。
 - G 該当なし。

II

光合成に関する以下の文を読み、問に答えなさい。

葉緑体の光合成色素には青緑色の(b)などがあり、これらによって光エネルギーが吸収される。(a)の膜には数種類の光合成色素とタンパク質からなる光化学系がある。光合成による有機物の合成過程は次のとおりである。まず、光化学系Ⅱに存在する(b)が光エネルギーを吸収して活性型となり電子を放出し、その代わりに(c)の分解によって生じた電子を受け取って還元される。次に、放出された電子が酸化還元反応を繰り返しながら(a)の膜に存在するタンパク質に受け渡されていく。この反応過程を電子伝達系といい、電子が移動していく過程で(d)から(a)内腔に H^+ が取り込まれる。その結果、(a)内腔に H^+ が蓄積し、膜に存在する(e)合成酵素を通過することで(e)が合成される。さらに、電子伝達系を伝わってきた電子は光化学系Ⅰに受け取られ、光によりエネルギーを得て H^+ と共に(f)の合成に使われる。このような光化学反応によって生成されたこれらの化合物は、(あ)カルビン・ベンソン回路内で使用される。

問 1 文中の(a)～(f)に入る適切な語句を下記から選び番号で答えなさい。

- | | | |
|--------------|--------------------|------------|
| 1) カロテン | 2) キサントフィル | 3) クリステ |
| 4) クロロフィル a | 5) クロロフィル b | 6) ストロマ |
| 7) チラコイド | 8) マトリックス | 9) ADP |
| 10) ATP | 11) $C_6H_{12}O_6$ | 12) CO_2 |
| 13) H_2O | 14) NAD^+ | 15) NADH |
| 16) $NADP^+$ | 17) NADPH | 18) O_2 |

問 2 下線部(あ)の各反応過程において、二酸化炭素はどの過程で使用(固定)されるか、以下から選び記号で答えなさい。

- A ホスホグリセリン酸からリン酸型ホスホグリセリン酸が生成される過程
- B リン酸型ホスホグリセリン酸が還元される過程
- C グリセルアルデヒドリン酸から糖などが合成される過程
- D グリセルアルデヒドリン酸からリブロースビスリン酸が合成される過程
- E リブロースビスリン酸からホスホグリセリン酸が合成される過程

問 3 光合成で生じる酸素分子は植物内のどの分子に由来するか、その分子名を書きなさい。

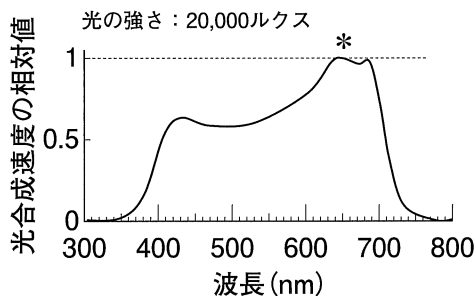
問 4 以下の実験について、(1)~(4)の間に答えなさい。

二種類の植物 A および B を、温度、湿度等が一定に制御できる栽培室に入れ、光の波長や強さと光合成速度との関係を調べた。

まず、300 nm ~ 800 nm までのさまざまな波長の光を 20,000 ルクスで順に植物 A、B の葉に照射していき、波長ごとの光合成速度を計測した。その結果をもとに、植物 A で最も効率良く光合成が行われた波長での光合成速度を基準とし、各波長での植物 A、B の光合成速度(相対値)をグラフにした(図 1)。

次に、発光ダイオードを用いて (イ) 青色光(410 nm - 460 nm)、(ロ) 緑色光(510 nm - 560 nm)、(ハ) 赤色光(640 nm - 690 nm)の 3 つの波長の光をそれぞれ植物 A、B の葉に照射し、各波長条件において光の強さを変えながら二酸化炭素吸収量を測定した。そのうち、植物 A では波長条件 (イ) と (ハ)、植物 B では波長条件 (ロ) と (ハ) における単位面積当たりの二酸化炭素吸収速度を算出しグラフにした(図 2)。

植物 A



植物 B

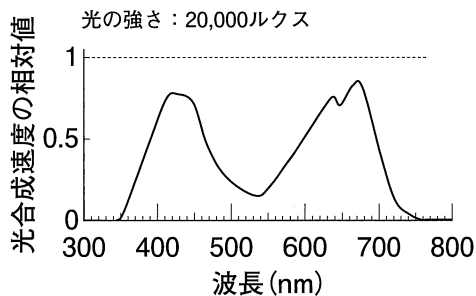


図 1 各波長での植物 A, B の葉における光合成速度の相対値

植物 A で最も効率良く光合成が行われた波長での光合成速度(*)を 1 として相対値を示した。

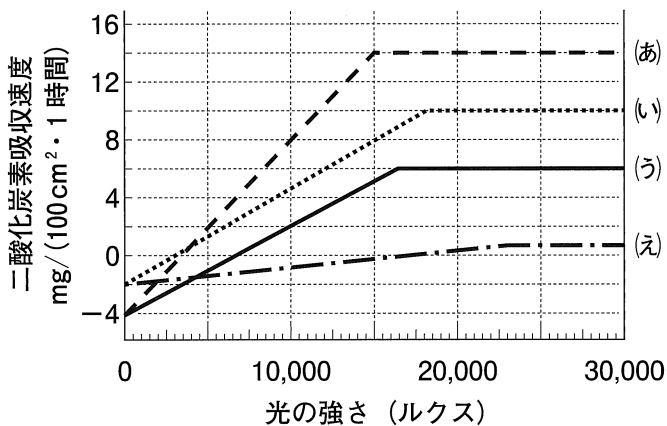


図 2

- (1) 図 2 において、グラフ (い) と (う) は植物 A, B のどちらか、また波長条件は植物 A では (イ) または (ハ)、植物 B では (ロ) または (ハ) のどちらか、それぞれの組み合わせを順に書きなさい。

(解答例：(い) A, (イ))

(2) 植物 A, B の葉を用意し, 波長条件 (ハ) の光を, それぞれ 15,000 ルクスで照射した。この時のそれぞれの葉の 100 cm^2 あたりの光合成速度 ($\text{mg}/\text{時間}$) を A, B の順に 2 つ続けて書きなさい。(解答例: 2, 20)

(3) 植物 A の葉の 350 cm^2 範囲に波長条件 (イ) の光を 20,000 ルクスの光で 8 時間, 次に同じ葉に続けて波長条件 (ハ) の光を 10,000 ルクスで 8 時間照射した。その後発光ダイオードの電源を切り暗所に 8 時間放置した。ここでは, 葉の 350 cm^2 範囲での光合成と呼吸のみ考え, 植物 A が吸収した二酸化炭素は光合成によってすべてグルコース合成に使用されたとし, 以下の問い a)~c) に小数点以下第一位を四捨五入して答えなさい。ただし, 原子量は $\text{H} = 1$, $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$ とする。

a) この 24 時間での二酸化炭素総吸収量 (mg) を書きなさい。

b) この 24 時間での見かけ上の二酸化炭素吸収量 (mg) を書きなさい。

c) この 24 時間で増加したグルコース量 (mg) を書きなさい。

(4) 図 1 のグラフをもとに, 自然光のもとで植物 A と植物 B のどちらの葉がより緑に見えるか答えなさい。また, 選んだ植物を主語として, その理由を 30 字以内で答えなさい。

III

生体防御に関する以下の文を読み、問に答えなさい。

免疫の本質は、a 自分(自己)と自分以外(非自己)を厳密に区別し、非自己を排除することである。哺乳類においては、食細胞やリンパ球などが非自己である抗原を認識して、食作用や抗体産生などを通じて生体防御を行う。ただし、非自己であっても免疫寛容になる場合もある。抗体を産生するのは(あ)細胞である。(あ)細胞を含めた免疫に関係する細胞の幹細胞は骨髄に存在するが、(い)細胞は骨髄で一定の分化の後、さらに胸腺でも分化(成熟)が行われる。毛がほとんど生えないため b 「ヌードマウス」と名付けられた突然変異マウスでは胸腺が発達しない。そのためヌードマウスの免疫機能は低下しており、ヌードマウスに別の系統のマウスで生じたがん細胞を移植しても体内で拒絶反応が起こらないことが知られている。

問 1 下線部 a について、妊婦を例にとって考える。妊婦にとって胎児は (1) 自己、または (2) 非自己のどちらに該当するか、番号を答えなさい。また、その理由を 25 字以内で答えなさい。

問 2 免疫に関係する(あ)細胞、(い)細胞の名前と、それぞれの細胞で結合した分子を非自己と認識する受容体分子の名前を、それぞれの解答欄に順番に書きなさい。(解答例：神経、アクチン)

また、樹状細胞(う)についても、結合した分子を非自己と認識する受容体分子の名前を書きなさい。

問 3 分子量 50,000 のある抗原タンパク質には、抗体 A の結合部位は 1 カ所のみ存在する。抗体 A の分子量を 150,000 とすると、抗体 A 60 mg に対して、この抗原タンパク質は最大何 mg 結合するかを答えなさい。

問 4 血液に含まれる抗体と別の血しょうタンパク質であるアルブミンの濃度を比較する。体重 65 kg のある成人男性において、血液中の抗体のモル濃度が 1.7×10^{-4} mol/L で、全血液に含まれるアルブミンの総量が 230 g であることがわかっている。血液に含まれる抗体の質量パーセント濃度は、アルブミンの質量パーセント濃度の約何倍か、最も近い数字を選び記号で答えなさい。ただし、抗体の分子量を 150,000 とし、全血液の量は体重の $1/13$ であり、血液の比重を 1 とする。

A 0.36 B 0.53 C 0.72 D 0.97 E 1.20 F 2.06

問 5 下線部 b のヌードマウスでは、どの機能が低下していると考えられるか、以下の選択肢の中から適切なものを 3 つ選び記号で答えなさい。

A 神経 B 自然免疫 C 獲得免疫 D 代謝
E 細胞性免疫 F 内分泌 G 体液性免疫

問 6 動物は共通の祖先から進化してきたため、多くの共通の遺伝子をもつが、それらの塩基配列は動物種によって少しずつ異なっている(共通の遺伝子を相同遺伝子という)。各種動物がもつ相同遺伝子由来のタンパク質を抗原としてマウスに注射したときに、一般的に抗体が最も産生されやすいと予想される動物と最も産生されにくいと予想される動物をそれぞれ選び、1 つの解答欄に順に書きなさい。ただし、ここでは抗原のアミノ酸配列がマウスの相同遺伝子由来のタンパク質のアミノ酸配列と違いが大きいほど抗体は産生されやすいものとする。(解答例：A, B)

A ドブネズミ B カエル C チンパンジー
D ヤギ E カツオ F ウニ

問 7 ヒト抗体分子(IgG)の構造に含まれる S - S 結合に関して正しいものをすべて選び記号で答えなさい。

- A 2本のH鎖同士を直接つなぐS-S結合が存在する。
- B 2本のL鎖同士を直接つなぐS-S結合が存在する。
- C H鎖とL鎖を直接つなぐS-S結合が存在する。
- D 1個の抗体分子の中で、ポリペプチド間をつなぐS-S結合は3箇所ある。
- E 1個の抗体分子の中で、ポリペプチド間をつなぐS-S結合は4箇所ある。
- F 1個の抗体分子の中で、ポリペプチド間をつなぐS-S結合は6箇所ある。
- G 該当なし。

問 8 免疫について正しいものをすべて選び記号で答えなさい。

- A ヒトの免疫系では膨大な種類の抗原に対する抗体を産生することができる。
- B 一度感染した病原体には、再度かかりにくかったり、かかったとしても症状が軽かったりすることが多い。
- C 1つの細胞から産生される抗体は、父方の遺伝子から1種類、母方の遺伝子から1種類、合計2種類産生される。
- D 細胞のゲノムの中に自己の成分に反応する抗体の遺伝子断片はもともと存在しない。
- E 1つの抗原には1種類の抗体のみが産生される。
- F ワクチンによる予防接種は、免疫記憶のしくみを利用している。
- G I型糖尿病はグルカゴンの分泌細胞を標的とした自己免疫疾患である。

IV

神経伝達および筋収縮に関する以下の文を読み、問に答えなさい。

細胞では細胞膜を境に内側と外側で電位差が存在する。細胞の外側の基準電圧を 0 mV としたときの細胞内外の電位差を膜電位と呼ぶ。膜電位は通常の状態では $-70\text{ mV} \sim -60\text{ mV}$ に保たれているが、細胞が刺激を受けると膜電位が 0 mV に近づく。この現象を(あ)という。この細胞膜の電気特性を利用して情報を伝達しているのが神経細胞である。神経細胞が他の細胞からの信号や実験的な電気刺激を受けると(あ)が起こり、電位差が一定の値を超えると活動状態になるが、その後、電位差はすぐに元に戻る。この神経細胞で起こる一連の電位変化を活動電位と呼び、神経細胞が活動状態になることを(い)という。また、神経細胞で活動電位が生じる最小の刺激の強さを(う)という。このような細胞内外の電位差の維持、変化には①ナトリウムポンプやイオンチャネルが重要な役割を果たしている。

図1はカエルの腓腹筋とそれにつながる神経を取り出した神経筋標本である。いま、②軸索の点A、Bにそれぞれ一定の強さの電気刺激を与えたところ、点Aを刺激すると0.15ミリ秒後、点Bを刺激すると0.2ミリ秒後に筋肉の収縮が起こった。この収縮反応は電気刺激によって発生する活動電位が軸索に伝わり、③神経終末に到達後、シナプスを介して刺激が筋細胞に伝達され起こったものである(図2)。神経細胞からの刺激を受けた筋細胞では筋小胞体から(え)が放出され、(お)というタンパク質と結合すると筋収縮が起こる。

筋収縮にはATPがエネルギー源として利用されている。筋肉へのATP供給は呼吸や解糖系によって行われるが、筋肉には高エネルギーリン酸結合を持った(か)が多量に含まれており、これが分解される際に放出されるエネルギーによってADPからATPを合成することができる。これによって、筋収縮を繰り返しても筋細胞ではATP量が一定に保たれる。しかし、長時間激しい運動が続くと、酸素の供給が間に合わなくなり、ATP量が減少する。このような場合は、④乳酸発酵と同じ過程でグルコースを分解する解糖系が主に働き、ATPが生成される。

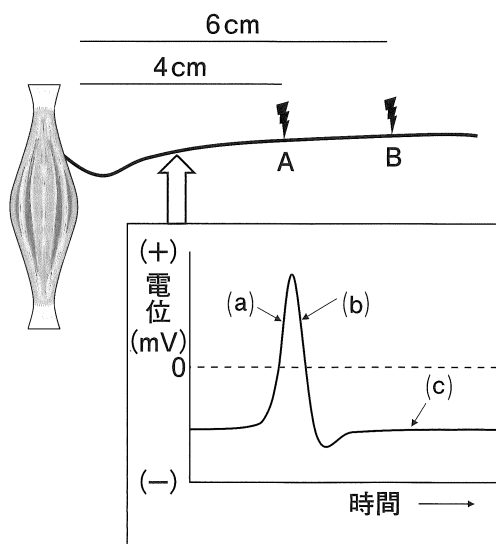


図 1

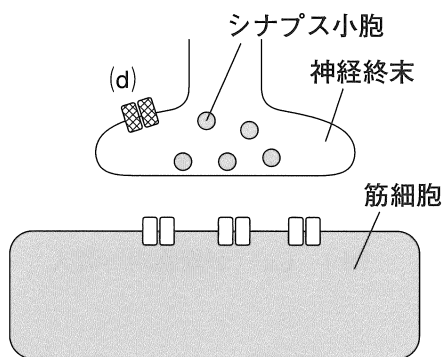


図 2

問 1 (あ)～(か)にあてはまる語句を書きなさい。

問 2 下線部①のナトリウムポンプについて正しいものを(ア)～(オ)から3つ
 選び記号で答えなさい。

- (ア) Na^+ を細胞外に放出する。
- (イ) K^+ を細胞内に取り込む。
- (ウ) アクアポリンとともに水分子を輸送する。
- (エ) ATPのエネルギーを使って輸送する。
- (オ) 濃度の高い側から低い側に、濃度勾配に従って輸送する。

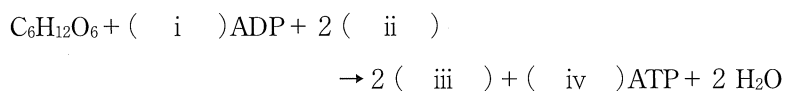
問 3 下線部②について、活動電位が神経終末に到達してから、筋肉が収縮するま
 での時間(ミリ秒)を求めなさい。

問 4 図 1 のグラフは軸索に電気刺激を与えた際の細胞膜の電位変化を示している。グラフ中の (a) ~ (c) において神経細胞膜で起きているイオンの流入, 流出についてあてはまるものを (ア) ~ (カ) からすべて選び, 記号で答えなさい。ただし, ここでは静止電位の発生に関わる輸送タンパク質の働きも含めるものとする。

- (ア) Na^+ が細胞内へ流入 (イ) Na^+ が細胞外へ流出
(ウ) K^+ が細胞内へ流入 (エ) K^+ が細胞外へ流出
(オ) Ca^{2+} が細胞内へ流入 (カ) Ca^{2+} が細胞外へ流出

問 5 下線部③について, 図 2 中の (d) はシナプス小胞中の物質を細胞外に放出させるために必要なイオンチャネルであり, (I) 依存性 (II) チャネルと呼ばれる。(I) と (II) にあてはまる語句を書きなさい。

問 6 下線部④について, 下記はグルコースを基質として用いた場合の解糖の反応式である。(i) と (iv) にあてはまる数字, (ii) と (iii) にあてはまる化学式を 1 つの解答欄に (i) ~ (iv) の順に続けて書きなさい。
(解答例: 1, NaCl , CH_4 , 2)



出典

後期 理科 生物 I V

愛知医科大学 医学部 2018年度 III を一部改変

令和4年度医学部 一般選抜試験（後期）第一次試験
理科（化学）の問題訂正

<訂正1>

P.15 大問Ⅲリード文

（誤）次の〔実験1〕～〔実験3〕についての文章を読み、問1～問6に答えなさい。

↓

（正）次の〔実験1〕～〔実験3〕についての文章を読み、問1～問7に答えなさい。

<訂正2>

P.20 大問Ⅳ 問1

（誤）〔実験1〕から、この油脂Bの分子量Mは、 $\boxed{\text{ア}} < M \leq \boxed{\text{イ}}$ であることが分かる。

↓

（正）〔実験1〕から、この油脂Bの分子量Mは、 $\boxed{\text{ア}} \leq M < \boxed{\text{イ}}$ であることが分かる。

訂正

令和4年度一般選抜試験（後期） 理科（問題）生物

<訂正1> p23 下から5行目 I(4) 選択肢C

誤： マイナス方向  正： マイナス端方向

<訂正2> p24 13行目 I(6) 選択肢F

選択肢Fを削除する。

<訂正3> p30 2~3行目 II 問4(2)

誤： 光合成速度 (mg/時間)



正： 光合成速度 (二酸化炭素吸収速度 : mg/時間)

<訂正4> p30 11行目 II 問4(3) a)

設問 a) を削除。 (解答不要)

<訂正5> p31 3行目 III リード文

誤： 非自己である抗原



正： 異物