

医学部

令和5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39ページあり、問題数は、物理3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X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X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 ケプラーの法則は惑星の運動だけでなく、一般に万有引力のような中心力のみが働く物体の運動に成立する法則である。いま、図1のように質量 m の探査機が地表からの高さが R で地球のまわりを等速円運動している。地球は質量 M で半径 R の一様な球体(中心を点 O とする)とする。万有引力定数を G とし、空気抵抗および地球の公転・自転の影響は考えなくてよい。次の間に答えよ。また途中の考え方を記せ。

問 1 このときの円軌道をまわる探査機の速さと周期を求めよ。

探査機が加速したところ、点 A で図1の円軌道からはずれ、図2のように O を焦点の 1 つとし長軸が AB となる橿円軌道上を運動するようになった。このとき、橿円軌道の長軸の長さは $8R$ であった。

問 2 橿円軌道をまわる探査機の点 B での速さと周期を求めよ。

さらに探査機が加速した結果、図3のように O から距離 L の点 C を、OC と角度 θ をなして通過した。

問 3 探査機が無限の遠方に飛んでいくために必要な、C での最小の速さはいくらか。

問 4 問3の場合、軌道上で地球に最接近した探査機と O の間の距離はいくらか。

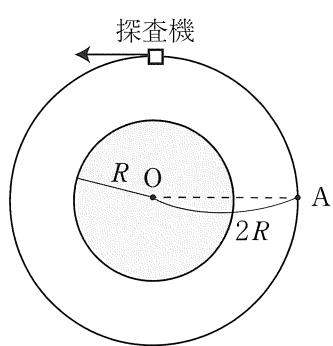


図 1

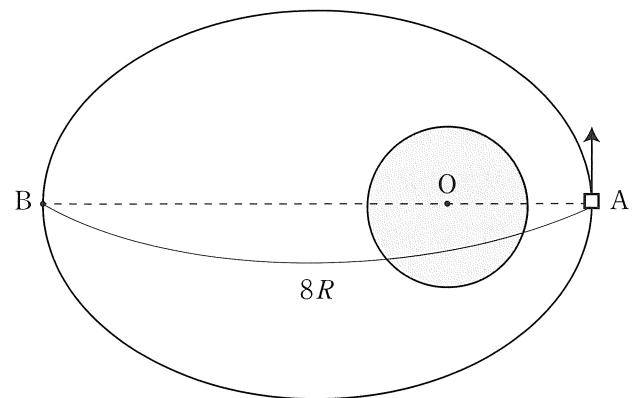


図 2

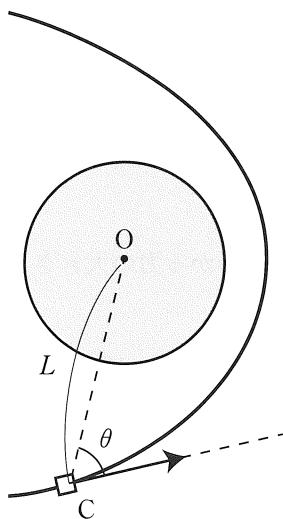


図 3

II 図のように鉛直上向きに y 軸、それに直交する x 軸をとる。じゅうぶんに長い直線の導線が x 軸上に置かれており、1辺の長さ $2L$ の正方形のコイル ABCD が、辺 AB が y 軸上に、BC が x 軸と平行になるように置かれている。コイルの質量は m で、抵抗値は R である。その位置を AB の中点 M の y 座標で表す。以下の間に答えよ。問 1 以外は途中の考え方も記せ。

ただし空気の透磁率を μ_0 、重力加速度の大きさを g とする。またコイルの自己誘導および空気抵抗は無視できるとし、コイルは変形も回転もせずにコイルの面は常に xy 平面上にある。

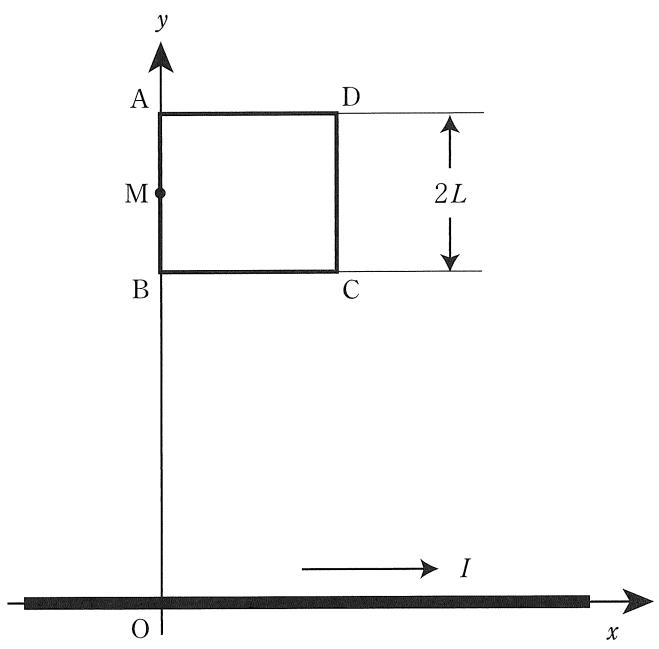
問 1 導線に電流 I を x 軸の正の向きに流し、 $y=Y$ にあるコイルに鉛直下向きの速さ v を与えた。この瞬間の点 A, B での磁束密度の大きさをそれぞれ求めよ。
ただし Y は L よりじゅうぶん大きい正の値とする。

問 2 このときコイルに生じる起電力の大きさを求めよ。

問 3 このとき BC および AD にかかる力の大きさをそれぞれ求めよ。

その後、コイルは $y=2L$ に達したとき、減速を始めた。

問 4 このときのコイルの速さを求めよ。



III 大気の屈折率を 1, 真空中の光速を c , プランク定数を h として, 以下の間に答えよ。問 4 以降は, 途中の考え方も記せ。

レーザー (LASER) とは, Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation の頭字を取って作られた造語である。レーザー光は, 単一波長で, 位相がそろった非常に強い電磁波である。1958年実現の可能性が理論的に示され, 1960年初めてレーザー光の出射が確認された。翌年には, 網膜剥離の治療への応用が始まられるなど, 医療との親和性は非常に高い。

小型で強い光を出すことができる半導体レーザーの基本構造は, 発光ダイオード (LED) と同じ, p 型半導体と n 型半導体を接合したものである。LED は電圧を順方向にかけると, p 型半導体のキャリアである (A) と n 型半導体のキャリアである (B) が pn 接合部付近で, 再び結合して消える (再結合)。このとき, (A) と (B) が持っていたエネルギーの差に相当するエネルギー E が光として放出される。LED から出射し, 大気中で観察される光の波長は ア と与えられる。 E は半導体に固有の値である。キャリアの再結合は独立に起こるので, 発生する光の位相はそろわない。このような発光を自然放出といい, LED では自然放出で発生した光をそのまま大気中に取り出し利用している。

半導体レーザーでは, 発生した光の位相をそろえる工夫をしている。図 1 のように, 半導体レーザーは, p 型半導体と n 型半導体の間に活性層と呼ばれる薄い半導体の層を挟んだ構造をしている。電圧を順方向にかけると, キャリアは活性層まで移動し, 活性層内で自然放出による発光が起こる。活性層の屈折率が, p 型半導体と n 型半導体の屈折率より (C a. 大きい, b. 小さい) とき, 発生した光の多くは p 型半導体や n 型半導体との界面から出ることなく活性層内を伝播する。活性層内を伝播する光は活性層の両端面で反射し, 波長がある条件 を満たした光だけが活性層内で, 両端面を腹とする定常波 (定在波) として存在できる。この光のエネルギーは E と一致するので, この光が新たなキャリアの再結合を誘発し, 同じ波長で同位相の光が次々に発生する。これを誘導放出という。半導体レーザーでは, 誘導放出により増幅した同じ波長で同位相の光を, 活性層の端面から大気中に取り出し利用している。

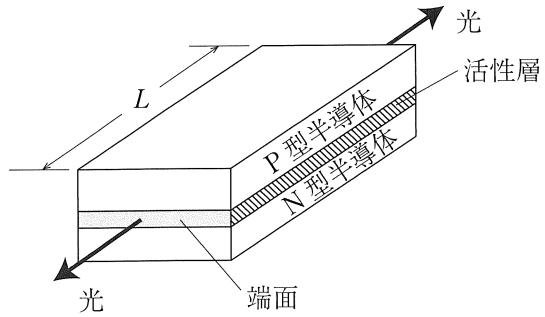


図 1

問 1 文中の A と B の空欄に最も適した言葉を記入し、C の空欄については適當なものを選択肢から選び記号で答えよ。

問 2 文中のアの空欄に入る文字式を解答欄に記入せよ。

活性層(屈折率 $n > 1$)を持つ半導体レーザーから、大気中での波長が λ であるレーザー光が出射した。長辺の長さが L である直方体の活性層で自然放出によって発生した光のうち、長辺に平行に伝わる光について考える。

問 3 活性層内の光の波長と振動数をそれぞれ求めよ。

問 4 活性層内で定常波として存在する光が満たす下線部の条件を正の整数 m と λ を用いて示せ。

実際には、熱の影響などにより活性層内のキャリアが持つエネルギー E には幅があるので、活性層で発生する光の波長は複数存在する。

問 5 m がじゅうぶん大きいとき、 m より 1 だけ小さく下線部の条件を満たす光の波長 λ' と λ との差 $\Delta\lambda$ を、 m を用いずに表せ。 x が 1 よりじゅうぶん大きいとき、 $\frac{1}{x(x \pm 1)} \doteq \frac{1}{x^2}$ としてよい。

活性層内の光子は誘導放出により増加するが、同時に活性層による吸収により減少する。光子数は誘導放出と吸収により変化するが、その変化量は初めに存在する光子の個数に比例する。誘導放出と吸収の結果、 N 個の光子が距離 Δx 進む間に ΔN 個増加したとき、 ΔN は比例定数 $g (> 0)$ を用い、

$$\Delta N = gN\Delta x \quad (1)$$

と表される。これより、移動前の光子数が N_0 個であるとき、 x 移動後の個数 N は、

$$N = N_0 e^{gx} \quad (2)$$

と求まる。

レーザー光を出射させるためには、活性層の長辺方向を光子が一往復した後、光子数が増加していかなければならない。

問 6 活性層の長辺方向の端面に到達した光子のうち反射する割合が R あるとき、レーザー光を出射させることができる条件を求めよ。

x に対し図 2 のような関係を与える g 、 $n = 3.5$ 、 $R = 0.32$ である活性層を持つ半導体レーザーがある。

問 7 レーザー光を出射させることができる最小の L はいくらか。

この活性層を持ち、 $L = 400 \mu\text{m}$ である半導体レーザー X で、大気中での波長 λ が $1.4 \mu\text{m}$ であるレーザー光を出射させたい。

問 8 活性層内で定常波として存在する $\lambda = 1.4 \mu\text{m}$ のレーザー光の節の数はいくらか。

半導体レーザーには单一波長の光だけを出射させるため、問 5 で求めた $\Delta\lambda$ を分離できる工夫がなされている。

問 9 半導体レーザー X が $\lambda = 1.4 \mu\text{m}$ のレーザー光だけを出射させるのに必要な $\Delta\lambda$ はいくらか。

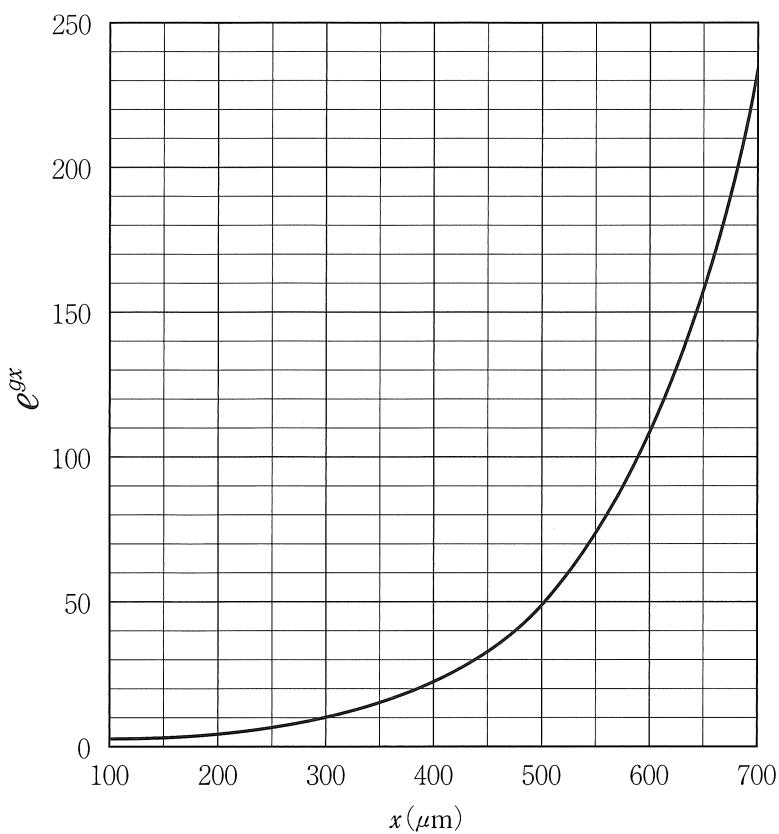


図 2

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, Na = 23.0,

Al = 27.0, S = 32.1, Cl = 35.5, K = 39.1

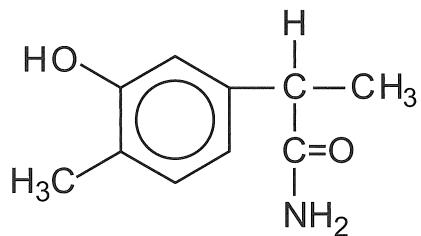
気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\sqrt{161} = 12.7$, $\log_{10} 2 = 0.301$,

$\log_{10} 3 = 0.477$

また有機化合物を構造式で解答する場合には、次の例を参考にしなさい。



I 以下の周期表(一部)をもとに問い合わせに答えなさい。

ただし各問の()内のひらがなは、この周期表に対応している。

		族																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
周 期	1	あ																	い
	2	う	え																
	3	さ	し																す せ そ た ち つ
	4	て	と	な	に	ぬ	ね	の	は	ひ	ふ	へ	ほ	ま	み	む	め	も や	

問 1 次の(i)から(v)の文に当てはまる最も適切な元素を解答欄(i)から(v)に答えなさい。その際、その元素記号を解答欄の枠内の左側に、また、その周期表での位置を(あ)～(や)の記号で解答欄の右側にそれぞれ答えなさい。

- (i) この元素は、表中で最も電気陰性度の値が大きい。
- (ii) この元素の塩化物をガスバーナーの無色の炎に入れると、紫色の炎色反応が確認される。
- (iii) この元素の単体のうち、4個の原子から分子が構成されているものは空空气中で自然発火する。
- (iv) この元素の酸化物は、刺激臭のある無色の有毒な気体で、漂白剤として働く。
- (v) この元素は、单原子分子からなる気体のうちで大気中に最も多く含まれる。

問 2 以下の(ア)～(ウ)の各文章のうち、正しい記述をすべて選び、解答欄に記号で答えなさい。

- (ア) (さ)の単体は強い酸化力があり、水と常温で激しく反応し、水素を発生する。
- (イ) (す)、(せ)、(ね)、(の)は全て金属元素である。
- (ウ) (も)の単体は常温で液体である。

問 3 以下の文章の下線部について、この反応を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。ただし、化学反応式における化合物は全て適切な元素記号を用いて表しなさい。

「(く)のみを構成元素とする無色無臭の気体を、密閉した容器に入れて無声放電を行った。放電後、容器内の気体は淡青色になり、特異臭が確認された。この気体を中性のヨウ化カリウム水溶液に通じたところ、無色であった水溶液は着色した。また、その水溶液にデンプン溶液を滴下したところ、青紫色になった。」

問 4 以下の文章の下線部の化合物について、その構造を電子式で表し、解答欄に答えなさい。ただし、電子式中の各原子については適切な元素記号を用いて表しなさい。

「(　と　)の単体を常温の水に入れると、気泡を出して全て溶解し、無色透明の溶液となった。この溶液に(　か　)を空气中で燃焼させて得た气体を吹き込むと溶液は白く濁った。」

問 5 次の文章を読み、問い合わせに答えなさい。

「希硫酸を入れたビーカーに電極として(　へ　)の単体と(　ほ　)の単体を浸した。それぞれの電極につないだ導線を電流計につないだところ電流が確認され、電池となっていることがわかった。」

(　へ　)と(　ほ　)の元素記号を解答欄(i)にそれぞれ記入しなさい。また、この電池についての正しい記述を下記の(ア)～(オ)から全て選び、その記号を解答欄(ii)に答えなさい。

- (ア) (　へ　)の単体の電極から(　ほ　)の単体の電極に電流が流れる。
- (イ) 電流が流れると正極の質量が増加する。
- (ウ) どちらの電極からも气体が発生しない。
- (エ) ダニエル電池と負極活物質は同じである。
- (オ) 電流が流れなくなった時には逆向きの電流を流すことで充電が可能である。

II 次の文章を読み、以下の問い合わせに答えなさい。

多くの金属は鉱物中の酸化物や硫化物として产出されるため、材料として利用するには、それらの鉱物から製錬によって金属の単体を取り出す必要がある。例えばアルミニウムの単体はボーキサイトを原料として溶融塩電解(融解塩電解)によって^①得られる。

また金属の単体や化合物は、それぞれの特性を生かして化学反応における触媒や^②工業製品などの様々な用途に利用されている。金属の化合物には、食品の製造に用いられるミョウバンや、漂白剤として利用されるさらし粉のように複塩となっているものもある。^③

問 1 金属に関する次の(i)～(iv)の実験を行った。各実験の前後で下線部の金属の酸化数はどう変化したか。例にならって解答欄(i)～(iv)にそれぞれ答えなさい。

[例]

酸化数 + 1 の状態の金属が酸化数 + 4 に変化した。

→ 解答欄には、「+ 3」と解答する。

酸化数 + 4 の状態の金属が酸化数 + 1 に変化した。

→ 解答欄には、「- 3」と解答する。

酸化数に変化のなかった場合は、解答欄に「0」と解答する。

[実験]

(i) 単体の銅に希硝酸を加えた。

(ii) 硝酸銀水溶液に過剰のアンモニア水を加えると透明になった。

(iii) 酸性である二クロム酸カリウム水溶液に、過酸化水素を加えると溶液は緑色(暗緑色)に変色した。

(iv) 酸性である過マンガン酸カリウム水溶液に、水酸化カリウムを加えて塩基性にした。

問 2 下線部①について、以下の図のように、第1電解槽には希硫酸を、第2電解槽にはアルミナと氷晶石の融解混合物を入れた。それぞれに陽極、陰極として炭素電極を用いて、2つの電解槽を導線で直列につないだ。これを電源に接続して5 A の電流を2時間21分32秒間通じた。

この実験において、第1電解槽の両極から発生した気体をすべて集めて乾燥させると、その体積は30 °C, 1.01×10^5 Pa で何 L か。解答欄(i)に有効数字3桁で答えなさい。また、第2電解槽の陰極で生じた物質(図の斜線部分)の質量は何 g か、解答欄(ii)に有効数字3桁で答えなさい。

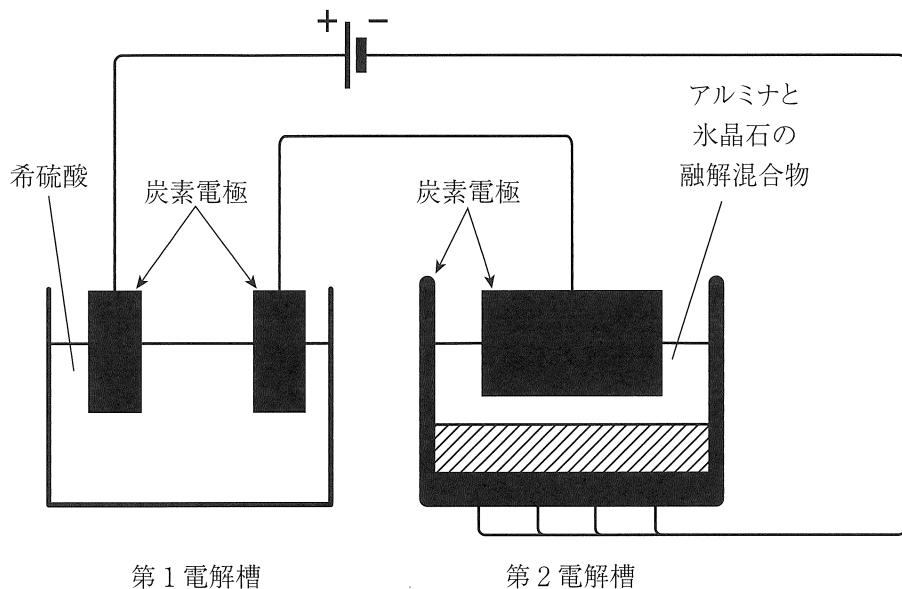


図 第1電解槽と第2電解槽の模式図

問 3 下線部②に関して、工業的に利用されている3種類の化学反応を以下の表に示した。表の化学反応式、触媒、および工業的製造法の名称の組み合わせが正しくなるように、(ア)、(イ)、(ウ)について、それぞれ適切な化学式、化学反応式、および語句を答えなさい。

化学反応式	触媒の主成分	左の化学反応を利用している 工業的製造法
$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$	(ア)	接触法
(イ)	Pt	オストワルト法
$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$	Fe_3O_4	(ウ)法

問 4 下線部③について、以下の問いに答えなさい。

ミョウバンを加熱すると結晶水が失われる。いま、ミョウバンを加熱し、
120℃に温度を保つとやがて質量の変化が無くなった。この時、その質量は加
熱開始前の69.6%となっていた。温度をさらに上げて300℃にすると、完全
に結晶水がなくなり、無水物である焼きミョウバンが得られた。

上記の加熱の際に、120℃で質量の変化が無くなった時の化合物の組成式を、
その水和水の状態がわかるように解答欄に答えなさい。ただし、120℃で質量
の変化が無くなった時の化合物は均一な状態で存在していたものとし、水和水
の結合数は実験結果から計算された値に最も近い整数値とする。

III 以下の問い合わせに答えなさい。

問 1 次の文章の(あ)~(か)に入る最も適切な語句を以下の語群から選び、記号で解答欄に答えなさい。必要であれば同じ記号を何度も使用してもよい。

酸や塩基の水溶液中にはイオンが存在するので電気伝導性がある。(あ)は酸と塩基について、「酸とは水溶液中で(い)を生じる物質であり、塩基とは水溶液中で(う)を生じる物質である。」と定義した。その後、(え)は酸と塩基の概念を水溶液以外の溶媒中や気体においても適用できるように「酸とは(お)を他に与える物質であり、塩基とは他から(か)を受け取る物質である。」と定義した。

● 語 群 ●

- | | |
|------------|---------------------|
| A. ルイス | B. ブレンステッドとローリー |
| C. プルースト | D. アレニウス(アーネニウス) |
| E. ファラデー | F. ヘキストとワッカー G. 電 子 |
| H. 中性子 | I. 陽イオン J. 陰イオン |
| K. 水酸化物イオン | L. 酸化物イオン M. 水素イオン |
| N. 塩化物イオン | |

問 2 濃塩酸を希釀して 0.100 mol/L の塩酸を 100 mL 調製した。この時はかりとった濃塩酸は何 mL か。有効数字 3 術で解答欄に答えなさい。ただし、濃塩酸の質量パーセント濃度は 35.0 %、密度は 1.20 g/cm³ とする。

問 3 ピーカーに 0.100 mol/L の塩酸を 10.00 mL 入れ、ここに電極間の距離が固定されている 2 本の白金電極を浸して、それらの電極からの導線を電流計と定電圧電源に接続した(図 1)。

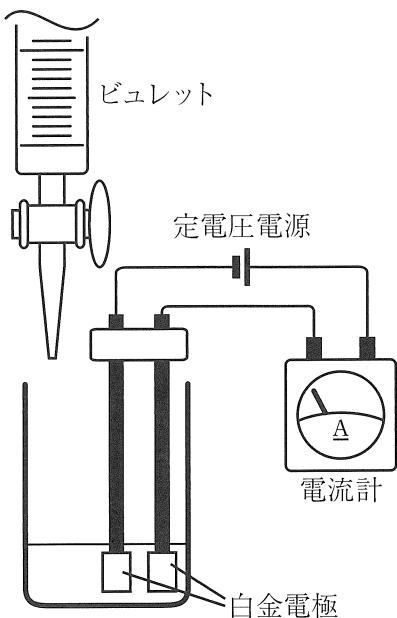


図1 実験装置

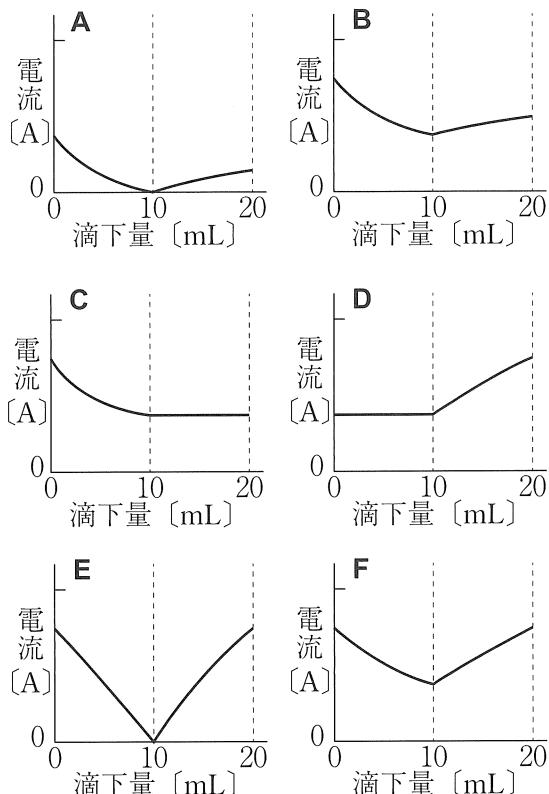


図2 実験結果のグラフ

この状態で定電圧電源のスイッチを入れ、電流値を測定した。次にこの塩酸の入ったビーカーに 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を滴下しながら、その都度一定の電圧をかけ、その時の電流値を記録した。この操作を水酸化ナトリウム水溶液の滴下量が 20.0 mL になるまで行った。

この実験結果を、横軸を水酸化ナトリウム水溶液の滴下量[mL]、縦軸を電流[A]としたグラフで表すとどのようになるか。最も適切なグラフを図2のA～Fから一つ選び、解答欄にその記号を答えなさい。ただし、これらの全てのグラフでは目盛りは同一である。

なお、通電は電流値の測定時にだけ極めて短時間行うものとし、いずれの電極においても水の電気分解や気体の発生などの酸化還元反応、液温の変化などは無視できるものとする。また全てのイオンにおいて、電流値への寄与は等しいものとする。

以下の問4、問5に答えるにあたり、実験時の温度における酢酸の濃度と電離度 α の関係のグラフ(図3)を参考にしなさい。

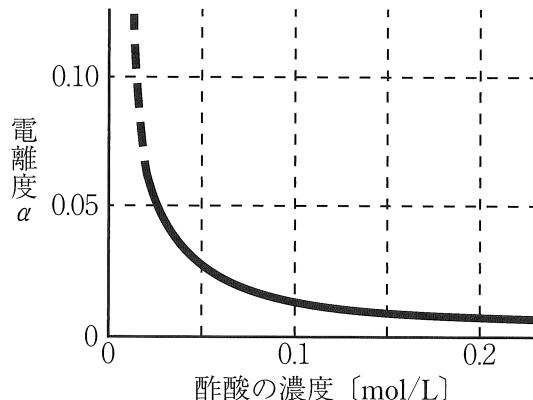


図3 酢酸の濃度と電離度の関係

問4 0.10 mol/L の酢酸水溶液をホールピペットで 1.0 mL はかり取り、メスフラスコに入れた。その後、水を加えて 100 mL とした。この溶液における酢酸の電離度はいくらか。解答欄に有効数字2桁で答えなさい。なお、実験時の温度における酢酸の電離定数は 2.5×10^{-5} mol/L とする。

問5 0.25 mol/L の酢酸水溶液を調製した。この溶液の pH はいくらになるか。小数第2位まで求め、解答欄に答えなさい。なお、実験時の温度における酢酸の電離定数は 2.5×10^{-5} mol/L とする。

IV 次の文章を読み、以下の問い合わせに答えなさい。

① フェノールの工業的製法として、ベンゼンと(あ)を原料としたクメン法がある。このフェノールを原料として多くの誘導体がつくられる。フェノールのベンゼン環の水素原子の一つをメチル基に置換した化合物は(い)と呼ばれ、(う)種類の構造異性体が存在する。

また、サリチル酸もフェノールの誘導体であり、工業的にはフェノールのナトリウム塩である(え)に(お)を高温・高圧下で反応させ希硫酸を加えることで合成される。サリチル酸に無水酢酸を加えて加熱すると化合物 A と酢酸が生成し、サリチル酸にメタノールと少量の濃硫酸を加え加熱すると脱水縮合により化合物 B が生成する。

問 1 文章の(あ)～(お)に最も適切な化合物名または数字を入れなさい。

問 2 下線部①のフェノールに関する以下の(ア)～(オ)の記述のうち、正しいものをすべて選び、解答欄に記号で答えなさい。

- (ア) フェノールとベンジルアルコールはいずれも、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を添加すると呈色する。
- (イ) フェノールとメタノールはいずれも、ナトリウムと反応して水素を生じる。
- (ウ) フェノールとサリチル酸はいずれも、メタノールと濃硫酸を作用させるとエステルを生じる。
- (エ) フェノール、サリチル酸、ベンゼンスルホン酸はいずれも、炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると二酸化炭素が発生する。
- (オ) フェノール類の化合物とアルコールの化合物には、いずれも爆薬の原料になるものがある。

問 3 下線部②の製法により、フェノールと共に得られる化合物の構造式を解答欄に答えなさい。

問 4 以下の(ア)～(オ)の各文章は、下線部③の化合物 A および化合物 B に関する記述である。正しい記述をすべて選び、解答欄に記号で答えなさい。

- (ア) 化合物 A の水溶液は弱酸性を示し、化合物 B の水溶液は中性を示す。
- (イ) 化合物 A と化合物 B にそれぞれ塩化鉄(Ⅲ)水溶液を添加すると、化合物 B のみが呈色する。
- (ウ) 化合物 A と化合物 B はいずれも医薬品またはその原料として利用される。
- (エ) 化合物 A と化合物 B はいずれもエステル結合をもつ。
- (オ) 化合物 A と化合物 B はいずれも炭酸水素ナトリウム水溶液に溶けない。

問 5 は次ページにあります。

問 5 フェノール、サリチル酸および酢酸フェニル(フェノールの酢酸エ斯特ル)の3種類の化合物がジエチルエーテル(エーテル)に溶けている混合溶液について、それぞれの化合物を分離するために図のような操作を行った。その結果、3種類の化合物がそれぞれエーテル層②、エーテル層③、エーテル層④に分離された。

図の(i)～(iv)の操作として最も適切なものを以下の(ア)～(エ)から一つ選び、解答欄に記号で答えなさい。ただし、各操作は一度のみ行うことができるものとし、操作中の化合物の加水分解は無視できるものとする。

- (ア) 水酸化ナトリウム水溶液を加える。
- (イ) 希塩酸を加える。
- (ウ) 二酸化炭素を十分に吹き込む。
- (エ) 炭酸水素ナトリウム水溶液を加える。

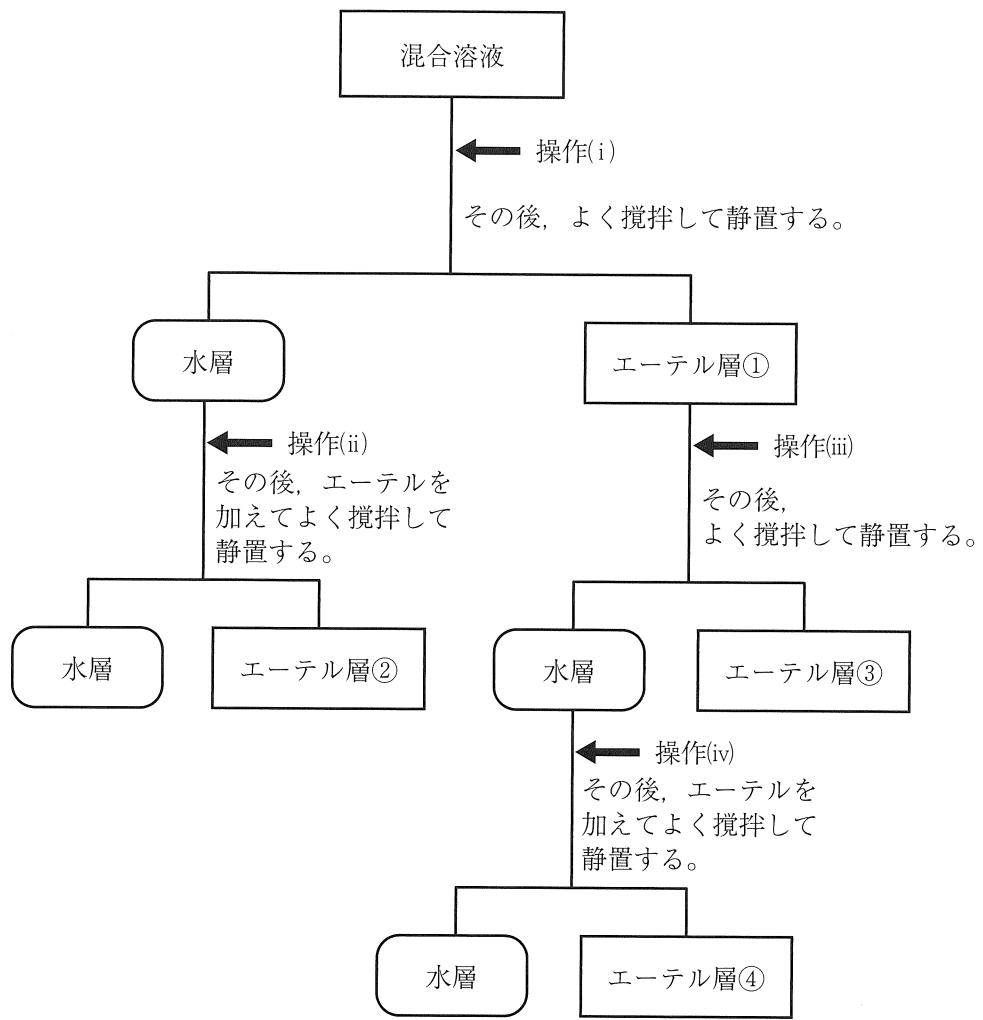


図 分離操作

生 物 (後期)

解答上の注意：記号等の選択において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、五十音順、番号順に並べなさい。該当するものが無い場合は、
「該当なし」の記号を選びなさい。

I 次の(1)～(8)の間に答えなさい。

- (1) 動物の個体群において、同種の他個体を排除する空間を何というか書きなさい。
- (2) セントラルドグマに示される 3 つの物質間における遺伝情報の流れの中で、最も下流に位置する物質を選びなさい。
- A 脂質 B RNA C タンパク質 D イオン
E DNA F 該当なし
- (3) 体細胞分裂について正しいものをすべて選びなさい。
- A 分裂をさかんに行う細胞は分裂をあまり行わない細胞に比べて間期が短い。
B G₁期の細胞中の DNA 量は G₂期の量の 2 倍である。
C G₂期の細胞中の DNA 量は G₁期の量の 2 倍である。
D M 期の始めにある細胞中の DNA 量は G₁期の量の 2 倍である。
E M 期の始めにある細胞中の DNA 量は G₂期の量の 2 倍である。
F 該当なし。
- (4) 古生代の示準化石である生物をすべて選びなさい。
- A アンモナイト B カブトガニ C シアノバクテリア
D 三葉虫 E 始祖鳥 F ティラノサウルス
G フズリナ H マンモス I 該当なし

(5) ヒトの体内で動脈血が流れているものをすべて選びなさい。

- | | | | |
|-------|-------|-------|--------|
| A 右心室 | B 右心房 | C 肝門脈 | D 左心室 |
| E 左心房 | F 大動脈 | G 肺動脈 | H 該当なし |

(6) ヒトの脳について正しいものをすべて選びなさい。

- A 大脳ではニューロンの細胞体が集まっている部分を灰白質という。
- B 辺縁皮質(大脳辺縁系)は両生類でも見られるいわば原始的な皮質である。
- C 中脳は視床と視床下部に分けられる。
- D 小脳には自律神経系の中権がある。
- E 延髄には呼吸運動を調節する中枢がある。
- F 脳下垂体前葉からバソプレシンが血中に分泌される。
- G 該当なし。

(7) 旧口動物について正しいものをすべて選びなさい。

- A へん形動物を含む。
- B 棘皮動物を含む。
- C 刺胞動物を含む。
- D 節足動物を含む。
- E 原口が成体の口になる。
- F 原口の反対側に口が形成される。
- G 二胚葉性である。
- H 該当なし。

- (8) 光発芽種子について正しいものをすべて選びなさい。
- A 発芽はジベレリンによって促進され、アブシシン酸によって抑制される。
 - B 赤色光によってフィトクロムの Pr 型は Pfr 型へ不可逆的に変化する。
 - C アブシシン酸はフィトクロム Pfr 型を直接機能阻害する。
 - D フィトクロム Pfr 型はジベレリンの合成を抑制する。
 - E 森林の林床部分にある種子では、フィトクロムは Pfr 型と比べ Pr 型の割合が大きくなっていると考えられる。
 - F 赤色光を照射した直後に遠赤色光を照射した場合、発芽する。
 - G 該当なし。

II 以下の文を読み、間に答えなさい。

生物は細胞からなり、生きている細胞の中では実に様々な反応が起こっている。試験管の中で反応の一部を再現できれば、生命の仕組みを解明する手がかりとなる。無細胞タンパク質合成システムとは、細胞から遺伝子の転写とタンパク質の翻訳に必要な酸素などを取り出したものに、アミノ酸などを加えて反応系を再構築したものである。このシステムを用いれば試験管内でタンパク質の合成ができる。

問 1 以下の実験では、ある無細胞タンパク質合成システムを用いて様々な条件下でホタルのルシフェラーゼ(タンパク質)の合成の有無を調べた。ルシフェラーゼは、ATP 存在下でルシフェリン(基質)を発光物質に変換する。このシステムにルシフェリンと ATP を添加しておくことで、ルシフェラーゼが合成されたことを発光によって確認できる。この実験について、次の(1)～(3)の間に答えなさい。

<実験>

ルシフェリンと十分量の ATP を含んだ無細胞タンパク質合成システムの混合液を分注した試験管 1～9 に、下の表に従ってそれぞれの物質を添加した。十分な反応の後、試験管内の mRNA 量を測定し、さらに暗所で発光の有無を確認した。なお、添加した各分解酵素の量はそれぞれの反応系における DNA, RNA, タンパク質を即座に分解するのに十分な量であり、分解酵素が添加されていない場合、各物質は分解されないものとする。また、ルシフェラーゼの cDNA には転写を可能とする適切なプロモーターが連結してあるものとする。

表1 それぞれの試験管に添加した物質を○で示す。

試験管	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ルシフェラーゼ cDNA	○	○	○	○					
ルシフェラーゼ mRNA					○	○	○	○	○
DNA 分解酵素		○				○			○
RNA 分解酵素			○				○		
タンパク質分解酵素				○				○	○

(1) 物質を添加した直後と比較して、十分な反応の後に mRNA が増加しているものは、表1 のどの試験管か、すべて選び番号で答えなさい。

(2) 下の選択肢の中から翻訳に必要なものをすべて選び、記号で答えなさい。

- | | | | | | |
|-----|----------|-----|------------|-----|------------|
| (あ) | アミノ酸 | (い) | ヒストン | (う) | 制限酵素 |
| (え) | プライマー | (お) | リボソーム | (か) | リソソーム |
| (き) | DNA | (く) | DNA 分解酵素 | (け) | DNA ポリメラーゼ |
| (こ) | DNA リガーゼ | (さ) | mRNA | (し) | tRNA |
| (す) | RNA 分解酵素 | (せ) | RNA ポリメラーゼ | | |

(3) ルシフェラーゼによる発光がみられるのは表1 のどの試験管か、すべて選び番号で答えなさい。

問 2 ニーレンバーグらの無細胞タンパク質合成システムと人工合成した RNA を用いた以下の実験について、遺伝暗号表を参照して(1), (2)の間に答えなさい。

- (1) UC の繰り返し配列(UCUCUC....)のみからなる RNA を用いると、どのようなアミノ酸配列のポリペプチドが合成されるか 35 字以内で説明しなさい。

遺伝暗号表

1番目の塩基	2番目の塩基				3番目の塩基
	U	C	A	G	
U	UUU フェニルアラニン	UCU	UAU チロシン	UGU システイン	U
	UUC	UCC	UAC	UGC	C
	UUA ロイシン	UCA	UAA 終止	UGA 終止	A
	UUG	UCG	UAG	UGG トリプトファン	G
C	CUU	CCU	CAU ヒスチジン	CGU	U
	CUC	CCC	CAC	CGC	C
	CUA	CCA	CAA グルタミン	CGA アルギニン	A
	CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	AUU	ACU	AAU アスパラギン	AGU セリン	U
	AUC	ACC	AAC	AGC	C
	AUA	ACA	AAA リシン	AGA アルギニン	A
	AUG メチオニン(開始)	ACG	AAG	AGG	G
G	GUU	GCU	GAU アスパラギン酸	GGU	U
	GUC	GCC	GAC	GGC グリシン	C
	GUA	GCA	GAA グルタミン酸	GGA	A
	GUG	GCG	GAG	GGG	G

- (2) C : G = 4 : 1 で構成されたスクレオチドがランダムにつながった長い RNA を用いて翻訳をした。合成されたポリペプチドには理論上どのアミノ酸がどのような比率で含まれるか、下記の 1 ~ 3 と A ~ C にあてはまるアミノ酸名と数字を答えなさい。ただし、1 ~ 3 は比率が高い順番に並べること。

$$\boxed{1} : \boxed{2} : \boxed{3} : \text{アラニン} : \boxed{A} : \boxed{B} : \boxed{C} : 1$$

問 3 ある種のホタルがつくる全種類のタンパク質を調べると、平均 5.0×10^2 個のアミノ酸からなっていた。ホタルのゲノムの塩基対数は 9.0×10^8 bp で遺伝子数を 1.5×10^4 個とすると、このホタルゲノムのうちタンパク質をつくりだす領域は何%か答えなさい。ただし、ここでは遺伝子は DNA の片側の鎖のみに重なり合うことなく存在するものとし、選択的スプライシングは考慮しないものとする。

III 以下の文を読み、間に答えなさい。

「地球外生命は存在するのだろうか？」、あるいは「地球上の生命はどのように誕生したのだろうか？」といった疑問は、我々の多くが一度は考えたことがあるだろう。地球上の生命の起源については不明な点が多いが、生命の誕生後、地球上ではさまざまな生物が進化した。

問 1 地球上に現存する生物を生み出した生命の誕生は何回あったと考えられるか、選択肢 1 から最も可能性が高いと考えられるものを選び記号で答えなさい。また、選択肢 2 からその根拠となるものをすべて選び記号で答えなさい。

(解答例：A, あいう)

<選択肢 1 >

- | | | |
|----------|-----------|-------|
| A 1 回 | B 3 回 | C 5 回 |
| D 10 回程度 | E 100 回程度 | |

<選択肢 2 >

- あ DNA とは異なる遺伝物質をもつ生物の化石が見つかっている。
- い エネルギーとして ATP を用いている。
- う 生物は 3 つのドメインに分けることができる。
- え ミトコンドリアは二重の生体膜を持っている。
- お 基本的に遺伝暗号が共通である。
- か 生物は 5 つの界に分けることができる。

問 2 最近になって探査機「はやぶさ2」が小惑星から持ち帰った試料にアミノ酸が含まれていることが明らかになった。この結果をもとに考えられることとして適切なものを3つ選び番号で答えなさい。ただし、「はやぶさ2」の試料には地球のアミノ酸の混入はないものとする。

- 1 地球上の生命は地球外から来たことがわかった。
- 2 地球上の生命が地球外から来たことが否定された。
- 3 生命は地球にのみ存在すると断言できない。
- 4 現在の地球上の大半の有機物は、地球外から来た。
- 5 太古の地球上のアミノ酸の一部は、地球外から来た可能性がある。
- 6 アミノ酸が生命の源ではないことが明らかになった。
- 7 地球上での化学進化は否定された。
- 8 地球上での化学進化は否定できない。

問 3 生物の進化に関して、正しいものをすべて選び、記号で答えなさい。

- A 白亜紀に被子植物が出現した。
- B 古細菌と細菌が分離した後、細菌から真核生物が進化した。
- C ジュラ紀にアンモナイトが絶滅した。
- D 約35億年前の原核生物の化石が見つかっている。
- E アグロバクテリウムが出現して地球上に酸素が増加した。
- F カンブリア大爆発により地球上のほとんどの生物が絶滅した。
- G デボン紀に昆虫が出現した。
- H 該当なし。

問 4 ヒトへの進化の過程で起こった事について、以下の選択肢を古いものから順番に並べ、2番目と4番目と6番目に起こったと考えられるものを順に書きなさい。(解答例: B, F, C)

- | | |
|-------------|---------------|
| A 肺呼吸を獲得した。 | B 羊膜を獲得した。 |
| C 胎盤を獲得した。 | D 三胚葉になった。 |
| E 脊索を獲得した。 | F 組織の分化が起こった。 |

問 5 表1は、様々な動物のヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列を比較した時の異なるアミノ酸の数(アミノ酸の置換数)を示している。以下の(1)~(3)に答えなさい。ただし、ここではアミノ酸の置換は一定の頻度と速度で起こるものとし、計算には「ヒトとコイは共通の祖先から4億年前に分離した」という仮定の数値を用いること。

表1

	ヒト	コイ	A	ウシ	B	C
ヒト		68	25	17	62	37
コイ			71	65	74	75
A				25	69	49
ウシ					64	43
B						71
C						

- (1) ヒトとの比較の結果が系統進化を反映しているとすると、A, B, C にてはまるものを選択肢から選び、記号を順番に書きなさい。

(解答例：あ, い, う)

あ ショウジョウバエ	い ウサギ	う ホヤ
え イモリ	お カモノハシ	か サメ
き ヤツメウナギ		

(2) ヘモグロビン α 鎖は平均すると一か所のアミノ酸あたり 1 年でどれくらいのアミノ酸の置換が起きているか、最も近い数値を選び記号で答えなさい。ただし、ここではヘモグロビン α 鎖は 141 個のアミノ酸からなるものとする。

- A 5.3×10^{-11} B 8.7×10^{-11} C 5.9×10^{-10}
D 9.5×10^{-10} E 2.1×10^{-9}

(3) 表 1 の A とウシはおよそ何億年前に共通の祖先から分離したと考えられるか、選択肢から最も近いものを選び記号で答えなさい。

- A 3.2 億年前 B 2.1 億年前 C 1.8 億年前
D 1.4 億年前 E 1.1 億年前

IV

以下の文を読み、間に答えなさい。

我々は空腹になると食事をとり、活動するためのエネルギーを得ている。生物が細胞内で酸素を利用して有機物を分解し、エネルギーを取り出すはたらきを呼吸という。取り出されたエネルギーはアデノシン三リン酸(ATP)として蓄えられ、生体内で起こる様々な反応に利用される。真核生物がグルコースを呼吸基質に用いて行う呼吸は、大きく分けて①解糖系、②クエン酸回路、③電子伝達系という連続する3つの過程からなる。これらの過程を経てグルコースは分解され、④各過程で生じるエネルギーを用いてATPが合成される。この呼吸の全過程をまとめると、次の反応式で表される。



呼吸には、グルコースなどの炭水化物のほか、脂肪やタンパク質も利用される。これらの呼吸基質はそれぞれ異なる呼吸商を示し、呼吸基質の種類と割合によって呼吸商は変化し、呼吸商を測定することによってどの呼吸基質が主に使われているかを推定することもできる。表1は、ある動物Aが呼吸によって炭水化物、脂肪、タンパク質を分解した時の酸素消費量(呼吸基質1.0 gあたりの消費量)と呼吸商を示している。動物Aがタンパク質を呼吸基質として利用すると、⑥分解されるタンパク質の質量の16 %にあたる窒素(N)が尿中に排出される。

表1 動物Aが呼吸によって各呼吸基質を分解した時の酸素消費量と呼吸商

	炭水化物	脂肪	タンパク質
酸素消費量 (L/呼吸基質1.0 g)	0.8	2.0	1.0
呼吸商	1.0	0.7	0.8

問 1 下線部①, ②, ③の各過程にあてはまるものを選択肢からそれぞれすべて選び、記号で答えなさい(同じ選択肢を複数回選択してもよい)。

- A ミトコンドリアで行われる。
- B 細胞質基質で行われる。
- C 二酸化炭素が発生する。
- D 酸素が直接反応に使われる。
- E ピルビン酸が生じる。
- F 酸化的リン酸化により ATP が合成される。
- G 還元型補酵素の FADH₂が生じる。
- H アルコール発酵と共通の過程である。
- I 該当なし。

問 2 下線部④に関する以下の間に答えなさい。

- (1) 酸素存在下の解糖系において消費される ATP と合成される ATP は、グルコース 1 分子あたりそれぞれ何分子か順に答えなさい。(解答例： 1, 2)
- (2) 呼吸全体でグルコース 1 分子あたり最大量の ATP が合成された場合、電子伝達系で合成された ATP の分子数は、クエン酸回路で合成された ATP の分子数の何倍か答えなさい。

問 3 下線部⑤について、各物質を分子式に書き直した反応式で表しなさい。

問 4 草を十分に与えて飼育しているある草食動物の呼吸商を測定すると、0.96であった。次に、この動物をしばらく絶食させてから呼吸商を測定すると、0.75であった。表1を参考にして絶食の前に呼吸基質として主に何が消費されていたかを書きなさい。また、絶食の後は主に何が消費されていたかを書きなさい。ただし、絶食の後に糖質コルチコイドの影響を受けないものを答えること。

問 5 動物 A のある一定時間の呼吸について調べたところ、炭水化物、脂肪、タンパク質を同時に分解し、酸素が 112 L 消費された。そして炭水化物の分解量は 55 g、尿中への N の排出量は 640 mg であった。表1と下線部⑥を参考にして、以下の間に答えなさい。

- (1) この呼吸においてタンパク質の分解によって生じた二酸化炭素は何 L か
答えなさい。
- (2) この呼吸において分解された脂肪は何 g か答えなさい。

訂正 令和5年度一般選抜試験（後期）物理、生物

物理 <訂正> p6 III 図1

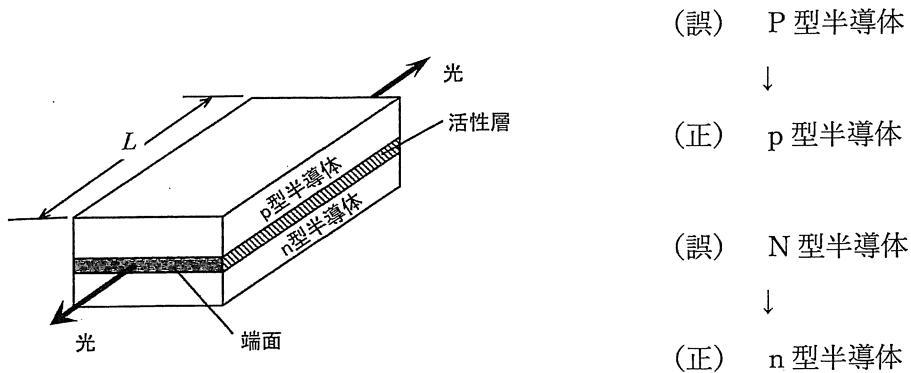


図1

生物

<訂正1> p31、下から3行目 II 問2 (2)

誤：下記の1～3とA～Cにあてはまるアミノ酸名と数字を答えなさい。ただし、1～3は比率が高い順番に並べること。



正：下記の 1～3 と A～C にあてはまるアミノ酸名と数字を答えなさい。ただし、
1～3 は比率が高い順番に並べること。

<訂正2> p32、下から1行目 II 問3

問題文に、以下の文を付け加える。

「また、すべての遺伝子はタンパク質に翻訳されるものとする。」

理科 生物 IV

信州大学 理系前期 2019 年度 生物 [3] を改変。