

2020年度 入学試験問題

物理 化学 生物

物 理……………1～7ページ
 化 学……………9～20ページ
 生 物……………23～42ページ

注 意

- (1) 受験者は以下の要領で解答すること。

学 部	学 科	解答する科目
文化情報学部	文化情報学科	物理・化学・生物から1科目を選択し、解答すること。
生命医科学部	医工学科	
	医情報学科	
	医生命システム学科	
スポーツ健康科学部	スポーツ健康科学科	

- (2) 配付する解答用紙は、各科目2枚ずつ合計6枚がセットされた冊子体となっている。
 物理・化学・生物から1科目を選択して解答すること。試験開始30分後に、選択しなかった科目の解答用紙4枚を回収する。なお、回収後は科目の変更はできない。
- (3) 解答用紙には、それぞれ受験番号の記入欄がある。
 物 理……(一)の表面に2か所, (二)の表面に2か所, 計4か所
 化 学……(一)の表面に2か所, (一)の裏面に1か所, (二)の表面に2か所,
 計5か所
 生 物……(一)の表面に2か所, (一)の裏面に1か所, (二)の表面に2か所,
 計5か所
 各か所とも正確, 明瞭に記入すること。
- (4) 解答用紙には、氏名の記入欄が各科目とも(一), (二)の表面にそれぞれ1か所ある。合計2か所とも正確, 明瞭に記入すること。
- (5) 解答はすべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- (6) 問題用紙の余白は計算に使用してもよい。
- (7) 問題用紙を切り離して使用してはならない。
- (8) 試験開始後, 問題用紙に落丁・損傷がないか確認すること。
- (9) 試験終了後, 問題用紙は各自持ち帰ること。

(記号 204)

(科目名 化学)

[誤]

→

[正]

[I] p.10 上から
18~19行め

このように

一方

(記号 204)

(科目名 化学)

[誤]

→

[正]

[II] p.14 上から11行め

酸化物のうち

化合物のうち

(記号 204)

(科目名 物理)

[誤]

→

[正]

[III] p.6 上から3行目
体積 $V [cm^3]$

図1のように, 体積
 $V [cm^3]$

物 理

〔I〕 次の文中の空欄（ア）～（ク）にあてはまる式を解答用紙（一）の該当する欄に記入せよ。ただし、万有引力定数を G とする。

図1のように、質量 M の物体 A が xy 平面上の原点 O に静止し、質量 m の物体 B が xy 平面上の x 座標が $x = b$ かつ y 座標が負の点 P を、 y 軸正の向きに速さ v で通過している。A と B との間には万有引力がはたらくが、 M が m に比べて十分大きいので、この力による A の運動への影響は無視できるものとする。B は図1の破線の軌道のように、A に近づきながら運動の方向を変え、点 N で A に最も近づいた後に点 Q に達した。点 P と点 Q は点 O から十分遠方であり、点 P 通過以前と点 Q 通過後の B は等速直線運動をするものとする。 $x = b$ 上の点 R について、直線 QR は点 Q での B の速度の向きに平行であり、 $\angle ORP = \angle ORQ$, $\overline{RP} = \overline{RQ}$ とする。

図1のように、物体 B は線分 OR と軌道の交点 N で、物体 A に最も近づく。点 N で B の速度の向きは線分 ON と直交し、そこでの B の速さを v_n , ON 間の距離を r_n とする。無限遠点での万有引力の位置エネルギーを 0 とすると、力学的エネルギーの保存より、 r_n は G, M, v, v_n を用いて、(ア) と表される。また、点 O を中心とする B の面積速度に注目すると、点 N での面積速度は $\frac{1}{2}v_n r_n$ で、点 P での面積速度は v, b を用いて (イ) となる。面積速度一定の法則より、 r_n は G, M, v, b を用いて、(ウ) と求められる。

物体 B の点 P における速度の向きと点 Q における速度の向きがなす角を ϕ (ただし、 $0 \leq \phi \leq \pi$) とすると、点 P から点 Q までの B の運動量の変化をベクトルを用いて考えれば、その変化の大きさは、 m, v, ϕ を用いて (エ) と表される。一方、この過程で B が万有引力によって受ける力積の大きさは $\frac{2GMm}{vb} \cos \frac{\phi}{2}$ であることが知られている。よって、 $\tan \frac{\phi}{2} = \text{(オ)}$ となる。

つぎに、図2のように、物体 A が xy 平面上を速さ V で y 軸負の向きに等速直線運動している場合を考える。物体 A が点 O にあるとき、物体 B は、図1の点 P と同じ位置を y 軸正の向きに速さ v で通過し、図2の実線の軌道を描き、点 O から十分遠方にある点 Q' に達した。一方、A はその間に O から O' へ動いた。A に乗っている観測者から見て、点 P での B の速さは (カ) であり、点 P と点 Q' における B の速度の向きがなす角を ϕ' (ただし、 $0 \leq \phi' \leq \pi$) とすると、 $\tan \frac{\phi'}{2} = \text{(キ)}$ となる。静止している観測者から見たときの点 Q' での B の速さを v_f とすると、 $\frac{v_f}{v}$ は ϕ', k (ただし、 $k = \frac{V}{v}$) を用いて $\frac{v_f}{v} = \text{(ク)}$ と表され、B が加速されていることがわかる。

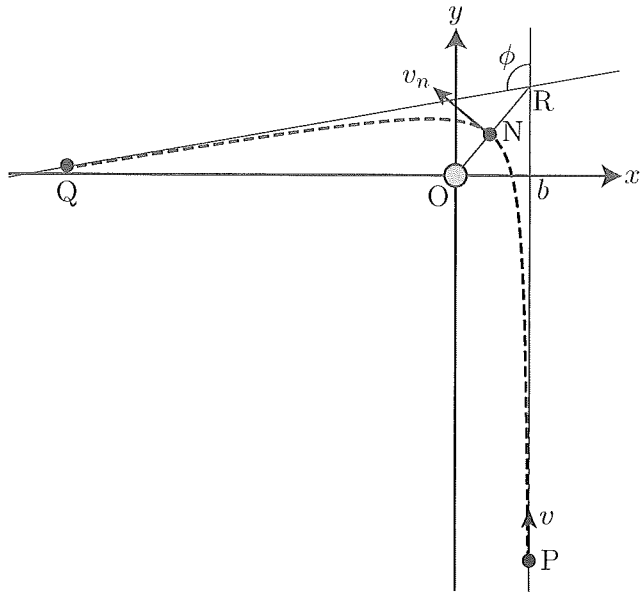


图 1

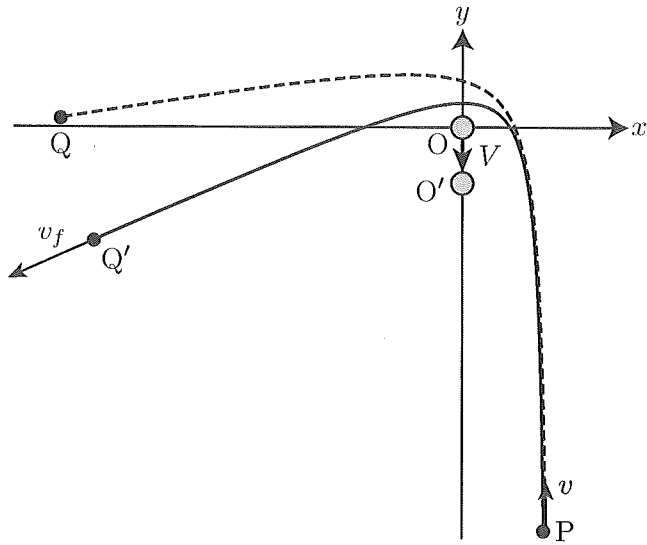


图 2

〔Ⅱ〕 次の文中の空欄（ア）～（キ）にあてはまる式を解答用紙（二）の該当する欄に記入せよ。また、解答用紙（二）の解答図（Ⅱ-A）、（Ⅱ-B）には適切なグラフの概形を描け。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とし、 $|x| \ll 1$ のとき $\frac{1}{(1+x)} \approx 1-x$ を用いてよい。

図1のように、片面の面積が S [m²] で、厚さの無視できる平行極板 A と B からなるコンデンサーが真空中に置かれている。A と B の間隔は d [m] であり、A と B の端の電気力線の乱れは無視できるものとする。A と B にはそれぞれ $+Q$ [C] と $-Q$ [C]（ただし、 $Q > 0$ ）の電荷が与えられている。このとき、A の B に対する電位は [V] であり、コンデンサーに蓄えられている静電エネルギーは [J] である。いま、A を固定し、B を A に平行に保ったまま外力を与えて、ゆっくりと右に d [m] だけ移動させた。この移動に必要な仕事から、B を動かすはじめたときの外力は [N] と計算できる。このとき、B の移動距離 x [m] とコンデンサーに蓄えられる静電エネルギー U [J] の関係を解答図（Ⅱ-A）に描け。解答図（Ⅱ-A）の縦軸には、 [J] の位置を示してある。

コンデンサーから電荷を取り除き、平行極板 A, B の距離を d [m] に戻した。このコンデンサーに、内部抵抗を無視できる起電力 E_0 [V] の電池と抵抗値 R [Ω] の抵抗 R を接続し、図2に示す回路を作った。電池につないだ後、十分時間が経過すると、コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーは、 [J] である。この状態から A を固定し、B を A に平行に保ったまま外力を与えてゆっくりと右に d [m] 移動させた。このときの、B の移動距離 x [m] とコンデンサーに蓄えられる静電エネルギー U [J] の関係を解答図（Ⅱ-B）に描け。解答図（Ⅱ-B）の縦軸には、 [J] の位置を示してある。

図2の電池につながれている場合は、図1の電池がない場合と異なり、平行極板 B の移動時に電荷が移動するため、この移動に必要な外力は、その移動距離に応じて変化する。今、B の移動を十分ゆっくり行う場合、抵抗 R での発熱によるエネルギー損失は無視できるとする。B をはじめの位置から微小変位 Δd だけ右に移動させることを考え、移動開始直後の外力を求めてみよう。この時、コンデンサーに蓄えられる電荷の変化は [C] と近似でき、電池のした仕事は [J] となる。よって、外力の仕事を考えると、はじめの位置から微小変位 Δd だけ移動したときの外力は、 [N] と計算できる。

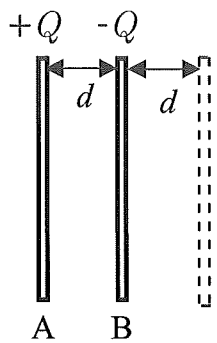


图 1

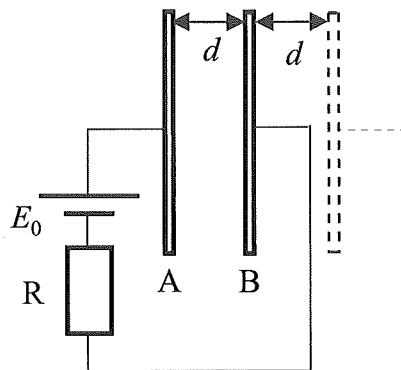


图 2

〔 III 〕 次の文中の空欄 (ア) ~ (ケ) にあてはまる式または数値を解答用紙 (二) の該当する欄に記入せよ。

体積 V [m^3] の容器中に、 N 個の単原子分子理想気体が閉じ込められている。この気体の圧力 p [Pa]、温度 T [K]、アボガドロ定数 N_A [1/mol] から、気体定数は [J/(mol·K)] と表すことができる。

図 1 のように、各辺が x, y, z 軸に平行な直方体容器内部を、質量 m [kg] の分子が重力の影響を受けずに運動する。分子は他の分子とは衝突せず、壁と完全弾性衝突する。 $x = \ell$ にある壁 S_x に速度の x 成分が v_x [m/s] の分子が完全弾性衝突するとき、壁が受ける力積の大きさは [$\text{N}\cdot\text{s}$] である。 S_x ではね返った分子は距離 ℓ [m] だけ離れた向かい側の壁に到達してそこで壁と完全弾性衝突し、再び元の S_x に到達する。分子が S_x に戻ってくるまでの時間は、 [s] となる。分子全体の v_x^2 の平均を $\overline{v_x^2}$ とすると、容器内の気体の圧力は [Pa] と表すことができる。

容器内の分子は x 方向だけでなく、 y 方向および z 方向にも運動しており、気体分子の熱運動はどの方向にも均等で偏りが無いので、気体分子の速さ v の全体の二乗平均 $\overline{v^2}$ は、速度の x 方向成分 v_x の二乗平均 $\overline{v_x^2}$ の 倍となる。これより、分子の平均運動エネルギーは N, p, V を用いて と表すことができる。気体の内部エネルギーが分子の運動エネルギーにより決まると考えれば、定積モル比熱は [J/(mol·K)] と表すことができる。

図 2 のように、壁 S_x を x 軸方向になめらかに動くピストンに取り換え、容器内にヒーターを設置して気体を加熱する。温度が ΔT [K] だけ上昇する間、圧力が一定の状態ではピストンは微小距離をゆっくりと移動する。ピストンが移動する間に容器内の気体が外部にする仕事 [J] を考慮すれば、定圧モル比熱は [J/(mol·K)] と求められる。

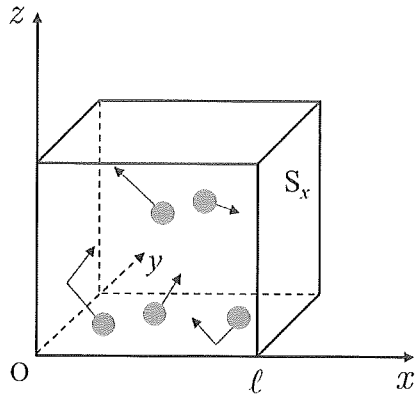


图 1

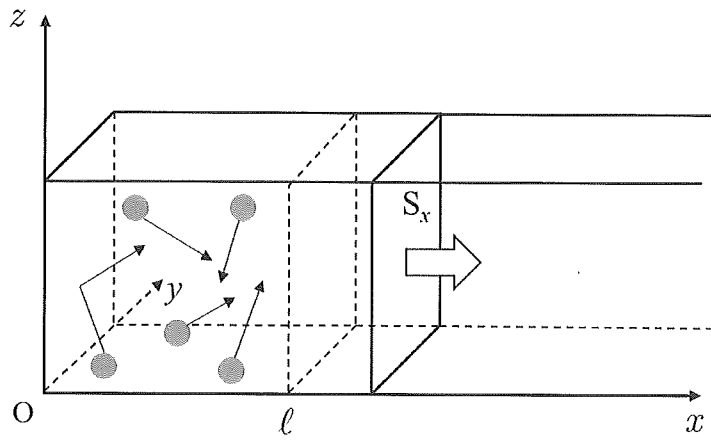


图 2

化 学

[注意]

原子量は、H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

Cu = 64.0 とし、気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$,

アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。

必要ならば $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\sqrt{7} = 2.65$ を用いよ。

[I] 次の文を読み、問い(1)～(6)の答えを解答用紙(一)の[I]の該当する欄に記入せよ。

乾燥空気には、体積比で窒素 78.1%、酸素 20.9%、アルゴン 0.93%、二酸化炭素 0.04%、その他ネオン、ヘリウム等のガスが含まれる。空気の主要構成元素である窒素には、互いに(ア)と呼ばれる2種類の原子 ^{14}N と ^{15}N が天然に存在する。元素記号の左上の数字は(イ)を表す。 ^{14}N と ^{15}N は、原子核中の(ウ)が同じで(エ)が異なる。これら2種類の原子があるため、窒素分子として $^{14}\text{N} \equiv ^{14}\text{N}$, $^{14}\text{N} \equiv ^{15}\text{N}$, $^{15}\text{N} \equiv ^{15}\text{N}$ の3種類が天然に存在する。 ^{14}N と ^{15}N の相対質量は、それぞれ 14.003, 15.000 であり、存在比(原子の個数の比)は、それぞれ 0.99636, 0.00364 である。したがって、これらの相対質量と存在比から求まる窒素原子の平均相対質量 14.01 を窒素原子の原子量という。

宇宙線によってできる中性子が ^{14}N と反応することで ^{14}C が生じる。このように、原子が壊変して元の半分の量になるのに要する時間を半減期と呼ぶ。 ^{14}C の半減期は 5730 年である。生じた ^{14}C は二酸化炭素として大気中に広がるとともに、一定の割合で壊変して再び ^{14}N に戻る。この結果、大気中の ^{14}C の割合は過去から現在まで一定に保たれている。また、大気中には酸素分子から生成した微量のオゾンが存在し、オゾンは有害な紫外線の量を減らす役割をもつ。大気中に含まれるその他の微量成分として、例えば、窒素酸化物(NO_x)や硫黄酸化物(SO_x)などがあり、それらが環境に与える影響は小さくないことも知られている。

- (1) 文中の空欄 (ア) ~ (エ) に最も適する語句を次の語群から選べ。なお、同じ語句を繰り返して用いてはいけない。

語群

質量数, 原子量, 分子量, 中性子の数, 原子番号, 電子の数,
陽子の数, 同位体, 同素体

- (2) 酸素原子には, 相対質量 $^{16}\text{O} = 16.0$, $^{17}\text{O} = 17.0$, $^{18}\text{O} = 18.0$ の3種類が天然に存在する。何種類の酸素分子が存在するかを記せ。また, 相対質量が2番目に大きい酸素分子の相対質量を有効数字3桁で答えよ。
- (3) 高度 50 km の地点における大気圧は 80 Pa である。また, 高度 50 km の地点における 1.0 m^3 の大気には 2.2×10^{22} 個の分子が存在し, そのうちオゾンは, 6.6×10^{16} 個あるとして, 高度 50 km の地点におけるオゾンの分圧 [Pa] を有効数字2桁で答えよ。ただし, 気体はすべて理想気体として計算せよ。
- (4) 遺跡から発見された木材中の ^{14}C の存在比が, 現在の木材と比較して, $\frac{1}{8}$ に減少していた。この木材が伐採されたのは今から何年前か, その数値を有効数字2桁で記せ。ただし, この木材が伐採されるまでは光合成していたため, 伐採時の木材中の ^{14}C の割合が大気中と等しかったとせよ。

- (5) 二酸化炭素について次の問い (i) ~ (iv) に答えよ。
- (i) 二酸化炭素の固体は面心立方格子の格子点上に CO_2 分子がある分子結晶とみなせる。一つの単位格子中に含まれる CO_2 分子の数を記せ。また、単位格子の体積 $[\text{cm}^3]$ を有効数字2桁で求めよ。ただし、固体の二酸化炭素の密度は 1.6 g/cm^3 、二酸化炭素の分子量は 44 であるとする。 CO_2 分子は球体とみなしてよい。
- (ii) 水酸化カルシウム水溶液に二酸化炭素を吹き込むと水溶液が白濁する。この反応を化学反応式で示せ。
- (iii) (ii) の操作で得られた白濁した水溶液にさらに、二酸化炭素を吹き込み続けると無色透明な水溶液となる。この反応を化学反応式で示せ。
- (iv) (iii) の操作で得られた無色透明な水溶液を熱すると白い沈殿を生じる。この沈殿を化学式で答えよ。

- (6) 温度 20℃において、気体の SO_2 と水が接触しているとき、(A)水に溶けた SO_2 は H_2SO_3 になり、その一部は電離して平衡に達する。このとき、 SO_2 の分圧と電離していない H_2SO_3 の濃度との関係は式①で示せる。また、 H_2SO_3 の電離定数は式②で示せる。次の問い (i) ~ (iv) に答えよ。ただし、 K_1 および K_2 は平衡定数、 $[\text{H}_2\text{SO}_3]$ は水中の電離していない H_2SO_3 の濃度 [mol/L]、 $[\text{HSO}_3^-]$ は水中の HSO_3^- の濃度 [mol/L]、 $[\text{H}^+]$ は水中の H^+ の濃度 [mol/L]、 P は気相の SO_2 の分圧 [Pa] である。

$$K_1 = \frac{[\text{H}_2\text{SO}_3]}{P} \quad \text{①}$$

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{HSO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{SO}_3]} \quad \text{②}$$

- (i) 下線(A)の反応を化学反応式で示せ。
- (ii) 水中における HSO_3^- と H^+ のイオン濃度が等しいとみなせるとして、pH を P 、 K_1 および K_2 を用いて示せ。
- (iii) (ii)の結果に基づいて、温度 20℃において、大気中の SO_2 と平衡状態にある水の中の H^+ の濃度 [mol/L] を $P = 4.0 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ 、 $K_1 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol}/(\text{Pa} \cdot \text{L})$ および $K_2 = 2.0 \text{ mol/L}$ として有効数字 2 桁で求めよ。ただし、水中の H^+ 濃度は、 SO_2 の分圧のみに依存すると考えてよい。
- (iv) 実際の大気中では SO_2 とオゾンが共存し、このとき、水の pH はさらに小さくなる。この理由を述べよ。

(50点)

〔Ⅱ〕 次の文を読み、問い（１）～（７）の答えを解答用紙（一）の〔Ⅱ〕の該当する欄に記入せよ。気体はすべて理想気体として考えよ。

窒素は空気を構成する主要な元素であり、単体では二原子分子として安定に存在する。しかしながら高温条件下では、窒素は空気中の酸素と反応し、様々な窒素酸化物を生成する。一酸化窒素や二酸化窒素はその代表例である。実験室では (a)一酸化窒素は銅と希硝酸との反応により合成するが、自動車のエンジン内などでは窒素と酸素が高温で反応して生成する。二酸化窒素は一酸化窒素と酸素との反応で生じる。一酸化窒素は（あ）色の気体であるが、二酸化窒素は（い）色の気体である。実験室では (b)二酸化窒素は銅と濃硝酸との反応により合成する。

窒素の酸化物のうち、窒素の酸化数が最も大きいものが硝酸である。硝酸は工業的には（う）法により製造される。この方法では（え）と空気を混合し、（お）を触媒として用いて高温で一酸化窒素を発生させたのち、酸化反応により二酸化窒素を合成し、この (c)二酸化窒素を水と反応させて硝酸をつくる。水との反応の際、生成する一酸化窒素を再び利用してすべて硝酸に変える。濃硝酸および希硝酸はともに強い酸であり、また強い酸化力を持ち、銅や銀などを溶かす。鉄やニッケルは（か）傾向が銅よりも大きく、希塩酸に溶解して気体の（き）を発生するが、(d)濃硝酸には溶けないことが知られている。

（１）文中（あ）～（き）にあてはまる最も適切な語句を記せ。

（２）下線部(a)により、一酸化窒素を発生させた。生成した気体をすべて回収し、その体積を測定したところ、標準状態で 44.8 mL であった。反応した銅は何 g か、有効数字 2 桁で答えよ。ただし標準状態で 1 mol の気体の占める体積は 22.4 L である。また、一酸化窒素は水に溶けないものとする。

- (3) 一酸化窒素における窒素原子と酸素原子の結合エネルギー [kJ/mol] を求め整数で記せ。必要であれば、表1の結合エネルギーと表2の生成熱の値を用いよ。
- (4) 下線部(b)の反応で、硝酸は酸化剤として銅を酸化する。この反応における硝酸の酸化作用を示す化学反応を、電子を含むイオン反応式(半反応式)で記せ。
- (5) 下線部(c)の化学反応式を記せ。
- (6) 下線部(d)の理由を説明せよ。

- (7) 気体の二酸化窒素は四酸化二窒素と平衡状態にあるが、液体では四酸化二窒素は二酸化窒素に解離しないと考えるよ。四酸化二窒素の沸点は 295 K である。気体における四酸化二窒素と二酸化窒素の化学平衡は次のような反応式で表される。



いま、容積が 1.00 L の大きさの容器に n_0 mol の窒素を入れ、300 K にしたところ、容器内の圧力が 500 Pa となった。この容器に、液体状態の四酸化二窒素を加え、温度を 300 K に保ったところ、すべての四酸化二窒素が気体となり、①式の反応が平衡状態となった。このとき容器内の圧力が上昇して全圧が P_e となり、容器内には初めに入れた窒素のほかに、二酸化窒素が n_1 mol、四酸化二窒素が n_2 mol 存在した。次の問い (i) ~ (vi) に答えよ。ただし、四酸化二窒素ならびに二酸化窒素は窒素とは反応しないものとする。

- (i) 反応①の熱化学方程式を記せ。必要であれば表 2 の生成熱の値を用いよ。
- (ii) 容器に四酸化二窒素を加え 300 K で平衡状態に達したときの二酸化窒素と四酸化二窒素の分圧の和を P_n とするとき、 P_n を P_e , n_0 , n_1 および n_2 を用いて表せ。
- (iii) 窒素酸化物における二酸化窒素の分子数の割合を x とする。
すなわち

$$x = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$$

このとき反応①の圧平衡定数 K_p を (ii) で定義した P_n および x を用いて表せ。

- (iv) 平衡状態において、 $P_e = 1000$ Pa であった。 $K_p = 1000$ Pa であるとき、(iii) で定義した x の値を有効数字 2 桁で求めよ。
- (v) 容器に入れた四酸化二窒素の質量 [g] を有効数字 2 桁で求めよ。

(vi) この系に対して次の操作を行ったところ、新しい平衡状態に移った。このとき四酸化二窒素に対する二酸化窒素の比（二酸化窒素の物質質量／四酸化二窒素の物質質量）は、操作を行う前の状態と比較してどのように変化するか。（ア）大きくなる、（イ）変わらない、（ウ）小さくなる、のいずれかから選択して記号で答えよ。ただしいずれの平衡状態でも液体は存在しないとす

（a）初めに入れた窒素と同じ物質質量の窒素を追加し、同じ温度で同じ体積に保った。

（b）初めに入れた四酸化二窒素と同じ物質質量の四酸化二窒素を追加し、同じ温度、同じ体積に保った。

表 1 結合エネルギー [kJ/mol]

O ₂ (気) (O=O)	N ₂ (気) (N≡N)
494	942

表 2 生成熱 [kJ/mol]

NO (気)	NO ₂ (気)	N ₂ O ₄ (気)
-90	-33	-9

(50点)

〔Ⅲ〕 次の文を読み、問い（１）～（６）の答えを解答用紙（二）の〔Ⅲ〕の該当する欄に記入せよ。構造式は例にならって記すこと。

高分子化合物をつくる代表的な重合反応には、単量体（モノマー）が縮合をくり返しながらかつ連なる縮合重合、二重結合や三重結合をもつ単量体が付加反応により次々と結びつく付加重合、環状の単量体が環を開きながら重合する（あ）重合がある。例えば、アジピン酸と（い）の縮合重合によりナイロン 66 が、プロペンの付加重合により (A)ポリプロピレンが得られ、それぞれ繊維やプラスチック材料などに用いられている。また、二種類以上の単量体を混ぜて重合を行うことを（う）重合といい、スチレン-ブタジエンゴムなどが製造されている。

アクリル酸メチル ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOCH}_3$) を付加重合して得られた (a) ポリアクリル酸メチルを水酸化ナトリウムでけん化するとポリアクリル酸ナトリウムが得られる。 (b) ポリアクリル酸ナトリウムが架橋された立体網目状構造の樹脂は、自重の 10 ～ 1000 倍の質量の水を吸収・保持することができ、 高吸水性樹脂として、紙おむつなどの衛生用品や土壌保水材などに用いられている。合成高分子化合物は、私たちの生活を支える重要な物質となっている。

一方、近年、大量に生産・消費された合成高分子から生成したマイクロプラスチックによる海洋汚染が問題となっている。そのため、回収が難しく自然界に廃棄される恐れがある製品には、天然高分子や生分解性高分子など環境負荷の低い高分子が使われ始めている。

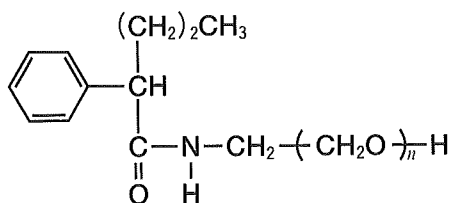
代表的な生分解性高分子であるポリ乳酸は、乳酸 ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) を原料に合成される。乳酸は、分子中にヒドロキシ基とカルボキシ基をもつ。このような酸は、アルコールとカルボン酸の両方の性質をもち、（え）と呼ばれる。

(c) 乳酸は、植物由来のデンプンを加水分解した後、乳酸菌による乳酸発酵により得ることができる。 乳酸を縮合重合させて得られる低分子量のポリ乳酸から、乳酸 2 分子が脱水縮合した環状化合物の (B) ラクチド を得て、これを（あ）重合させて高分子量のポリ乳酸を得ている。

- (1) 文中の空欄 (あ) ~ (え) に最も適する語句や化合物名を記せ。
- (2) 下線部(A)および(B)の化合物を構造式でそれぞれ記せ。
- (3) 下線部(a)および(b)に関して、次の問い (i) ~ (iii) に答えよ。
- (i) 下線部(a)の反応を、構造式を用いた化学反応式で記せ。
 - (ii) ポリアクリル酸メチル 258 g を完全にけん化すると、ポリアクリル酸ナトリウムは理論上何 g 得られるか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、ポリアクリル酸メチルの分子量は十分に大きい。
 - (iii) 下線部(b)に関して、この樹脂が大量の水を吸収できる仕組みをわかりやすく説明せよ。
- (4) 乳酸に関する次の問い (i) ~ (iv) に答えよ。
- (i) 乳酸分子の中には、4 つの異なる原子や原子団と結合している炭素原子がある。このような炭素原子は何と呼ばれるか。
 - (ii) 次の記述のうち、乳酸の性質としてあてはまるものをすべて選び、記号で答えよ。
 - (ア) ナトリウムと反応して水素を発生する。
 - (イ) 塩化鉄(III)水溶液を加えると、青~赤紫色の呈色反応を示す。
 - (ウ) 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。
 - (エ) アンモニア性硝酸銀水溶液と反応して、銀を析出させる。
 - (iii) 乳酸の構造異性体のうち、カルボキシ基をもつものは乳酸以外に何種類考えられるか。光学異性体は考慮しなくてよい。

- (iv) 下線部(c)に関して、デンプン 6.48 g から乳酸は理論上何 g 得られるか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、デンプンの分子量は十分に大きく、完全にグルコースに加水分解されるものとする。また、乳酸発酵により、グルコース 1 mol から乳酸 2 mol が生じる。
- (5) 次に示す高分子のうち、ポリ乳酸に含まれる官能基と同じ官能基をもつ高分子をすべて選び、記号で答えよ。ただし、高分子の末端構造は考えないものとする。
- (ア) ポリエチレンテレフタレート (イ) セルロース
 (ウ) ポリアクリロニトリル (エ) ポリスチレン
 (オ) ポリ酢酸ビニル
- (6) 生分解性高分子 X を完全に加水分解すると、乳酸と単量体 Y のみが生成し、その物質量の比は 4 : 1 であった。単量体 Y は、炭素、水素、酸素のみからなる分子内にヒドロキシ基をもつカルボン酸であり、乳酸よりも分子量が小さい。単量体 Y 19.0 mg を完全燃焼させると、二酸化炭素 22.0 mg と水 9.0 mg が生成した。分子量 8.65×10^4 の高分子 X は、1 分子中に Y の構成単位をいくつ含むか。有効数字 2 桁で答えよ。

構造式の例



(50点)

生 物

〔I〕 次の文章を読み、問い（1）～（4）の答えを解答用紙（一）の〔I〕の該当する欄に記入せよ。

生体内には多くの種類のタンパク質が存在し、生体の機能や構造に深く関わっている。ヒトではタンパク質が10万種類程度存在すると言われている。また、タンパク質の性質は、タンパク質を構成するアミノ酸の種類や数、配列によって決まり、その違いがそれぞれのタンパク質に固有のはたらきをもたらす。例えば、^(A)酵素は化学反応を触媒し、代謝を効率的に進める。チャンネルやポンプは細胞膜を介した物質の輸送に、微小管やアクチンは細胞内の物質の輸送や細胞の運動に関わっている。また、^(B)組織や器官を形成するために細胞どうし、もしくは細胞とほかの物質とが結合する作用にもタンパク質が関わっている。それらのタンパク質に加えて、^(C)他のタンパク質の立体構造の形成を助けるタンパク質や、^(D)血液内において酸素の運搬や血液の凝固に関係するタンパク質も生命現象にとって非常に重要なはたらきを担っている。

(1) 下線部 (A) に関する次の問い①, ②に答えよ。

① 次の文章の空欄 (a) ~ (d) にあてはまるもっとも適切な語句を答えよ。

化学反応が起こるには、基質から生成物になる途中に高いエネルギー状態にある中間体を経なければならない。化学反応の起こりやすさを決めているのは、中間状態と反応前の状態とのエネルギー差であり、これを (a) という。酵素には (a) を小さくするはたらきがある。酵素を介した反応は酵素の活性部位に基質が結合することによって生じるが、酵素によっては低分子量の非タンパク質の補助因子が必要なものもある。タンパク質以外の有機物が補助因子となる場合、特にこの補助因子のことを (b) という。呼吸や光合成に関わる脱水素酵素による反応にも、(b) が必要となる。

細胞内の化学反応は酵素によって促進されるが、基質、ならびに基質とよく似た構造をもつ阻害物質がともに存在すると、これらの物質間で酵素の活性部位への結合に関して競合が起き、結果として反応が阻害される。このような阻害物質による作用を (c) という。また、一連の酵素反応系によって得られた最終産物が反応系全体の進行を調節することによって、最終産物の量が調節されるしくみも存在する。哺乳類の解糖系の制御に重要なホスホフルクトキナーゼ活性が、最終産物である ATP の生成量によって制御される反応はその一例である。このような調節機構を (d) という。

- ② だ液中のアミラーゼを含んだ溶液に基質を一定濃度で添加し、pH 8.0, 30℃で反応させ、一定時間ごとに生成物の量を測定して図1中の破線のような結果を得た。次の(i)～(iv)のように条件を変えた場合、どのようなグラフになると予想されるか、図1の(ア)～(カ)からそれぞれ選択せよ。

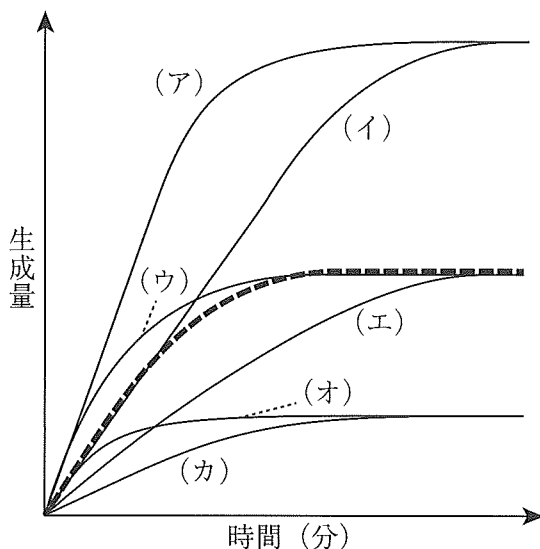


図1 酵素反応における反応時間と生成物量の関係性

- (i) pH を 1 だけ酸性方向に変化させる。
- (ii) アミラーゼ濃度だけを半分にする。
- (iii) 基質濃度を 2 倍にする。ただし、図1の破線で示す結果は、基質濃度が飽和状態に達していない（基質と結合していないアミラーゼが存在する）条件で得られたものと仮定する。
- (iv) 基質濃度を 2 倍にする。ただし、図1の破線で示す結果は、基質濃度が飽和状態に達している条件で得られたものと仮定する。

(2) 下線部 (B) に関する説明として内容が誤っているものを次の文章 (ア) ~ (エ) から一つ選び、記号で答えよ。

(ア) 腸の上皮組織では細胞どうしが隙間なく密着する密着結合を観察することができる。この構造は、上皮組織より内側に様々な分子が入り込むことを防いでいる。

(イ) 細胞と細胞の接着にはカドヘリンがその役割を担う。この際、カドヘリンは同じ種類どうしでしか結合しない。特に、アクチンフィラメントに結合したカドヘリンどうしの接着を接着結合という。

(ウ) インテグリンが細胞外基質からできた基底膜に細胞をつなぎとめている構造をヘミデスモソームという。

(エ) コネクソンと呼ばれる管状の膜タンパク質が2つの細胞をつなぐことによって糖やイオンなどが移動できるようになる構造を固定結合という。

(3) 下線部 (C) のようなはたらきをするタンパク質をシャペロンという。シャペロンタンパク質の機能について述べた次の文章 (i) ~ (iv) のうち、内容が正しいものに○、誤っているものに×を記入せよ。

(i) 古くなったタンパク質の分解を補助する。

(ii) フォールディングを手助けされたタンパク質の一部となる。

(iii) 変性したタンパク質のはたらきを回復させる。

(iv) ポリペプチド鎖どうしの凝集を防ぐ。

- (4) 下線部 (D) に関する血液成分のはたらきについて、次の問い①～④に答えよ。

- ① 次の文章の空欄 (a) ～ (e) にあてはまるもっとも適切な語句を解答欄に記入せよ。

外傷によって血管が傷つき出血した際には、血液を速やかに固め、傷口を塞ぐ必要がある。出血すると血小板などから出た血液凝固因子が、血しょう中にある (a) を (b) という酵素に変える。このとき、血しょう中に存在する (c) イオンが必要となる。(b) が血しょう中にある (d) を (e) に変え、それが血球と作用することによって血液の凝固が生じる。

- ② ヒトの血液の約 45 % は赤血球、白血球、血小板の有形成分が占めており、その中でも赤血球は酸素を運ぶ機能に特化した細胞である。酸素を運搬する赤血球はヒトの血液中に 1 mm^3 あたりどの程度存在するかを次の選択肢 (ア) ～ (エ) からもっとも適切なものを一つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 6,000 ～ 7,000 個 (イ) 20 万 ～ 35 万個
(ウ) 450 万 ～ 500 万個 (エ) 4,000 万 ～ 6,000 万個

③ 赤血球に含まれているヘモグロビン (Hb) は、肺に取り込まれた酸素を末梢の組織へと運搬する役割を担っている。酸素濃度が高い肺では、Hb は酸素と結合し、酸素 Hb となる。一方、酸素濃度が低い末梢の組織では、酸素を解離して酸素を結合してない状態の Hb となる。なお、

酸素濃度と Hb の酸素結合割合の関係性は酸素解離曲線 (図 2 の破線) として表され、酸素濃度が低い場合 (図 2 中の酸素濃度が 20~40 あたり) では傾きが大きい。このことが末梢の組織における酸素の解離についてどのように有利であるか、句読点を含め 45 字以内で答えよ。

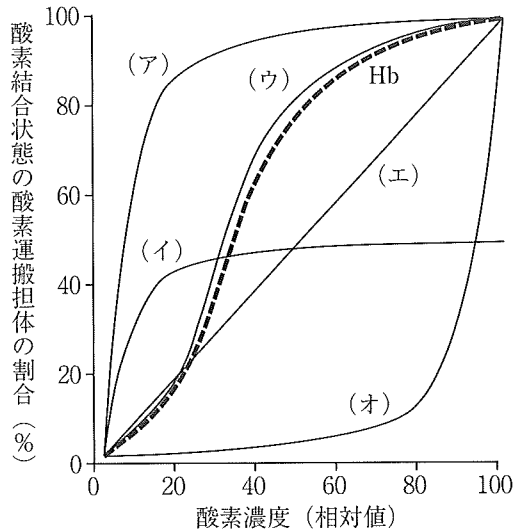


図 2 酸素運搬担体の酸素解離曲線
破線は、ヘモグロビン (Hb) の酸素解離曲線を示している。

- ④ 筋細胞（筋繊維）内において、赤血球内の Hb によって運ばれてきた酸素を毛細血管周辺で受け取り，細胞中央で解離するはたらきを有する酸素運搬担体 A が存在すると仮定する（図 3）。酸素運搬担体 A が上記のようなはたらきを有するには，どのような酸素解離曲線を示す必要があるか。筋細胞内での酸素運搬にとってもっとも効率的であると考えられる酸素解離曲線を図 2 の（ア）～（オ）から一つ選び，記号で答えよ。

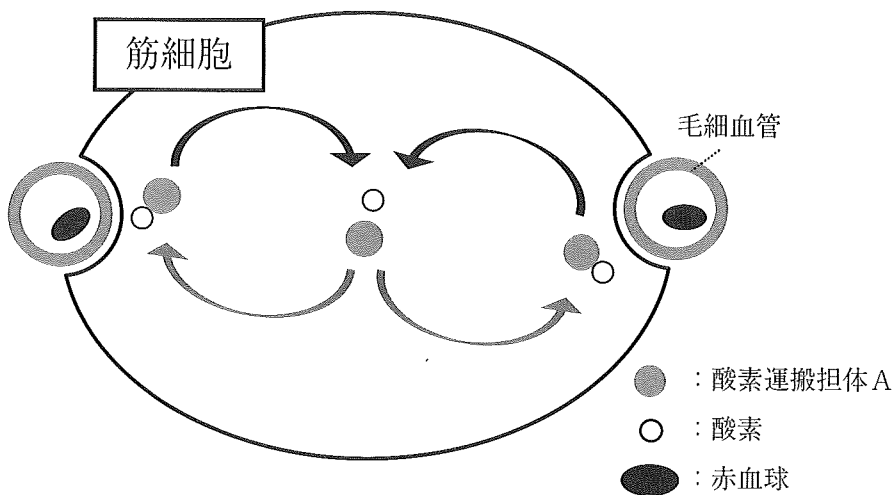


図 3 筋細胞内における酸素運搬の様子

図は筋細胞（筋繊維）の横断切片を示している。酸素運搬担体 A は毛細血管付近で赤血球内のヘモグロビン（Hb）から解離された酸素を受け取り，細胞中央付近で酸素を解離する。図中の矢印は酸素運搬担体 A の動きを示している。

(50点)

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、問い（１）～（７）の答えを解答用紙（一）の〔Ⅱ〕の該当する欄に記入せよ。

免疫は、われわれの身体を細菌や毒素などの外敵から守ることができるシステムである。特に、外敵を“記憶”して迅速に防御する適応免疫には、（ア）免疫と（イ）免疫がある。（ア）免疫では、（ウ）細胞と呼ばれるリンパ球が主役となる。一方、（イ）免疫では、（エ）細胞から分泌されるタンパク質分子が主役となる。このタンパク質を抗体といい、様々な外敵に対応するために、多種類の抗体が産生される。産生された抗体は外敵に由来する分子の特定の部位に強固に結合する。この抗体が結合する分子のことを（オ）といい、抗体が結合する特定の部位のことを（カ）という。

細菌、ウイルス、毒素などの多様な外敵に対応するためには、非常に多くの種類の抗体を体内にもたなくてはならない。実際、ヒトでは1000億種類もの抗体が産生されるといわれている。しかし、われわれのゲノムはせいぜい（キ）個程度の遺伝子をもっているにすぎない。では、どのように、限られた遺伝子からこれほど多くの抗体が生み出されるのだろうか。

(A) 抗体はH鎖タンパク質2つ
とL鎖タンパク質2つ、計4
つのポリペプチドの複合体と
して構成される。H鎖とL鎖
はそれぞれ別の遺伝子から産生されるポリペプチドである(図1)。H鎖遺伝子の中には、V断片領域、D断片領域、J断片領域と呼ばれる部分が存在し、65個のV断片、27個のD断片、6個のJ断片を含んでいる。しかし、成熟した

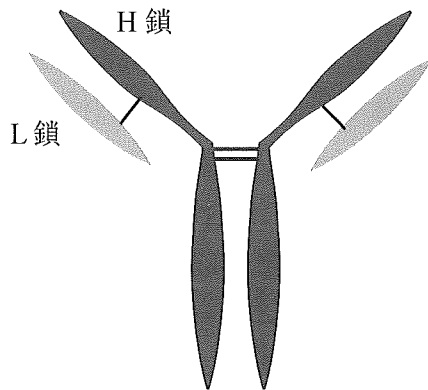


図1 抗体分子の構造

抗体分子は2つのH鎖タンパク質と2つのL鎖タンパク質の複合体である。H鎖とL鎖間の線はシステイン残基間の共有結合を示す。

(エ) 細胞内の抗体遺伝子では、V断片、D断片、J断片がそれぞれ一つずつ選ばれている。これは、幹細胞から(エ)細胞が分化する際にH鎖遺伝子の組換えが起こるためである。つまり、ある(エ)細胞内のH鎖遺伝子と、別の(エ)細胞内のH鎖遺伝子は、これらの断片部分で異なったものになっている。一方、L鎖遺伝子にはラムダとカッパの2種類があり、それぞれ、40個のV断片と5個のJ断片、30個のV断片と4個のJ断片を含んでいる。L鎖に関しても、細胞ごとに異なる組換えが起こり、320種類のL鎖を産生することができる。すなわち、これらのL鎖とH鎖を組み合わせることにより、約(ク)種類の抗体を産生することが可能である。特に、組換え後のVDJ断片部分からは、抗体が(カ)と結合する部分が作られるため、この部分が異なる抗体は異なる(カ)を認識し結合する。これにより、様々な(オ)に対する抗体が作成され、また、一つの(オ)に対しても、いくつもの異なった抗体が作成される。しかし、この機構だけでは、われわれの身体の中で産生される1000億種類の抗体を説明することはできない。さらに抗体の多様性を増やすための巧妙な機構が(エ)細胞の中には備わっている。

一方、(ア)免疫ではたらく(ウ)細胞表面には、特定の外敵由来の分子を認識する受容体が発現しており、抗体と同様の遺伝子組換えによって、細胞ごとに異なる受容体を作られる。このような機構で多様な抗体や受容体が生み出されるが、同時に自分自身の体内の分子(自己分子)を認識してしまうものも生じ、自分の細胞を攻撃してしまう可能性がある。しかし、自己分子を認識する抗体や受容体をもつ細胞は、免疫細胞が発生・分化する臓器において除去あるいは不活性化されるか、自己分子を認識しないように変容することがわかっている。この時、どのように自己分子と外敵由来の分子を区別できるのだろうか。体内の細胞は、常に内部のさまざまなタンパク質を分解して新しいものに置き換えている。この時生じるタンパク質の断片(ペプチド)と結合し、細胞表面に提示する特別なタンパク質が存在する。^(B)つまり、体内の細胞は、このように自己分子の一部を提示して“自己”を表現している。特に(ア)免疫では、こ

のタンパク質・自己ペプチドの複合体と強く結合する受容体をもつ
 (ウ) 細胞が死滅し、自己を認識してしまう細胞が排除されるよう
 になっている。(C) このような排除機構により、“自己”を認識する免疫細胞
 はほとんど機能しなくなり、免疫系が外敵のみを認識し攻撃できるよう
 なる。

(1) 文中の空欄 (ア) ~ (ク) にあてはまるもっとも適切な語句を、以
 下の語群 (あ) ~ (ひ) からそれぞれ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|--------------|------------|-------------|
| 語群：(あ) 抗体 | (い) 間接性 | (う) 体液性 |
| (え) 直接性 | (お) 細胞性 | (か) 標的 |
| (き) 親和性 | (く) 自然 | (け) 抗原 |
| (こ) 細菌 | (さ) 毒素 | (し) エピトープ |
| (す) 基質 | (せ) アイソトープ | (そ) 2万 |
| (た) 10万 | (ち) 150万 | (つ) 350万 |
| (て) 2500万 | (と) 30億 | (な) 1000億 |
| (に) T | (ぬ) B | (ね) β |
| (の) γ | (は) 白血球 | (ひ) 好中球 |

(2) 免疫における抗体の役割について、以下の文章から正しいものをす
 べて選び、記号で答えよ。

- (ア) 標的分子を標識することで、他の白血球が細菌などの外敵を除
 去できるようにする。
- (イ) 標的分子に結合して、その機能を不活性化する。
- (ウ) 標的分子を分解する酵素として働く。
- (エ) 細菌の細胞膜に穴を開ける。
- (オ) 標的分子を凝集させる。
- (カ) 血管を収縮させ、血流量を減少させる。
- (キ) インスリンの分泌を促す。

(3) 免疫全般に関する以下の文章の中から正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

(ア) 一卵性双生児の間でも、成熟した抗体産生細胞内の遺伝子配列は異なる。

(イ) アレルギーは、自己分子に反応してしまう抗体によって引き起こされる。

(ウ) 異なるタイプの2種類のインフルエンザウイルス両方に対して、1種類の抗体が反応することはない。

(エ) 腫瘍を構成する細胞は自分自身の細胞なので、免疫によって攻撃されることはない。

(オ) 自然免疫の特徴は、記憶細胞による免疫記憶である。

(4) 下線部 (A) について、H鎖とL鎖は、それぞれの一次構造内にあるシステイン残基間の共有結合を介して複合体を形成している。この結合の名称を答えよ。

(5) 下線部 (B) について、このタンパク質の名称を答えよ。

(6) 下線部 (C) に関する以下の文章のうち、誤ったものを三つ選び、記号で答えよ。

- (ア) このような排除機構のことを「免疫不全」と呼ぶ。
- (イ) このような排除機構がはたらかなくなると「自己免疫疾患」を発症することがある。
- (ウ) このような排除機構の一つにオートファジーがある。
- (エ) 一卵性双生児の間で移植された臓器でも、外敵として攻撃される。
- (オ) 胎児が母体によって外敵として認識され、攻撃されることがある。
- (カ) 免疫抑制剤を用いることで、移植臓器が攻撃されることを抑えることができる。

(7) ヒト免疫不全ウイルスが適応免疫全般の低下を引き起こす主な理由を、句読点を含めて 40 字以内で説明せよ。

(50点)

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、問い（１）～（７）の答えを解答用紙（二）の〔Ⅲ〕の該当する欄に記入せよ。

(A) 神経系は、神経細胞が単位となってネットワークを形成しており、電気信号を発生して情報の処理をおこなっている。神経細胞は、核の存在する（あ）と２種類の突起からなり、それらの突起のうち（い）は他の神経細胞などからの情報の受容にかかわり、一方（う）は信号を離れた細胞へと伝える。（う）には、(B) シュワン細胞が筒状に何層も巻き付いた部分があり、これを（え）とよぶ。（え）を有する神経繊維を有髄神経繊維、そうでないものを無髄神経繊維とよぶ。有髄神経繊維には一定の間隔で（え）が欠落した部分があり、この部分を（お）という。（う）の末端部分は他の神経細胞の（あ）や（い）に接してシナプスを形成する。こうした(C) 神経のネットワークは複雑であるが規則的に構築されている。

神経細胞が刺激されると、刺激されたところで膜電位の逆転が起こり、一時的に細胞内が細胞外に対して正の電位になる。この電位変化が一定以上の大きさになると、(D) 活動電位が生じ、これを興奮とよぶ。興奮は細胞膜に沿って伝導するが、(E) シナプスでは細胞膜は連続せず、興奮に応じて神経終末内部の神経伝達物質が放出される。シナプス間隙に放出された神経伝達物質は、次の神経細胞の膜上にある受容体に結合し、膜電位を変化させる。その結果、情報が伝えられる。

（１）本文中の空欄（あ）～（お）にあてはまるもっとも適切な語句を答えよ。

(2) 下線部 (A) について、ヒトでは中枢神経系と末梢神経系に分けられる。以下の語群に示された (ア) ~ (サ) が示す構造のうち、末梢神経系で認められるものを四つ選び、記号で答えよ。

- 語群：(ア) 小脳 (イ) 脊髄 (ウ) 白質
 (エ) 交感神経 (オ) 大脳皮質 (カ) 中脳
 (キ) 交感神経節 (ク) 辺縁皮質 (ケ) シナプス
 (コ) 運動神経 (サ) 脳下垂体

(3) 下線部 (B) は末梢神経系に関する記述であるが、同様の構造は中枢神経系にも認められる。中枢神経系でこのような構造を形成する細胞の名称を答えよ。

(4) 下線部 (C) について、神経系の特定の部位に傷害がおこると、元々その部位が担っていた機能の損失が症状としてあらわれる。図1はヒトの脊髄付近の断面図である。図中の (a) ~ (d) の部分にのみ傷害が起こり、機能を失った場合に起こりうる症状についてあてはまるものを次の選択肢 (ア) ~ (ク) からそれぞれ選び、記号で答えよ。ただし複数あるものについてはすべて答えること。

- (ア) 体の右側の一部で痛覚や触覚が麻痺する。
 (イ) 体の左側の一部で痛覚や触覚が麻痺する。
 (ウ) 体の右側の一部で運動ができなくなる。
 (エ) 体の左側の一部で運動ができなくなる。
 (オ) 右の聴覚を失う。
 (カ) 左の聴覚を失う。
 (キ) 短期記憶ができなくなる。
 (ク) 言葉が話せなくなる。

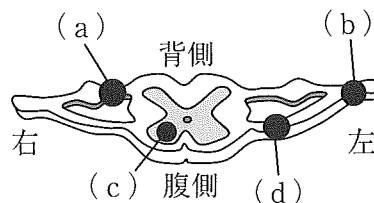


図1 ヒトの脊髄付近の模式図

(5) 下線部 (D) について、次の問い①および②に答えよ。

- ① 以下の文章は活動電位の発生過程を表したものである。空欄 (か) ~ (こ) にあてはまるもっとも適切な語句を、以下の語群 (ア) ~ (カ) からそれぞれ選び、記号で答えよ。ただし同じ記号を繰り返し選んでもかまわない。

活動電位の発生から終息までの過程には、主に (か) および (き) の二つのイオンの動きがかかわる。通常、細胞内の (か) イオン濃度は細胞外よりも低く、(き) イオンは細胞外よりも高い。この濃度差は ATP のエネルギーを利用して維持されている。このとき常に開いている (く) チャネルを通り (く) イオンが細胞外に流出しているため、細胞内の電位が負に傾いている。これを静止電位とよび、神経細胞ではおよそ $-60 \sim -70 \text{ mV}$ 程度である。

近傍の膜が興奮すると膜電位が正にむかって変化する。このとき膜電位が 0 mV に近づくことを脱分極という。脱分極により電位依存性 (け) チャネルが開き、(け) イオンが細胞内に流入することで膜電位は急速に上昇し、一時的に $+40 \text{ mV}$ 程度に達する。電位依存性 (け) チャネルは速やかに不活性化して閉じる。脱分極によって刺激された電位依存性 (こ) チャネルが開くことで (こ) イオンが細胞外に流出し、静止電位に戻る。

語群：(ア) カルシウム (イ) ナトリウム
(ウ) カリウム (エ) マグネシウム
(オ) 亜鉛 (カ) 塩化物

- ② 図2はオシロスコープで観察されたある神経細胞の活動電位を示す。このときの細胞内外のイオン濃度を人為的に変化させて、活動電位の変化を観察できる実験系を構築した。このような実験系において、以下のⅠ～Ⅳのような条件を与えたときに予想される電位変化の波形としてもっとも適切なものを以下の選択肢（ア）～（ケ）から一つ選び、記号で答えよ。ただし、（か）、（き）および（こ）は、いずれも問い①と同じ語句が入るものとする。

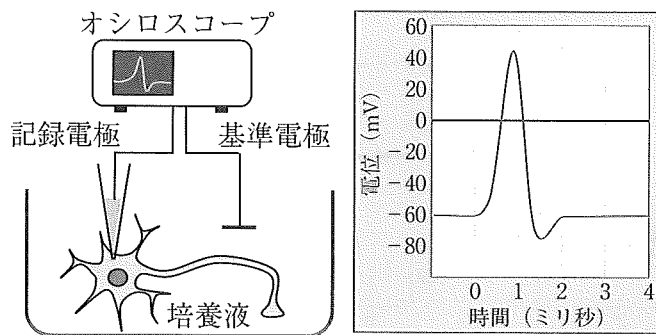
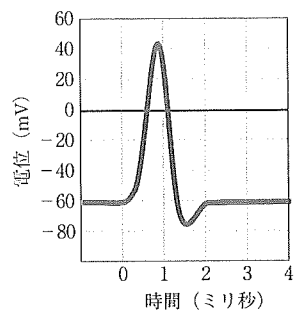


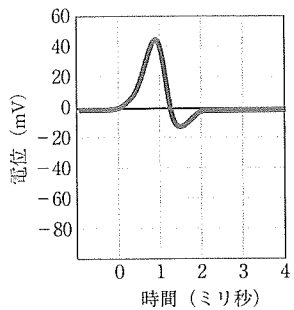
図2 活動電位の計測

- Ⅰ 細胞外の（か）イオンをすべて（き）イオンに置き換える。
- Ⅱ 細胞外の（か）イオンの一部を（き）イオンに置き換える。
- Ⅲ 細胞内の（き）イオンの一部を（か）イオンに置き換える。
- Ⅳ 培養液に電位依存性（こ）チャネルを阻害する薬物を添加する。

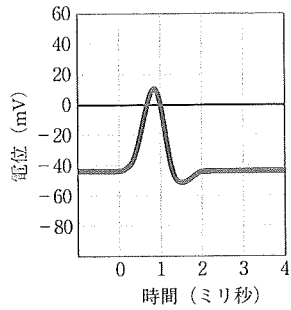
(ア)



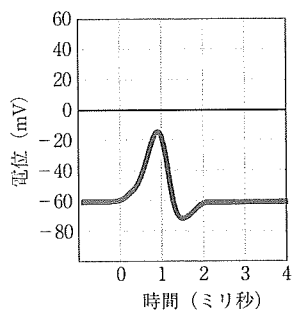
(イ)



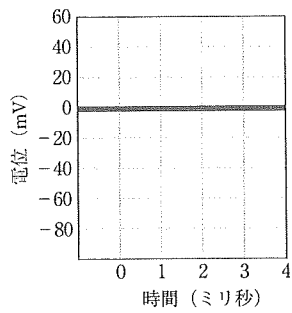
(ウ)



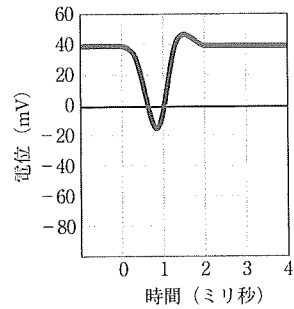
(エ)



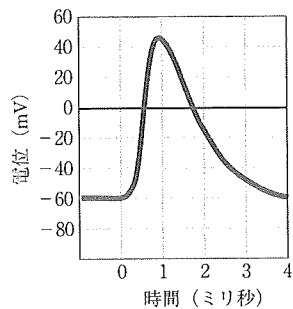
(オ)



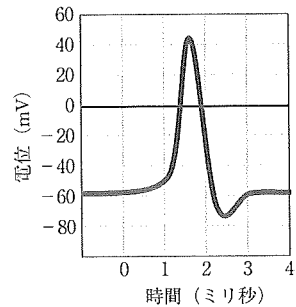
(カ)



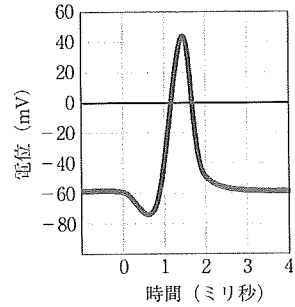
(キ)



(ク)



(ケ)



(6) 下線部 (E) について、次の文章を読み、問い①～③に答えよ。

図3 aのように、2つの神経細胞X, Yを適当な培養液中で培養した。長期生存させた結果、いずれの神経細胞も生体内と同様の電氣的活動を示した。また、図3 aのようにそれぞれの神経細胞はたがいの突起を介してシナプスを形成し、神経細胞Xから神経細胞Yへと生体内同様の情報が伝えられることを確認した。この伝達には神経伝達物質Eがかかわっており、シナプス後膜上のEの受容体により神経細胞Yへ情報が伝えられることがわかっている。このような標本を用いて、神経細胞Xには刺激電極Sを、神経細胞Yには膜電位変化が記録できる微小電極Rを装着し、シナプス伝達を観察できる実験系を確立した。

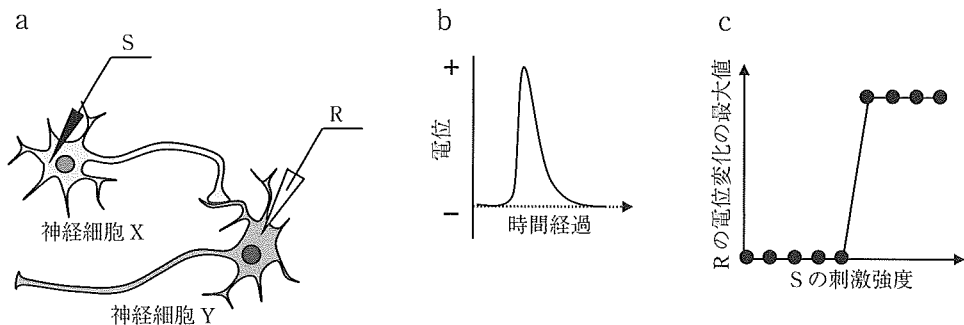
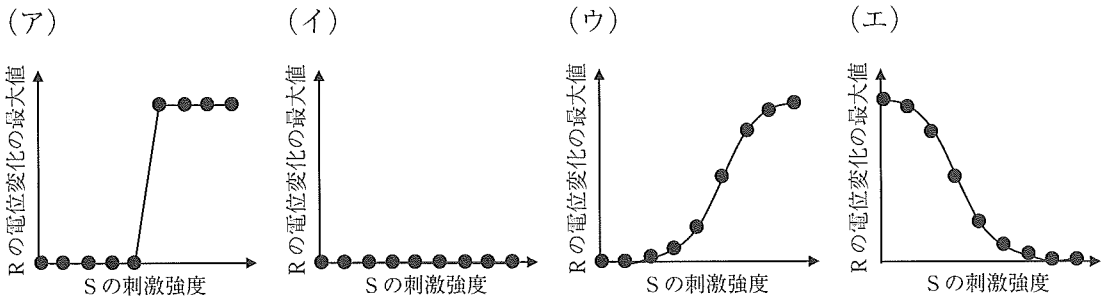


図3 シナプス伝達に関する実験の概要と実験結果

- ① 図3 bはSで刺激したときに観察されたRの電位変化である。ここで形成されたシナプスは興奮性か抑制性か、いずれかを答えよ。
- ② Sによる単一の電気刺激について、その強度を変化させたときのRの電位変化を調べた。その結果を図3 cに示す。Sの刺激強度を上げていくと、途中まではRの電位は全く変化しなかったが、ある刺激強度以上ではRに一定の電位変化がみられた。これは何とよばれる法則に基づくものか答えよ。

- ③ 同様の実験系でSとRの電極を入れ替えたとする。神経細胞YをSで刺激したとき、神経細胞XにおけるRの電位変化としてもっとも適切なものを以下の(ア)～(エ)から一つ選び記号で答えよ。



- (7) 下線部(エ)に関する下記の問いに答えよ。

神経伝達物質のひとつであるアセチルコリンは、神経細胞の興奮に応じてシナプス間隙に放出され、アセチルコリン受容体に結合し、シナプス後細胞に情報を伝達する。その後、速やかにシナプス後細胞の細胞膜上にあるアセチルコリンエステラーゼによってコリンと酢酸に分解され、神経伝達物質としての機能を失う。一方、神経終末では絶えずアセチルコリンが合成され、次の伝達のために準備される。

ある脳神経疾患の発症メカニズムについて研究した結果、その症状は神経細胞の機能低下のため、アセチルコリンのシナプスでの放出量が減少し、情報が十分に伝えられなくなったことが原因であるとわかった。このような疾患に対して、どのようなメカニズムではたらく治療薬を開発すればよいと考えられるか、句読点を含めて30字以内で答えよ。

(50点)