前期日程

令和８年度個別学力試験問題

理　　科

（医　学　部）
医　学　科
先進医療科学科

科　目	ページ
物　　理	1 ページ ～ 9 ページ
化　　学	10 ページ ～ 17 ページ
生　　物	18 ページ ～ 26 ページ

問題冊子には上記の 3 科目の問題が載っています。

○ 医学科を志望する者は，物理，化学，生物の 3 科目のうちから 2 科目を選択して解答すること。（解答時間　120 分，配点　各 100 点）

○ 先進医療科学科を志望する者は，物理，化学，生物の 3 科目のうちから 1 科目を選択して解答すること。（解答時間　90 分，配点　100 点）

注意事項

1. 解答開始の合図があるまで，この問題冊子及び解答冊子の中を見てはいけません。
2. 監督者の指示に従い，選択する科目の解答冊子の所定の欄に受験番号をはっきり記入しなさい。
3. 監督者の指示に従い，選択する科目の解答冊子の選択科目確認欄に○印を記入しなさい。正しく○印が記入されていない解答は無効とすることがあります。
4. 試験開始の合図のあとで問題冊子のページを上記の表に基づいて確認しなさい。
5. 解答はすべて選択した科目の解答冊子の指定された解答欄に記入しなさい。
6. 解答冊子のどのページも切り離してはいけません。
7. 問題冊子及び解答冊子の印刷不鮮明，ページの落丁及び汚損等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
8. 問題冊子及び計算用紙は持ち帰りなさい。

問題文の訂正

１２ページ　1問３（３）・・・下線部分の文字の訂正

【誤】

・・・最も近いものを１つ選び解答欄に記載しなさい。

【正】

・・・最も近いものを１つ選び記号で答えなさい。

物　　理

1. 物理は全部で 4 問題あり，合計 9 ページあります。
2. すべての問題に解答しなさい。
3. 解答冊子は表紙を除いて 1 ページあります。
4. 問題中の物理量は特にことわらない限り国際単位系(SI)を使って表されています。

1 次の文章を読んで以下の問いに答えなさい。

図1のように，水平な床の上になめらかな円筒の表面を持つ台が固定されている。床上の点Cの真上に円筒表面に対する中心である点Pがあり，円筒の半径はrである。点Dと点Eは，円筒表面上の点であり，曲面CDと曲面CEに対する中心角が，それぞれ45°，60°であり，台の端EFは床に垂直である。質量mの小物体とばね定数kのばねがあり，小物体は点Oで静止している。ばねの左端は壁に固定されており，右端には薄い支持板が接続され，小物体は支持板に接しており，このとき，ばねは自然長であった。小物体を点Aまで手で押し込むと，ばねは長さLだけ縮み，その状態から静かに手を離すと，小物体はばねに押されたのちに支持板から離れ，点Bを通過して台に向かった。小物体の大きさ，支持板の質量，および空気抵抗はすべて無視できるものとし，ばねの弾性エネルギーはすべて小物体に伝わるものとする。また，重力加速度の大きさはgとし，水平方向右向きを正，鉛直方向上向きを正とする。

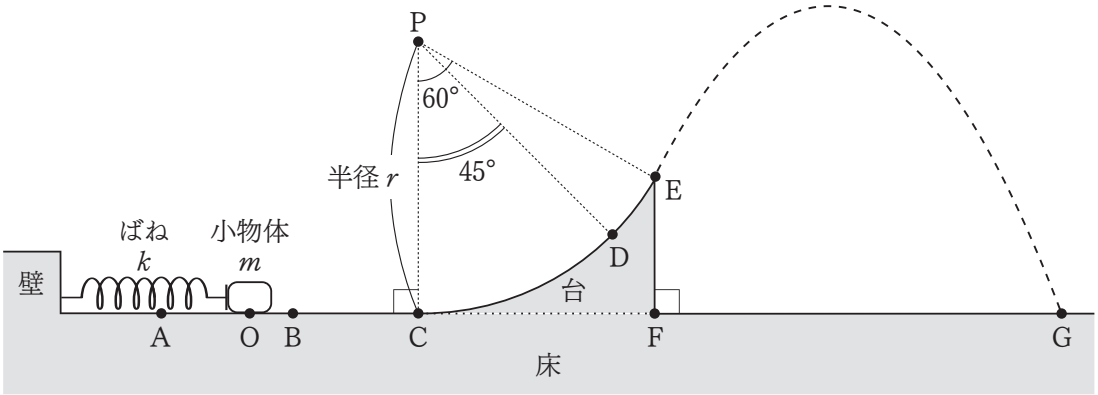

図1

問 1 床，台の表面，これらの接合点がなめらかなとき，ばねに押され運動をはじめた小物体は，点Cを通過し，円筒面に沿って上り，点Dを通り，点Eにおいて投射された。その後，投射された小物体は，放物線軌道を描き，最終的に点Gで床に衝突した。

(1) 点Dにおける小物体の速さv_Dをm，k，L，g，rの中から必要なものを用いて表しなさい。

(2) 点Dにおける垂直抗力の大きさNをm，k，L，g，rの中から必要なものを用いて表しなさい。

(3) 点Eにおける小物体の速さをv_Eとするとき，小物体が点Eで投射されてから，点Gで床に衝突するまでにかかる時間tをm，g，r，v_Eの中から必要なものを用いて表しなさい。

(4) 区間FGの距離d_{FG}をm，g，r，v_Eの中から必要なものを用いて表しなさい。

問 2　次に**図 1** の区間 BC に摩擦がある場合を考える。小物体はばねに押され，支持板を離れたのち，区間 BC を通過し，台を円筒面に沿って上り，点 D に到達すると，台を円筒面に沿って下りはじめた。区間 BC 以外は**問 1** と同様になめらかであり，区間 BC の動摩擦係数を μ とする。

(5)　点 C における小物体の速さ v_C を m，k，L，g，r，μ の中から必要なものを用いて表しなさい。

(6)　区間 BC の距離 d_{BC} を m，k，L，g，r，μ の中から必要なものを用いて表しなさい。

(7)　区間 BC において小物体に働く摩擦力がした仕事の大きさ W を m，k，L，g，r，μ の中から必要なものを用いて表しなさい。

2 電池の起電力と内部抵抗に関する以下の問いに答えなさい。

問 1 **図 2—1** のように，起電力 E，内部抵抗 r の電池と，抵抗値 x の抵抗をつなぐ。

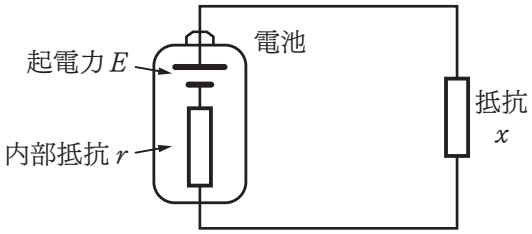

図 2—1

(1) この回路に流れる電流を求めなさい。

(2) 抵抗に加わる電圧を求めなさい。

(3) 抵抗で消費される電力を求めなさい。

(4) 起電力 10 V，内部抵抗 1.0 Ω の電池につないだ抵抗の消費電力が 9.0 W であった。これを実現できる抵抗の値をすべて求めなさい。有効数字は 2 桁とする。

(5) 起電力 10 V，内部抵抗 1.0 Ω の電池につなぐ抵抗をさまざまに変えたときに，抵抗で消費される電力の最大値を求めなさい。また，そのときの抵抗の値を求めなさい。有効数字は 2 桁とする。

問 2　電池の起電力 E と内部抵抗 r を測定するために，**図 2 — 2** の回路を用いて，可変抵抗の抵抗値を変え，電流と電圧を測定した。測定結果のグラフを**図 2 — 3** に示す。

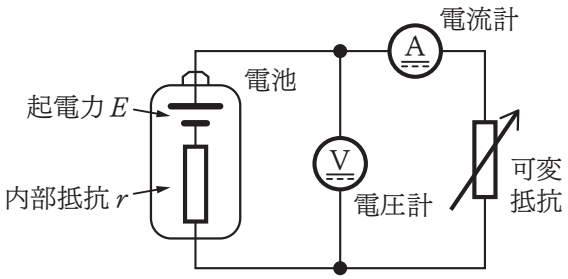

図 2 — 2

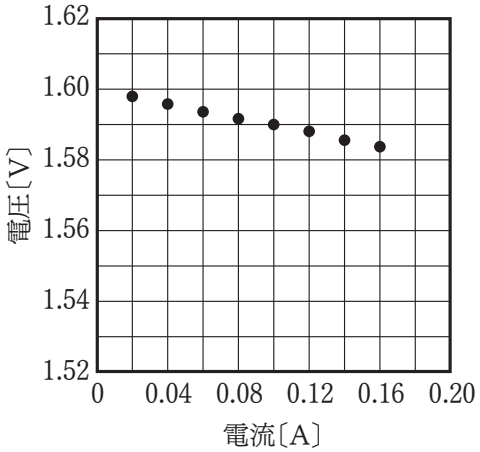

図 2 — 3

⑹　測定に用いる電圧計と電流計をつなぐことによって，電池と可変抵抗を流れる電流にほとんど変化を生じさせないためには，電圧計と電流計の内部抵抗は，可変抵抗や電池の内部抵抗に比べて非常に大きいか非常に小さい必要がある。それぞれの内部抵抗について，「大きい」か「小さい」かのいずれかで答えなさい。

⑺　測定された電圧 V を，起電力 E，内部抵抗 r，測定された電流 I との関係式で表しなさい。ただし，電流計と電圧計をつないだことによる影響はないものとする。

⑻　グラフから推定される，電池の起電力 E の値と内部抵抗 r の値を求めなさい。有効数字は 2 桁とする。

3 x 軸に沿って直線状に置かれたじゅうぶんに長い媒質がある。時刻 $t = 0$ s において，原点にある媒質が，x 軸と直交する y 軸に沿って単振動を始めた。**図 3—1** は，$t = 3$ s における媒質の各位置の変位を示している。この波の振幅を A〔cm〕，波長を λ〔cm〕，周期を T〔s〕，波が伝わる速さを v〔cm/s〕とする。これらを踏まえて，以下の問いに答えなさい。ただし，円周率は π とする。また，値については有効数字 1 桁で答えなさい。

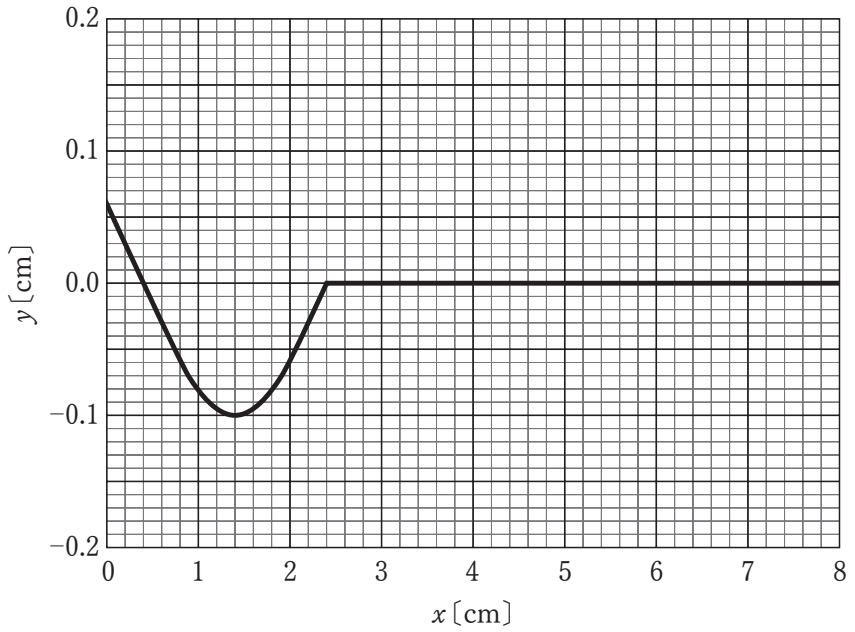

図 3—1

問 1 以下の文章を読んで文中の空欄①〜⑤に入る適切な語句，式，単位を含めた値を答えなさい。

$t = 0$ s において原点の媒質は y 軸の［ ① ］方向に向かって動き出した。原点における変位は媒質中を波として伝わり，じゅうぶん時間が経った後の時刻 t〔s〕，位置 $x\,(>0)$〔cm〕における波の式は，sin 関数を用いて，$y =$［ ② ］と書き表される。さらに，波長，周期，波が伝わる速さの値はそれぞれ $\lambda =$［ ③ ］，$T =$［ ④ ］，$v =$［ ⑤ ］である。

問 2　$x = 2$ cm における変位 y の時間変化のグラフとして最も適切なものを**図 3 — 2** の(a)〜(e)の中から選びなさい。

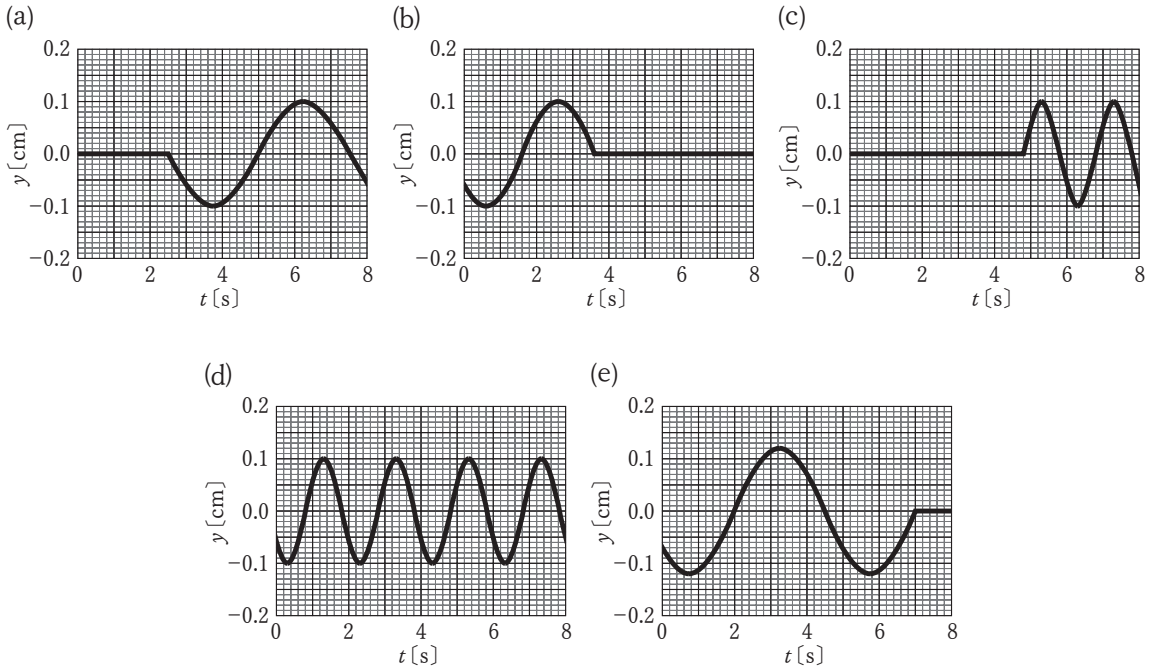

図 3 — 2

問 3　**図 3 — 1** において，媒質の変位が y 軸方向ではなくて x 軸方向であった場合を考える。$t = 10$ s のとき，$0 \text{ cm} < x < 8 \text{ cm}$ の範囲で媒質の密度が最大になる位置と最小になる位置をすべて求めなさい。また，このように波の進む方向と媒質の変位の方向が一致する波のことを何と呼ぶか答えなさい。

問 4　x 軸の正の方向に向かって一定の速さ $V\,(0 < V < v)$ で進む観測者が受け取る波の振動数を表す式を，v，T，V の中から必要なものを用いて答えなさい。また，ここで求めたように，移動する観測者の受け取る波の振動数が，移動しない観測者の受け取る波の振動数とは異なる現象を何効果と呼ぶか答えなさい。

4 次の文章を読んで以下の問いに答えなさい。

点Oを中心とする半径rの球形容器に，同種の単原子分子N個からなる理想気体が封入されている。この分子ひとつあたりの質量をmとする。ここで，i番目($i = 1, 2, 3, \cdots, N$)の分子を分子iとし，その速さをv_iと表す。いま，**図4**のように点Oを通る断面内を移動する分子iが，点Pにおいて角度θで壁面と弾性衝突する場合を考える。このとき，以下の問いに答えなさい。ただし，容器内での分子同士の衝突，分子間に働く力，および重力は無視できるとする。また，とくに指示がない限り，解答には問題で与えられた物理量を表す文字を用いなさい。

問 1 容器内における分子iの運動について考える。

(1) 衝突前後の半径方向の運動量の変化を考えることにより，点Pにおける分子iの衝突で容器内の壁面が受ける力積の大きさを求めなさい。

(2) 分子iが点Pで壁面に衝突してから，点Qで再び壁面に衝突するまでにかかる時間Δtを求めなさい。

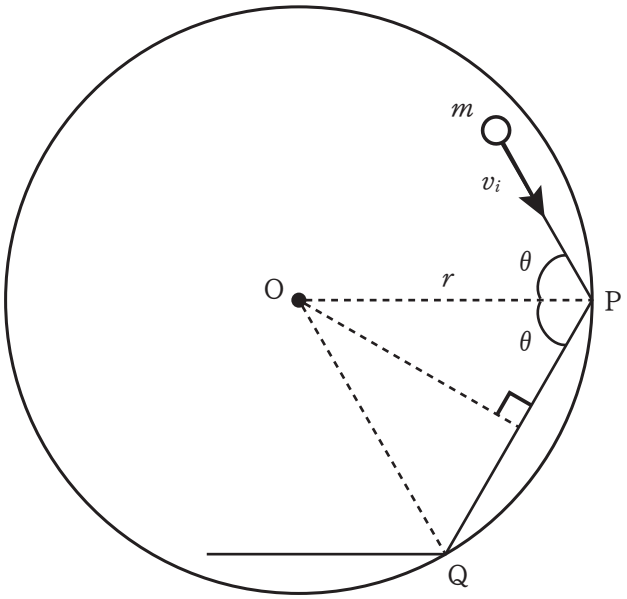

図4

問 2　この容器内の壁面全体が時間 t の間に分子 i から受ける半径方向の力積は，

$$\frac{m{v_i}^2}{r}t$$

と表せる。ここで，N 個の分子の速さの 2 乗平均 $\overline{v^2}$ を

$$\overline{v^2} = \frac{1}{N}\left({v_1}^2 + {v_2}^2 + {v_3}^2 + \cdots + {v_{N-1}}^2 + {v_N}^2\right)$$

と定義する。

(3)　N がじゅうぶん大きいとき，容器内の壁面に働く半径方向の平均の力の大きさを F とすると，時間 t の間に壁面が容器内のすべての分子から受ける半径方向の力積は，F と t の積 Ft として表される。個々の分子による力積の総和と Ft を比較することにより，F を N，m，$\overline{v^2}$，θ，t，r のうち必要なものを用いて表しなさい。

(4)　容器内の体積を V とする。容器内の壁面に働く圧力 p を N，m，$\overline{v^2}$，θ，t，V のうち必要なものを用いて表しなさい。

問 3　容器内の気体の絶対温度を T とすると，容器内の気体の物質量 n と定数 R を用いて次の状態方程式が成立する。

$$pV = nRT$$

ここで，物質量 n は定数 N_A を用いて次のように表される。

$$n = \frac{N}{N_\mathrm{A}}$$

(5)　R と N_A はそれぞれ何と呼ばれる定数か答えなさい。

(6)　**問 2** の結果と状態方程式を比較することで，以下のように気体分子のもつ運動エネルギーと気体の温度の間に成り立つ関係が得られる。以下の式の空欄①に入る係数を答えなさい。

$$\frac{1}{2}m\overline{v^2} = \boxed{\ \ ①\ \ }\ \frac{R}{N_\mathrm{A}}T$$

(7)　容器内の気体分子がネオンであるとき，15 ℃における分子の 2 乗平均速度 $\sqrt{\overline{v^2}}$ を有効数字 2 桁で求めなさい。ただし，ネオンの分子量は 20.0 とし，$R = 8.31$ J/(mol･K)とする。

化　　学

1. 化学は全部で 3 問題あり，合計 8 ページあります。
2. すべての問題に解答しなさい。
3. 解答冊子は 1 問題に 1 ページずつ，合計 3 ページあります。
4. 解答は解答冊子の所定の欄に記入しなさい。

1 次の文章を読んで，以下の問いに答えなさい。原子量は H = 1.0，C = 12，O = 16，S = 32 とする。

物質はそれぞれ固有のエネルギーを持っており，これを化学エネルギーという。これはおもに原子などの構成粒子間の化学結合によって蓄えられたものである。化学反応では，原子の組み替えなどが起こるため，反応物のもつ化学エネルギーと生成物のもつ化学エネルギーは異なることが多い。化学反応にともなって，反応物の化学エネルギーの総和と生成物の化学エネルギーの総和の差が，熱エネルギー，光エネルギー，電気エネルギーなどになる。エネルギーが形を変えることをエネルギーの変換といい，変換してもその前後におけるエネルギーの総和は変わらない。これを［ A ］の法則という。様々なエネルギーは，［ A ］の法則を保ちながら相互に変換することができる。例えば，料理や暖房のために燃料ガスや石油を燃焼させているが，これは化学エネルギーを熱エネルギーに変換①して利用している例である。

二酸化炭素や水は，化学エネルギーの低い無機物質である。緑色植物などが行う光合成②は，光エネルギーを使って，二酸化炭素と水から化学エネルギーの高い糖類などの有機化合物を合成する反応である。したがって，光合成によって光エネルギーは化学エネルギーに変換されている。化学反応が起こり反応物が生成物に変化するとき，反応物が持つ化学エネルギーと生成物が持つ化学エネルギーとの差，あるいは，その差の一部が光エネルギーに変換されて，光として放出されることがある。この現象を化学発光という。化学発光による光の色は，反応物と生成物の化学エネルギーの差によって決まる。エネルギー差が大きいと波長は［ B ］なり，エネルギー差が小さいと波長は［ C ］なる。

酸化還元反応を利用して，化学エネルギーを電気エネルギーに変換して取り出す装置を電池という。たとえば，イオン化傾向の異なる 2 種類の金属板を浸し，導線で結ぶと電気が流れ，イオン化傾向③の［ D ］方の金属が陽イオンとなって電子を放出する変化が起こる。もう一方の金属の表面では，この電子を受け取る変化が起こる。このとき 2 種類の金属を電池の電極といい，電子が導線に向かって流れる電極を負極，導線から電子が流れ込む電極を正極という。正極と負極の間に生じる電圧を起電力という。

問 1　空欄 A ～ D に適当な語句を答えなさい。

問 2　下線部①に関して次の問いに答えなさい。

以下のⅠ）～Ⅳ）の選択肢から化学エネルギーを熱エネルギーに変換する現象をすべて選び記号で答えなさい。

Ⅰ）　水に濃硫酸を加える
Ⅱ）　酸化銀の分解
Ⅲ）　塩酸に水酸化ナトリウムを加える
Ⅳ）　炭酸水素ナトリウムの分解

問 3　下線部②に関して次の問いに答えなさい。

(1)　炭素 C（黒鉛）の燃焼エンタルピーを－394 kJ/mol，水素 H_2（気）の燃焼エンタルピーを－286 kJ/mol，固体のグルコース（$C_6H_{12}O_6$）の生成エンタルピーを－1273 kJ/mol としたとき，炭素 C（黒鉛）と水素 H_2（気）の燃焼に関してエンタルピー変化 ΔH を付した化学反応式で答えなさい。また，グルコースの生成に関してエンタルピー変化 ΔH を付した化学反応式で答えなさい。ただし，水素 H_2（気）の燃焼で生じる水は液体とする。

(2)　植物が光合成によって二酸化炭素と水からグルコースと酸素を生成する反応の反応式は次式のようになる。**問 3** (1)の化学反応式を用いて，この反応のグルコース 1 mol あたりの生成エンタルピーを整数値で答えなさい。

$$6CO_2\,(気) + 6H_2O\,(液) \rightarrow C_6H_{12}O_6\,(固) + 6O_2\,(気)$$

(3)　ある植物が 1 年間に太陽の光のエネルギーを 5.0×10^6 kJ 受け取るとすると，何 g のグルコースが生成するか答えなさい。ただし，この場合，太陽光のエネルギーがグルコースの生成に利用される効率は 0.5 % であった。**問 3** (2)で求めたグルコースの生成エンタルピーの値を用いて生成するグルコース量〔g〕を概算し，以下の選択肢から最も近いものを 1 つ選び解答欄に記載しなさい。

ア）　120 g　　イ）　160 g　　ウ）　600 g　　エ）　1600 g　　オ）　5000 g　　カ）　6000 g

問 4　下線部③に関して(a)〜(e)のうち正しい説明文をすべて選び記号で答えなさい。

(a)　標準電極電位の値が高い金属ほど，陽イオンの還元反応が起こりやすくイオン化傾向は小さい

(b)　Li，K，Ca などは常温の水と反応して，水素を発生しながら溶ける

(c)　イオン化傾向が水素より小さい金属は塩酸や希硫酸と反応し水素を発生しながら溶ける

(d)　銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液に亜鉛を入れると亜鉛は溶けて亜鉛イオンになる

(e)　イオン化傾向が大きい金属は酸化作用が強い

問 5　正極に酸化鉛(Ⅳ)，負極に鉛，電解質溶液に希硫酸を用いた鉛蓄電池について，次の問いに答えなさい。ファラデー定数は 9.65×10^4 C/mol とする。

(1)　放電したとき，正極と負極で起こる変化を，e^- を含むイオン反応式で示しなさい。

(2)　鉛蓄電池を 5.00 A で放電を行って，9.65×10^4 C の電気量を取り出した。このとき，何秒を要したか答えなさい。また，この時流れた e^- の物質量はいくらか答えなさい。それぞれ計算過程とともに有効数字 3 桁で答えなさい。

(3)　(2)のとき，正極と負極の質量はそれぞれ何グラム増減したか計算過程とともに整数値で答えなさい。

次のページにも問題があります。

2 次の文章を読んで，以下の問いに答えなさい。ただし，$\log_{10}2 = 0.30$ とする。

問 1 あるアミノ酸 R-CH(NH_2)-COOH は水中では下記のように 2 段階の電離平衡を示し，その電離定数をそれぞれ K_1，K_2 とする。

$$R\text{-}CH(NH_3^+)\text{-}COOH \rightleftharpoons R\text{-}CH(NH_3^+)\text{-}COO^- + H^+$$

$$K_1 = \frac{[R\text{-}CH(NH_3^+)\text{-}COO^-]\,[H^+]}{[R\text{-}CH(NH_3^+)\text{-}COOH]}$$

$$R\text{-}CH(NH_3^+)\text{-}COO^- \rightleftharpoons R\text{-}CH(NH_2)\text{-}COO^- + H^+$$

$$K_2 = \frac{[R\text{-}CH(NH_2)\text{-}COO^-]\,[H^+]}{[R\text{-}CH(NH_3^+)\text{-}COO^-]}$$

ただし，$\log_{10} K_1 = -3.30$，$\log_{10} K_2 = -8.70$ である。

(1) $R\text{-}CH(NH_3^+)\text{-}COOH$ と $R\text{-}CH(NH_2)\text{-}COO^-$ のモル濃度が等しくなる時の pH の数値を答えなさい。なお，計算過程も示すこと。

(2) このアミノ酸の 2 段階電離平衡においては，pH = 8.00 の条件下では各イオンの濃度比は

$$[R\text{-}CH(NH_3^+)\text{-}COOH] : [R\text{-}CH(NH_3^+)\text{-}COO^-] : [R\text{-}CH(NH_2)\text{-}COO^-]$$

$$= \boxed{\text{①}} : 1 : \boxed{\text{②}}$$

となる。①と②に入る数値を有効数字 2 桁で答えなさい。なお，計算過程も示すこと。

問 2 アミノ酸が水に溶ける時，正と負の電荷を持った双性イオンになることがある。アミノ酸を含む水溶液の pH を変化させると，アミノ酸 1 分子中の正と負の電荷の割合が変化するので，アミノ酸の混合水溶液を適当な pH のもとで電気泳動を行うと，特定のアミノ酸を分離することができる。そこで，表に示す 5 種類のアミノ酸の混合水溶液を用いた実験を行った。

-R（側鎖）	アミノ酸の名称	等電点
-H	グリシン	5.97
$-CH_2-SH$	システイン	5.07
$-CH_2-COOH$	アスパラギン酸	2.77
$-(CH_2)_2-CO-NH_2$	グルタミン	5.65
$-(CH_2)_4-NH_2$	リシン	9.74

(1) まず，最初の実験として 5 種類のアミノ酸の pH 7.50 の混合水溶液を用いて電気泳動を行った。このとき，陰極側に移動する全てのアミノ酸の名称を答えなさい。

(2) 次に，5 種類のアミノ酸を強酸性条件下で処理した後，pH 4.00 の混合水溶液を用いて電気泳動を行った。その結果，陽極側に移動するいくつかのアミノ酸が見られた。その全てのアミノ酸の強酸性条件下での構造を，イオン式を用いてそれぞれ示しなさい。

問 3　一般に化学反応速度は反応物の濃度が大きいほど大きくなる。しかし，酵素反応においては，化学反応速度は反応物である基質の濃度によらず，酵素の初濃度に依存しているとみなせる場合がある。このことを説明するために基質を S，酵素を E，酵素-基質の複合体を ES，生成物を P として，下記の反応を考察する。

	反応式	反応速度式
反応Ⓐ　酵素と基質の会合	$E + S \longrightarrow ES$	$v_1 = k_1[E][S]$
反応Ⓑ　酵素と基質の解離(逆反応)	$ES \longrightarrow E + S$	$v_{-1} = k_{-1}[ES]$
反応Ⓒ　酵素－基質複合体から生成物形成	$ES \longrightarrow E + P$	$v_2 = k_2[ES]$

ここで，v_1，v_{-1}，v_2 は反応速度，k_1，k_{-1}，k_2 は反応速度定数とする。

反応Ⓒが反応Ⓐおよび反応Ⓑより十分遅いとき，$v_1 =$ ［ ③ ］となり，ES の生成とその解離反応(逆反応)は平衡状態にあるとみなすことができる。このときの平衡定数を K_1〔L/mol〕とする。また，反応Ⓐおよび反応Ⓑの反応速度式より次の関係が得られる。

［ ④ ］×［ ⑤ ］×［ ⑥ ］＝［ ⑦ ］×［ES］

酵素の初濃度を$[E]_0$とすると，$[E]_0 =$［ ⑤ ］＋［ES］が成り立つことにより，次の関係が導かれる。

$$[E]_0 = \left(1 + \frac{1}{［\ ⑧\ ］ \times ［\ ⑥\ ］} \right) \times [ES]$$

この関係から［ ⑧ ］×［ ⑥ ］の積が十分大きい値のとき，$[E]_0$と［ES］はほぼ等しい値となる。よって，この関係と反応Ⓒの速度式を組み合わせると，P の生成速度は酵素の初濃度$[E]_0$のみに依存することがわかる。

(1)　空欄③～⑧に当てはまる記号を下記(a)～(j)の中から選びなさい。

(a)　K_1　　(b)　k_1　　(c)　k_{-1}　　(d)　k_2　　(e)　v_1

(f)　v_{-1}　　(g)　v_2　　(h)　［E］　　(i)　［S］　　(j)　［P］

(2)　S の初濃度を 1.00×10^{-3} mol/L，E の初濃度を 4.00×10^{-4} mol/L，P の初濃度を 0 mol/L，平衡定数 $K_1 = 1.25 \times 10^{3}$ L/mol，$k_2 = 0.100$/s であるとき，反応Ⓒの速度式を用いて v_2〔mol/(L･s)〕を有効数字 2 桁で答えなさい。なお，計算過程も示すこと。

3 次の文章を読んで，以下の問いに答えなさい。

炭素と水素のみからなる化合物Aがある。Aを臭素水に通じていくと，Aと臭素は物質量の比が1対1で反応して臭素水の赤褐色が消える。また，Aを硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に通じていくと，水溶液の赤紫色が消える。化合物Bにナトリウムを加えると水素が発生する。Bを適当な酸化剤を用いて酸化すると(　ア　)になり，アンモニア性硝酸銀水溶液に(　ア　)を加えて加熱すると銀が析出する。(　ア　)はフェーリング液を還元する(a)。(　ア　)をさらに酸化すると酸性の(　イ　)になる。化合物Cを適当な触媒の存在下で水素と混合すると，Cと水素は物質量の比が1対1で反応して(　イ　)を生じる。(　イ　)とメタノールが縮合するとエステルを生じる。化合物Dもエステルである。Dを加水分解するとメタノールが生じる。

化合物EはBの構造異性体である。Eを酸化すると無色の化合物Fになる。Fは室温25℃において液体であり，1個の分子内の酸素原子の数は1個である。Fの水溶液に，ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると，黄色沈殿が生じる(b)。炭素と水素と酸素からなる化合物GはBとEの構造異性体であり，水素結合を形成しないためBやEに比べて沸点が低く，ナトリウムと反応しない。

無色の不揮発性の化合物Hに，濃硫酸と濃硝酸の混合物を作用させると(　ウ　)を生じる。Hに高級脂肪酸を加えて反応させると油脂が生成する。

化合物AからHについて，1個の分子内の炭素原子の数はそれぞれ3個である。

問 1　A～Hの名称と構造式をそれぞれ書きなさい。ただし，構造式は簡略化して良いものとする。

問 2　文中の(　ア　)～(　ウ　)に適当な化合物の名称を書きなさい。

問 3　Aの構造異性体の名称と構造式をそれぞれ書きなさい。ただし，構造式は簡略化して良いものとする。

問 4　下線部(a)で析出する物質の名称を書きなさい。

問 5　下線部(b)の変化を，化学反応式で書きなさい。ただし，有機化合物は構造式で示し，構造式は簡略化して良いものとする。

生　　物

1. 生物は全部で 4 問題あり，合計 9 ページあります。
2. すべての問題に解答しなさい。
3. 解答冊子は 1 に 2 ページ，2 3 4 に 1 ページずつ，合計 5 ページあります。
4. 解答は解答冊子の所定の欄に記入しなさい。

1 次の文章を読んで，以下の問いに答えなさい。

細胞膜や核膜・ミトコンドリア膜(a)など細胞小器官を構成する膜は生体膜とよばれ，脂質二重層(b)と膜タンパク質で構成される。膜タンパク質には，輸送タンパク質や受容体などがあり，これら(c)はリン脂質とともに膜内を移動できる。

輸送タンパク質は細胞内外の物質の輸送を担当している。輸送タンパク質には(　ア　)，(　イ　)，(　ウ　)があり，この中で主に受動輸送を行うのは(　ア　)と(　イ　)である。(　ア　)は主にイオンや特定の物質を通過させ，(　イ　)はアミノ酸や糖などの低分子を運搬する。一方で，能動輸送を行うのは(　ウ　)である。これらの輸送タンパク質はそれぞれ決まった(d)種類の物質を通過させる。例えば，(　ア　)の１つである(　エ　)は水分子を通過させるが，イオンや他の分子を通過させないという性質をもつ。

刺激を受けていない神経細胞では，細胞膜の内外に静止電位とよばれる電位差が存在し，外側に対して内側が相対的に負に帯電している。静止電位は細胞外にナトリウムイオン(Na^+)，細胞(e)内にカリウムイオン(K^+)が多く存在すること，細胞内のK^+が細胞外へ漏れ出ること(f)によって引き起こされる。一方で，他の細胞からの刺激が閾値を超えると脱分極が起こる(g)。脱分極はすぐに静止状態に戻る。この一連の電位変化を活動電位という。発生した活動電位は興奮として神経細(h)胞内を後戻りすることなく伝導する。

問 1　下線部(a)について，核膜とミトコンドリア膜に共通し，細胞膜と大きく異なる膜の構造的特徴を１つ答えなさい。

問 2　下線部(b)について，下記のすべての物質を脂質二重層を通過しやすい物質と通過しにくい物質に分けなさい。

［　酸素　イオン　アミノ酸　ステロイド　グルコース　アルコール　二酸化炭素　］

問 3　下線部(c)について，このような生体膜の構造を説明するモデルを何というか答えなさい。

問 4　文章中の空欄(　ア　)～(　エ　)に適当な語句を入れなさい。

問 5　下線部(d)について，このような性質のことを何というか答えなさい。

問 6　下線部(e)と(f)のそれぞれの現象を引き起こす輸送タンパク質の名称を答えなさい。また，それぞれの現象が起こることにより，静止電位が発生する仕組みについて答えなさい。

問 7　下線部(g)について，活動電位が発生する仕組みを関係する輸送タンパク質の名称を含めて答えなさい。

問 8　下線部(h)について，なぜ興奮が伝導するとき，後戻りしないのか答えなさい。

2 次の文章を読んで，以下の問いに答えなさい。

ヒトのからだでは，細胞が活動するためのエネルギー源として，血液中のグルコース(血糖)が利用される。グルコースは呼吸基質の代表であり，細胞質基質での反応である(a)解糖系によりピルビン酸に分解される。ピルビン酸はミトコンドリアの中に入り，(b)クエン酸回路を経て ATP が産生される。脂肪は，加水分解されて(　ア　)と(　イ　)になり，(　ア　)は解糖系に入って分解される。(　イ　)はミトコンドリアのマトリックスで(　ウ　)と結合してアセチル CoA となる。アセチル CoA がクエン酸回路に入り，最終的に二酸化炭素と水になる。タンパク質も呼吸基質となり，消化されてアミノ酸になり，アミノ酸のアミノ基をアンモニアとして遊離する(　エ　)反応によりピルビン酸やその他の有機酸になってクエン酸回路に入る。クエン酸回路から電子伝達系を経て(c)酸化的リン酸化により ATP がつくられエネルギーとして使われる。

血糖の(d)濃度(血糖値)は一定の範囲に収まるように調節されており，血糖値が高すぎたり低すぎたりしないようにして健康な状態を維持している。血糖値が高くなると，すい臓の(　オ　)の B 細胞が，血糖値の上昇を感知して，B 細胞からのインスリン分泌を起こす。また脳の(　カ　)が血糖値の上昇を感知して，(　キ　)神経系によりすい臓からのインスリン分泌に働く。分泌したインスリンは，(e)肝臓や筋肉等に働き，血糖値を減らす。

しかし，さまざまな理由で血糖値が高くなると糖尿病になる。Ⅰ型糖尿病では，(　ク　)疾患などによりすい臓の(　オ　)の B 細胞が破壊されることで起きる。Ⅱ型糖尿病は，生活習慣などが原因となり，インスリンの分泌や作用の低下により起きると言われている。その他，遺伝や感染によることもあるが，近年，(f)慢性的な栄養不足，特に子ども時代の栄養不良が原因で糖尿病が起きることが知られてきた。

問 1　文章中の空欄(　ア　)～(　ク　)に適当な語句を入れなさい。ただし(　キ　)には交感または副交感のどちらかを選んで書きなさい。

問 2　下線部(a)について，以下の反応が起こる。

$C_6H_{12}O_6$ ＋［①］NAD^+ → $2C_3H_4O_3$ ＋［②］NADH ＋ $2H^+$ ＋ エネルギー(［③］ATP)

反応の空欄①～③を数字で埋めるとき，正しい組み合わせを **A** ～ **E** の中から 1 つ選び，記号で答えなさい。

	①	②	③
A	2	2	2
B	2	4	2
C	4	2	2
D	4	4	4
E	2	4	4

問 3　下線部(b)について，

(1)　次の文章中の空欄(　ケ　)～(　ス　)に適当な語句を入れなさい。

クエン酸回路において，コハク酸はフマル酸になる。その際，補酵素(　ケ　)を(　コ　)にする。この反応を実験で確かめた。ニワトリの胸筋を乳鉢にとり，蒸留水を加えてすりつぶし，ガーゼでこしてろ液をツンベルク管の主室に入れた。副室にコハク酸ナトリウム水溶液とメチレンブルー水溶液を入れ，アスピレーターで管の中の空気を除いた後，密閉した。管を傾けて副室の液を主室に注ぎ，かくはんした。管を温水に浸し，液の色の変化を観察した。すると，最初は(　サ　)型メチレンブルーの青色であったものが(　シ　)型メチレンブルーの色(無色)に変化していった。このことから，ニワトリの胸筋には(　ス　)酵素が含まれていることがわかった。

(2)　その発見によりノーベル賞を受賞したクレブスは，クエン酸回路は解糖系とは異なり，反応が回路になっていることを見つけた。クレブスは，ニワトリの胸筋のすりつぶし液を使って酸素が消費され二酸化炭素が発生する実験をおこなった。コハク酸とよく似た構造をもつマロン酸を使って，クエン酸回路が直線状の反応ではないことをどのように証明したかを推測し，以下の語句をすべて使って簡単に説明しなさい。

［　酸素　消費　コハク酸　マロン酸　フマル酸　蓄積　］

問 4　下線部(a)，(c)について，

(1)　例えば酵母細胞は酸素がある環境でも乏しい環境でも増殖するが，酸素がある環境の方がよく増殖する。その理由を(a)，(c)の特徴をもとに簡単に説明しなさい。

(2)　酸素がほとんど存在しない環境では，酸素を使わずに有機物を分解しATPを合成する発酵が行われる。酸素がある環境でもない環境でも成長できる細胞では，酸素が存在すると発酵が抑えられる。発酵が抑えられる理由を(a)，(c)の反応系の特徴をもとに簡単に説明しなさい。

問 5　下線部(d)，(e)について，それぞれインスリンによりどのようなことが起きるか，簡単に説明しなさい。

問 6　下線部(f)について，これが糖尿病を引き起こす理由を推察して簡単に説明しなさい。

3 次の文章を読んで，以下の問いに答えなさい。

生体を構成する物質に無機塩類があり，その１つにカルシウムがある。骨や歯には主成分としてリン酸カルシウムが存在し，(a)内耳には炭酸カルシウムの結晶もある。体液中では，水に溶けてカルシウムイオン(Ca^{2+})として存在し，Ca^{2+} の濃度は(b)ホルモンによって調節されている。Ca^{2+} はさまざまな生命活動にかかわっていて，(c)血液凝固，(d)神経間などにおける興奮の伝達，(e)筋収縮などに重要な働きをもっている。

問 1 文章中の下線部(a)について，次の文章中の空欄(　ア　)～(　ウ　)に適当な語句を入れなさい。

内耳には平衡受容器である(　ア　)と半規管がある。(　ア　)では，感覚細胞の感覚毛上に炭酸カルシウムの結晶からなる(　イ　)がのっていて，(　イ　)が動くと感覚毛が曲げられ，それによってからだの(　ウ　)などを受容する。

問 2 文章中の下線部(b)について，パラトルモンは血液中の Ca^{2+} の濃度を上げる働きをするホルモンである。パラトルモンを分泌する内分泌腺の名称を答えなさい。

問 3 文章中の下線部(c)について，次の文章中の空欄(　エ　)～(　カ　)に適当な語句を入れなさい。

血管が傷つくと，血液の有形成分である(　エ　)から放出される血液凝固因子と Ca^{2+} の働きによりプロトロンビンがトロンビンに変わる。トロンビンは血液中の成分から繊維状のタンパク質である(　オ　)をつくる。(　オ　)は赤血球などと絡み合って集まり，(　カ　)を形成し，傷口をふさぎ，出血が止まる。

問 4 文章中の下線部(d)について，興奮が神経終末に伝わると，シナプス小胞に蓄えられていた神経伝達物質がシナプス間隙に放出され，興奮の伝達が起こる。細胞外にある Ca^{2+} が興奮の伝達に果たす働きについて説明しなさい。

問 5　文章中の下線部(e)について，

(1)　筋繊維(筋細胞)には筋小胞体という構造物があり，内部に Ca^{2+} が蓄えられている。Ca^{2+} の筋小胞体から細胞質基質への放出と筋小胞体への取り込みについて，次の①～④の中から正しいものを 1 つ選び，番号で答えなさい。

①　放出は能動輸送で，取り込みは受動輸送である。

②　放出と取り込みは，共に能動輸送である。

③　放出は受動輸送で，取り込みは能動輸送である。

④　放出と取り込みは，共に受動輸送である。

(2)　細胞質基質に放出された Ca^{2+} が筋収縮に果たす働きについて説明しなさい。

4 次の文章を読んで，以下の問いに答えなさい。

個体群が成長すると，生態的地位が似ている種の間では生活空間，食物，時間といった資源をめぐって種間競争が生じる。ゾウリムシとヒメゾウリムシを用いた実験は，種間競争を示す代表的な例として知られている。ゾウリムシとヒメゾウリムシを別々の容器で(a)単独飼育すると，どちらも個体数がS字型の成長曲線を描いて増加する。しかし，(b)2種を混合して飼育すると(図4—A)，小型のヒメゾウリムシの方が(c)食物である細菌を効率よく食べることができるため，ゾウリムシは競争に負けて個体数が減少し，やがて絶滅する。

ペインが行った実験は(d)キーストーン種の重要性を示す実験として知られている。カリフォルニアの海岸では，岩場にフジツボや貝類など，さまざまな固着生物がすんでいる。この生態系で食物連鎖の上位に位置するのはヒトデであり，主にフジツボと二枚貝のイガイを食べている。フジツボとイガイは生態的地位が似ており，岩の表面のすみ場所をめぐって競争関係にある。ペインは，(e)自然の状態そのままの岩場と，人為的にヒトデを完全に取り除いた岩場を観察して比較した。すると，ヒトデがいなくなった岩場ではイガイが岩の表面を覆いつくしてしまい，フジツボなど他の固着生物の多くは大幅に減少し，何種かは絶滅してしまった。

問 1 下線部(a)，(b)について，

(1) ゾウリムシとヒメゾウリムシを混合飼育した場合，ゾウリムシが減少・絶滅すると，ヒメゾウリムシの個体数は安定した値になるが，この値をなんと言うか，答えなさい。

(2) ゾウリムシを単独飼育した場合のグラフとして正しいのは図4—B～Fのどれか，1つ選んで記号で答えなさい。

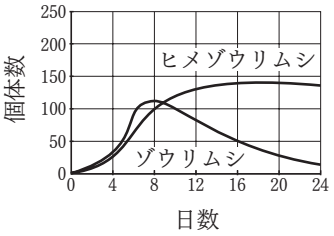

図4—A

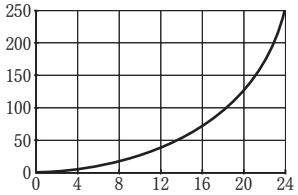

図4—B

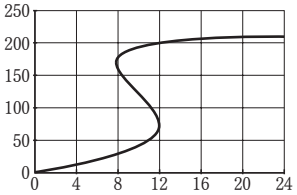

図4—C

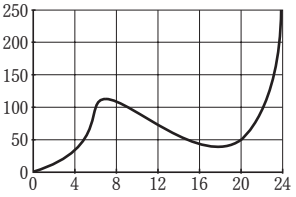

図4—D

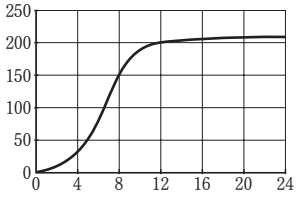

図4—E

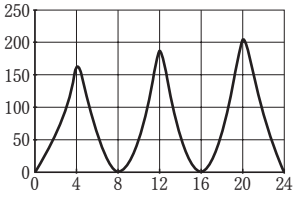

図4—F

問 2　下線部(c)について，ゾウリムシやヒメゾウリムシはどのようにして食物を食べるのか，次の文章中の空欄(　ア　)～(　ウ　)に適当な語句を入れなさい。

細胞表面の(　ア　)を動かすことで水中を泳ぎながら，食物を(　イ　)に集めて取り込み，(　ウ　)で消化吸収する。

問 3　下線部(d)について，ペインの実験でキーストーン種と考えられる生物は何か，答えなさい。また，その生物は生態系にどのような影響を及ぼしていると考えられるか。120 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 4　下線部(e)について，自然の状態そのままの岩場を観察した理由は何か。60 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 5　フジツボやイガイは岩の表面に固着してほとんど移動できないが，どのように個体数を増やして岩の表面で分布を拡大するのか。次の①～⑤の中から正しいものを 1 つ選び，番号で答えなさい。

① フジツボやイガイの母親が長い産卵管を周りの岩の表面に伸ばして卵を産みつける。
② フジツボやイガイの卵がカモメなどの鳥の体に付着して岩の表面に運ばれて来る。
③ フジツボやイガイの幼生がヒトデの体に付着して岩の表面に運ばれて来る。
④ フジツボやイガイの幼生がプランクトンとして生活しているときに岩の表面にやって来る。
⑤ フジツボやイガイは岩の表面で無性生殖によって分裂し分布を拡大する。