

平成31年度・入学試験問題

理 科 (前)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は35ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)

「物理」、[化学]、[生物]のうち2科目を選択して解答しなさい。

選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

試験開始後、全科目の解答用紙8枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。

平成31年度個別学力検査

医学部 前期日程
理科 問題

名古屋市立大学 学生課入試係 052-853-8020

許可なしに転載、複製
することを禁じます。
◇M10(417-74)

理 科 問 題

物 理	問題 1	3 ページ
	” 2	5 ”
	” 3	7 ”
	” 4	9 ”

化 学	問題 1	11 ページ
	” 2	14 ”
	” 3	17 ”
	” 4	19 ”

生 物	問題 1	21 ページ
	” 2	23 ”
	” 3	29 ”
	” 4	33 ”

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	2 枚
理科	生物解答用紙	4 枚

物 理

物理問題 1

図1は、質量 M の小球 A と小球 B が、ばね定数 k の3本のつる巻きばね(S1, S2, S3)と連結され、摩擦のない平らな床の上に置かれている様子を示している。自然長 L のばねと小球はつりあった状態で一直線上に並び、ばね S1 の左端は壁 P に固定され、ばね S3 の右端は可動性の壁 Q に固定されている。当初、床は水平であるとする。

小球がばねから受ける力および小球の変位は常に床に対して平行方向であり、小球の大きさ、ばねの質量、空気抵抗は無視できるものとする。

PQ間の距離を $3L$ に固定した場合を考える。小球が静止している初期状態から、小球 A および小球 B を同時にゆっくり距離 X だけ右方へ移動させ小球を保持した。次に、保持する力を瞬間的に同時に取り除き、小球を単振動させた。

- (1) S1 が自然長となった時の小球 A の速さ V を求めよ。
- (2) 小球 B の振動周期 T_B を求めよ。

静止している初期状態から、小球 A を右方へ、小球 B を左方へ、各々距離 X だけゆっくりと移動させ小球を保持した。次に、保持する力を瞬間的に同時に取り除き、小球を単振動させた。

- (3) 小球 A の単振動の様子について、振幅および振動周期を求め、解答欄に一周分を図示せよ。ただし、小球 A の初期状態の位置を 0 とし、右方向を正の向きとする。横軸を力を取り除いてからの経過時間、縦軸を小球 A の位置とする。

静止している初期状態から、力のつりあいを保ったまま壁 Q を右側へ距離 Y だけゆっくりと移動させて固定し、PQ間の距離を $3L + Y$ とした。

- (4) このとき、小球 B の初期状態に対する右への変位 ΔY を求めよ。

- (5) 壁 Q を移動させて固定した状態から、小球 A を右方へ、小球 B を左方へ、各々距離 X だけゆっくりと移動させ小球を保持した。次に、保持する力を瞬間的に同時に取り除き、小球を単振動させた。小球 A の振動周期 T_A を求めよ。

図2は、PQ間の距離を $3L$ に固定した装置全体を角度 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) の斜面上に固定し、小球 A および小球 B に作用する力がつりあっている状態を示している。重力加速度を g とする。

- (6) 図2のつりあった状態において、小球 A の壁 P からの距離を求めよ。なお、解答に至る思考過程が分かる説明式などを解答欄に示しなさい。

図2のつりあった状態から、壁 Q の方向へ小球 B に力を加え、まっすぐ距離 Z だけゆっくり移動させると、小球 A は壁 Q の方向に ΔZ だけ移動した。

- (7) ΔZ を求めよ。
- (8) 小球 B に外から加えている力の大きさ F を求めよ。

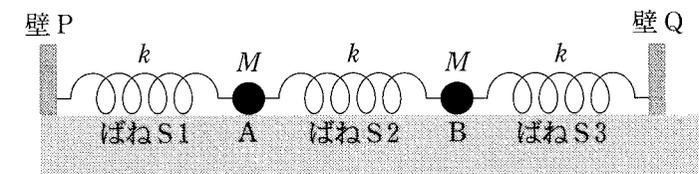


図1

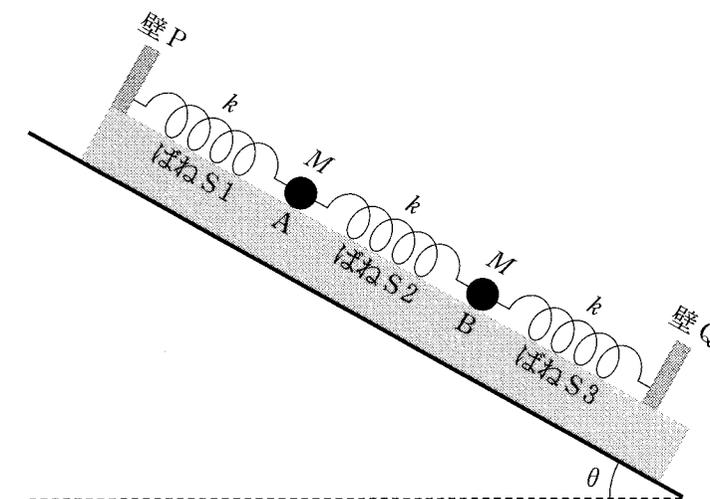


図2

物理問題 2

図1のように、導体からなる間隔 l の平行直線レールが鉛直方向に設置されている。レール間は、発光ダイオード(LED)と電気抵抗 R の抵抗を接続した2本の導線で結ばれている。2本の導線の下では質量 m の導体棒がレールに対して直角に接触しており、接触したままなめらかに上下に動くことができる。鉛直下向きに一定の重力加速度 g が作用しており、同時に、紙面奥から手前向きに磁束密度 B の一様な磁場(磁界)が存在する。レールは無限に長く、導体棒はレールから外れることも、LEDや抵抗に衝突することもない。磁場はレールや導体棒に対して垂直であり、LEDや抵抗には影響を及ぼさない。レールと導体棒の太さ、抵抗以外の電気抵抗、導線・レール・導体棒からなる回路の自己インダクタンス、LEDの電気容量、導体棒に対する空気抵抗は無視できる。

LEDは図2に示す電流電圧特性を持つ。LEDにかかる順方向の電圧が V_0 以下のとき、電流は流れない。電圧が V_0 を超えると電流が流れ、発光し始める。このとき、LEDにかかる電圧 V と流れる電流 I には $I = (V - V_0)/R_0$ の関係がある。ここで R_0 は一定である。流れる電流が I_0 を超えるとLEDは壊れ、それ以降は一切電流を流さず発光しない。また、逆方向には一切電流を流さない。

以下の問いに答えよ。

- (1) 最初、導体棒は手で支えられて静止していた。手を離すと導体棒は落下し始め、しばらくするとLEDが発光し始めた。それはAとB、どちらのLEDか答えよ。また、これ以降、“LED”とはここで選択したLEDを指すこととする。
- (2) LEDが発光し始めたときの導体棒の速さ v_1 を V_0, B, l を用いて求めよ。
- (3) LEDが発光し始めてからある時間が経過したとき、導体棒には電流 I_2 が流れていた。図2の電流電圧特性より、LEDにかかっている電圧 V_{LED} を V_0, R_0, I_2 を用いて求めよ。ただし、LEDは壊れていないとする。
- (4) (3)のとき、導体棒の速さは v_2 であった。 I_2 を、 $B, l, R, R_0, V_0, v_2, v_1$ のうち必要な文字を用いて求めよ。
- (5) (3)のとき、導体棒の加速度の大きさ a_2 を、 $B, l, R, R_0, V_0, m, g, I_2, v_2, v_1$ のうち必要な文字を用いて求めよ。

- (6) LEDについても、抵抗と同じように、加わる電圧と流れる電流の積で消費電力を求めることができる。(3)の状態から微小時間 Δt が経過する間にLEDと抵抗で消費した電力量 W_2 を、 $B, l, R, R_0, V_0, I_2, v_2, v_1, \Delta t$ のうち必要な文字を用いて求めよ。微小時間 Δt の間の電流の変化は無視して良い。
- (7) (6)で解答した消費電力量 W_2 のエネルギー源は導体棒の ア エネルギーである。また、導体棒の ア エネルギーの一部は導体棒の イ エネルギーの増加に使われる。したがって、 W_2 は導体棒の ウ エネルギーの減少量に一致する。空欄に当てはまる言葉をそれぞれ答えよ。
- (8) (7)で解答した導体棒の ウ エネルギーの減少量が(6)で解答した W_2 と一致することを示せ。微小時間 Δt の間の電流の変化は無視して良い。また、 $(\Delta t)^2$ は十分に小さいため無視して良い。
- (9) (3)の状態からしばらくすると、導体棒の落下速度はほぼ一定値 v_3 となり、LEDは光り続けていた。 v_3 は v_1 の何倍になるか、 B, l, R, R_0, V_0, m, g を用いて求めよ。
- (10) 最終的にLEDが壊れないためには、導体棒の質量は m_0 以下でなければならない。 m_0 を、 $B, l, R, R_0, V_0, I_0, g$ のうち必要な文字を用いて求めよ。

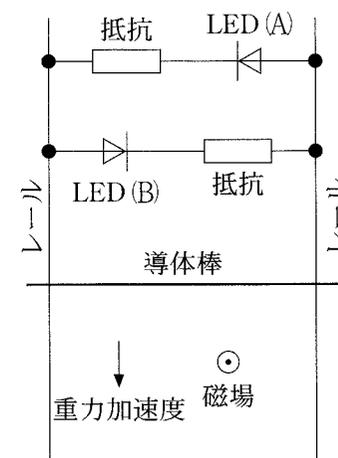


図1

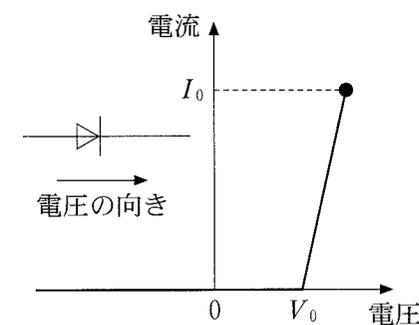


図2

物理問題 3

図1は、真空中に設置した、複スリットによる単色光の干渉実験装置を示したものである。光源Qから出た波長 λ の光は、板A上のスリット S_0 、および板B上の複スリット S_1, S_2 を通して、スクリーンC上に干渉じまをつくる。板A、板B、スクリーンCは互いに平行で、AB間の距離は L 、BC間の距離は R である。 S_1 と S_2 は S_0 から等距離にあり、 S_1 と S_2 のスリット間距離を d 、 S_1S_2 の中点をM、光源QとMとを結ぶ直線が板Aと交わる点をN、スクリーンCと直交する点をOとする。また、図1のように、Oを原点としてスクリーンC上に x 軸をとり、C上の点Pの位置を座標 x で表す。 d 、およびOP間の距離は R に比べて十分に小さいものとして、以下の問に答えよ。

- (1) スリット S_1, S_2 から点Pに到達した回折光の距離差 $S_2P - S_1P$ を、 R, d, x を用いて表せ。ただし、計算の過程も示せ。 $|y| \ll 1$ のとき $(1+y)^k \approx 1+ky$ と近似できることを利用せよ。
- (2) スクリーンC上の点Oには明線が生じる。これを0番目として、スクリーンC上に生じる中央から m 番目の明線の座標 x_m を求めよ。ただし、 $m(m=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$ は整数を表す記号であり、 $m \geq 1$ は x 軸正の位置の明線、 $m \leq -1$ は x 軸負の位置の明線に対応する。
- (3) $d = 0.20 \text{ mm}$ 、 $R = 40 \text{ cm}$ のとき、明線の間隔は 1.2 mm であった。光源Qから出た光の波長 λ は何 m か。
- (4) 光源Qが太陽光の場合には、1番目($m=1$)の明線の最も原点(点O)寄りの可視光は何色の光か。
- (5) (2)において、スリット S_0 を点Nから h だけ下方にずらしたところ、スクリーンC上の干渉じまがわずかに移動した。 m 番目の明線が移動した後の座標 x'_m を、 m, λ, R, L, d, h を用いて表せ。ただし、 d, h は L に比べて十分に小さいものとする。

- (6) スリット S_0 を点Nの位置に戻した。次に、図2のように、屈折率 $n(n > 1)$ 、厚さ D の透明なガラス板を直線 S_0S_1 に対して垂直に差し入れたところ、スクリーンC上の干渉じまがわずかに移動した。このとき、干渉じまは、上下いずれの方向に移動したか。また、干渉じまの移動距離 Δx の大きさ $|\Delta x|$ を求めよ。

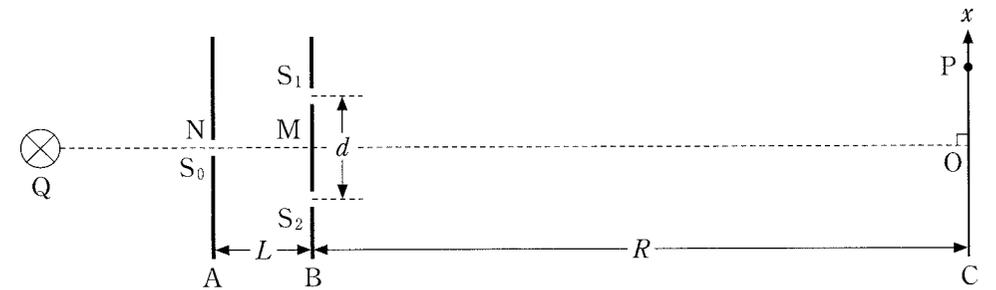


図1

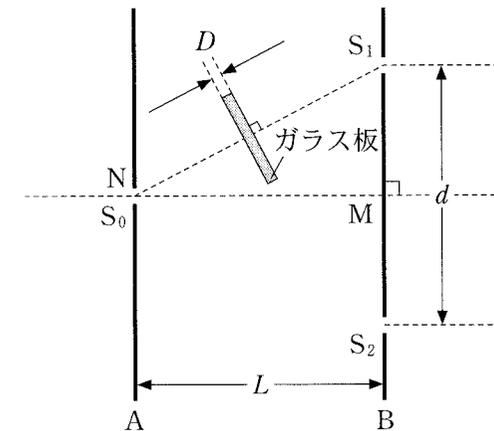


図2

物理問題 4

図1に示すように、静止した電子が z 軸上にある陰極Oで連続的に生成され、電圧 V_0 で加速されて、 z 軸上にある接地された陽極の小穴Hから z 軸の正の向きに飛び出ようになっている。これらの電子を、 x 軸に垂直に置かれた2枚の平行電極板からなる偏向板間の左端中央部P点の位置に入射させる。偏向板間には、最大値を V_A とする交流電圧がかけられており、電子に x 軸方向の速度を与えるようになっている。偏向板間に生じる x 軸方向の電場(電界)は一様であり、偏向板間の外にはもれだしていないものとする。偏向板の間隔は $2d$ 、 z 軸に沿った長さは ℓ である。P点より z 軸の正の向き、距離 $\ell + L_0$ の位置には蛍光板が z 軸に垂直に取り付けられている。この蛍光板により、偏向板間を通過した電子が蛍光板上に衝突した位置を知ることができる。ここで z 軸と蛍光板の交わる点を $x = 0$ とする。電子の電荷を $-e$ 、質量を m 、光の速さを c 、プランク定数を h として以下の問いに答えよ。ただし、装置の内部は真空になっており、装置に及ぼす重力や地磁気の影響は無視できるものとする。また、個々の電子が偏向板間を通過するあいだにおける交流電圧の時間変化は無視できるものとする。

- (1) 小穴Hを通過した瞬間の電子の z 軸方向の速さ v_z を、 m 、 e 、 V_0 を用いて表せ。
- (2) 速さ v_z で偏向板のP点に入射した電子が偏向板間を通過する場合、通過した直後の電子の x 座標 x_1 が取り得る範囲を、 V_0 、 V_A 、 d 、 ℓ を用いて表せ。ただし、 V_A は偏向板に電子が衝突することがない範囲の大きさでかけられているものとする。
- (3) V_A がある電圧値 V_M より大きければ、電子は偏向板に衝突する。この電圧値 V_M を、 V_0 、 d 、 ℓ を用いて表せ。
- (4) 偏向板を出た電子が蛍光板に衝突することによって、蛍光板の x 軸上に可視光で発光する輝点が形成される。(3)で得られた V_M を最大値とする交流電圧を偏向板にかけた場合、蛍光板の x 軸上のどの範囲に輝点が形成されるか。輝点が示す x 座標 x_2 が取り得る範囲を、 L_0 、 d 、 ℓ を用いて表せ。

電子の運動エネルギーが十分に大きいため、この電子が蛍光板に衝突することによって連続X線および固有X線(特性X線)が発生した。以下の設問に答えよ。ただし、蛍光板で発生した可視光のエネルギーは、発生するX線のエネルギーと比較して無視できるほど小さいものとする。

- (5) 蛍光板の点Qの位置において発生し得る連続X線のなかで最も短い波長 λ_Q を、 e 、 V_0 、 c 、 h を用いて表せ。
- (6) (4)で求めた範囲のなかで発生し得る連続X線のうち、最も短い波長 λ_M を、 e 、 V_0 、 d 、 ℓ 、 c 、 h を用いて表せ。
- (7) 交流電圧の最大値は V_M としたまま、加速電圧を V_0 から $2V_0$ に変化させたとき、蛍光板の x 軸上で得られる連続X線のなかで最も短い波長 λ'_M は、(6)の λ_M の何倍になるか。 d 、 ℓ を用いて表せ。
- (8) 蛍光板で発生した固有X線スペクトルの波長を読み取ることによって、蛍光板を構成する元素を同定することができる。この理由を固有X線スペクトルの発生原理に基づいて簡潔に記せ。

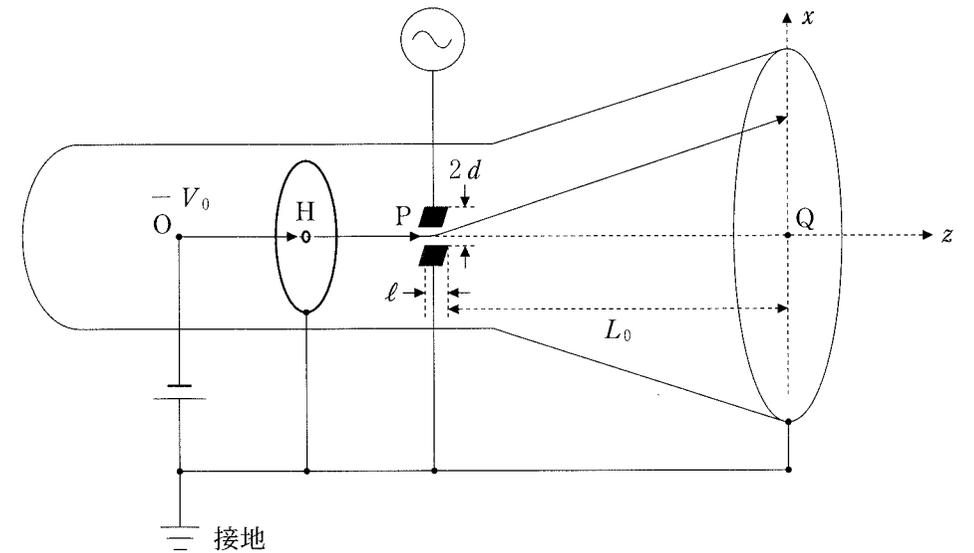


図1

化 学

化学問題 1

次の文章を読み、問1～問8に答えよ。数値を解答する場合は、有効数字2桁まで求めよ。本問で扱う気体は理想気体とし、気体定数は $8.3 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とする。必要があれば以下の数値を用いよ。 $\log_e 2 = 0.69$, $H = 1.0$, $O = 16$ 。

水溶液中における過酸化水素の分解反応は、 $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ という化学反応式で表される。この反応は発熱反応であり、反応前後における反応物と生成物のエネルギー状態は図1のように表される。この反応の初期の段階において、反応速度 v は以下の反応速度式に従う。

$$v = \frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt} = -k[\text{H}_2\text{O}_2]$$

t は時間、 k は速度定数である。この関係式から、時間 t 経過後の過酸化水素の濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ は以下のように表される。

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = [\text{H}_2\text{O}_2]_0 e^{-kt}$$

ただし、 $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ は過酸化水素の初濃度であり、 e は自然対数の底である。また、反応温度 T (絶対温度) が変化すると、速度定数 k は以下の関係式に従って変化することも知られている。

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

E_a は過酸化水素の分解反応の活性化エネルギー、 R は気体定数、 A は他の定数を表す。

0.50 mol/L の過酸化水素水 5.0 mL と少量の酸化マンガン(IV)の粉末をふたまた
①試験管にそれぞれ入れ、導管付きのゴム栓をした。水槽に入れた水の温度を一定に
保ちながら、ふたまた試験管を水槽に浸して水温を温度計で測定した。ふたまた試
験管を傾けて過酸化水素水と酸化マンガン(IV)を混合し、発生した酸素をメスシリ
ンダーに集め、その体積を測定した。この実験を水温 25℃で行ったところ、速度
定数 k が 5.0×10^{-2} (/分) と求められた。
②

問 1. 図1において、過酸化水素の分解反応における反応熱(あ)および活性化エネルギー(い)の大きさを表すものを以下の選択肢からそれぞれ1つ選び、選択肢の番号を解答欄に記せ。

(1) a, (2) b, (3) c, (4) a + b, (5) b + c, (6) a + b + c

問 2. 過酸化水素は、反応条件によって酸化剤としても還元剤としてもはたらく。以下の2つの反応のうち、過酸化水素が酸化剤としてはたらいっているものを1つ選び、その化学反応式を記せ。

反応1：硫酸酸性にした過マンガン酸カリウム水溶液に過酸化水素水を加えて起こる反応

反応2：硫酸酸性にしたヨウ化カリウム水溶液に過酸化水素水を加えて起こる反応

問 3. 下線部①の実験を行うための装置を作図せよ。反応開始前のふたまた試験管中に過酸化水素水と酸化マンガン(IV)の粉末を入れた場所をそれぞれ記し、ふたまた試験管の壁面にあるくびれの位置も記せ。ただし、器具を支えるための支持台やクランプ等の図示は省略して構わない。

問 4. 下線部②に関して、1分経過後までに発生した酸素の体積(mL)を標準状態 ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, 273 K) に換算して求めよ。ただし、酸化マンガン(IV)の添加や過酸化水素の分解によっても、反応液の体積は 5.0 mL で変わらないものとする。また、0～1分までの間の $[\text{H}_2\text{O}_2]$ は、 $t = 0$ (分) と $t = 1$ (分) での $[\text{H}_2\text{O}_2]$ の平均値で近似できるものとする。

問 5. 下線部②に関して、 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ が初濃度の半分になるのに要する時間である半減期(分)を求めよ。

問 6. 下線部②の速度定数の測定を反応温度を変えて行い、図2に示すような結果を得た。図2において、各測定点は直線上にあるものと判断された。この過酸化水素の分解反応の活性化エネルギー(kJ/mol)を求めよ。

問 7. 下線部①に関して、酸化マンガン(IV)を用いずに同様の実験を行ったところ、1時間経過しても酸素の発生はほとんど見られなかった。酸化マンガン(IV)なしで過酸化水素の分解反応が進行しなかった理由を、図1に示すエネルギー状態に言及しつつ簡潔に記せ。

問 8. 下線部①の実験において、酸化マンガン(IV)の代わりにカタラーゼという酵素を用いたところ、ヒトの体温付近の反応温度では酸素の発生が見られたが、大幅に反応温度を高くすると酸素の生成速度が大きく低下した。この理由を簡潔に説明せよ。

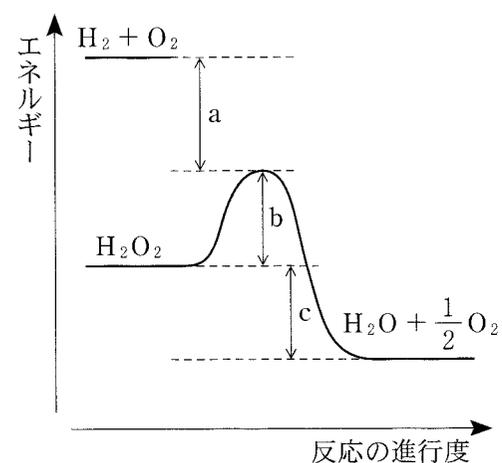


図1 過酸化水素の分解反応におけるエネルギー変化。単体の H_2 と O_2 の混合物の状態もあわせて示す

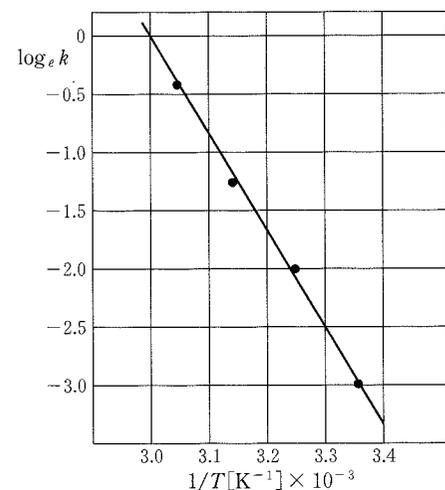


図2 絶対温度の逆数(横軸)と速度定数の自然対数(縦軸)との関係を表すグラフ

化学問題 2

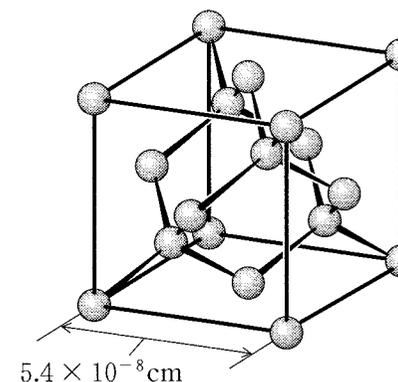
次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

周期表の14族に属する元素のケイ素は地殻に酸化物として多量に存在する。ケイ素の単体は暗灰色の金属光沢をもち、ア(語句)結合結晶はダイヤモンドと同様の立方格子(図)であることが知られる。高純度のケイ素はわずかに電気伝導性があるイ(語句)としての性質をもち、電子部品の材料に用いられる。イ(語句)にはあ(元素名)を少量加え、電子を1個余らせることにより伝導性を大きくしたn型イ(語句)と、い(元素名)を少量加え、電子を1個不足させることにより伝導性を大きくしたp型イ(語句)とがある。ケイ素の酸化物は天然には石英として産出し、六角柱状の結晶構造から成るものを特に水晶と呼んでいる。高純度の二酸化ケイ素を融解して繊維化し、光通信に利用されるものはウ(語句)とよばれる。

石英(主成分 SiO_2)の粉末を炭酸ナトリウムと混合して強熱し、融解するとエ(物質名)が生成する。エ(物質名)の水溶液を長時間加熱すると、水ガラスとよばれるう(語句)の大きな液体が得られる。水ガラスの水溶液に塩酸を加えると、半透明ゲル状のケイ酸が沈殿してくる。ケイ酸をよく水洗いしたのち加熱乾燥するとシリカゲルが得られる。シリカゲルは水蒸気をよく吸着するので乾燥剤に使われる。

ケイ素の単体を工業的に生成する場合にケイ砂(主成分 SiO_2)とコークス(主成分 C)とを反応させ、一酸化炭素を発生させる。ケイ砂とコークスとを反応させる場合、コークスの含有量の違いによって異なった化学反応が起こり、コークス量が多いとオ(物質名)が生成される。また、ケイ砂と還元剤としてマグネシウム粉とを反応させ、ケイ素の単体と酸化マグネシウムとを生成させる方法もある。ケイ砂は化学的に安定であるが、フッ化水素やフッ化水素酸と反応する。

図



問1. 文章中の括弧内の指示に従って ア ~ オ に最も適切な語句などを記入せよ。さらに、あ、い の元素名、う の語句については以下の選択肢から1つを選び、その番号を記せ。

- ① ホウ素, ② 炭素, ③ 窒素, ④ 酸素, ⑤ フッ素, ⑥ ナトリウム, ⑦ 硫黄, ⑧ 塩素, ⑨ カリウム, ⑩ ヒ素, ⑪ 潮解性, ⑫ 展性・延性, ⑬ 粘性, ⑭ 昇華性, ⑮ 弾性, ⑯ 感光性

問2. 下線部(a)について、ケイ素単体の結晶の単位格子の一辺の長さは0.54 nmである。ケイ素単体の結晶の原子間の結合距離(x)nmを求めよ。また、ケイ素単体の結晶の密度(y)g/cm³を求めよ。ただし、アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, 原子量 $\text{Si} = 28$, $\sqrt{2} = 1.4$, $\sqrt{3} = 1.7$ とし、有効数字は2桁とする。

問3. 下線部(b), (c)の変化をそれぞれ化学反応式で記せ。

問4. 下線部(d)についてその理由を40字以内で説明せよ。

問5. 下線部(e)のコークス量が少ない場合(A)と多い場合(B)について、それぞれの化学反応式を記せ。

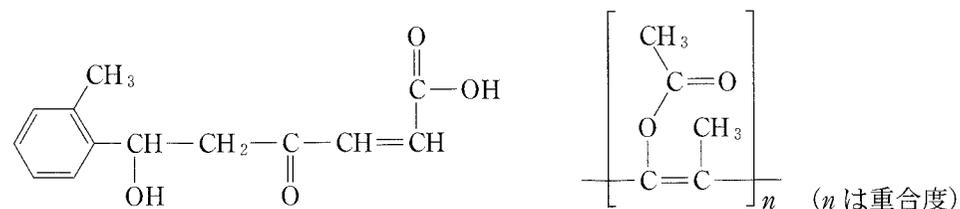
問 6. 下線部(f)を化学反応式で記せ。

問 7. 下線部(g)の SiO_2 とフッ化水素が反応して四フッ化ケイ素(SiF_4)が生成される場合(C)と、 SiO_2 とフッ化水素酸が反応してヘキサフルオロケイ酸(H_2SiF_6)が生成される場合(D)について、それぞれの化学反応式を記せ。

化学問題 3

次の[I]および[II]の文章を読み、問1～問7に答えよ。必要であれば、次の値を用いよ。構造式は記入例に従って記せ。原子量はH = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Cl = 35.5, Br = 80.0, I = 127とする。

[構造式の記入例]



[I] 化合物 A, B, C は、炭素と水素からなる同じ分子式 $C_mH_{2(m-1)}$ (m は 2 以上の整数) で表される有機化合物である。また、化合物 A, C はいずれも不斉炭素原子をもたないが、化合物 B は不斉炭素原子を 1 個もつ。これらの化合物について次の実験 1～5 を行った。

実験 1 化合物 A に硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を作用させた後、ヒドロキシ基を塩素置換して得られた化合物を、ヘキサメチレンジアミンと水酸化ナトリウム水溶液中で縮合重合させると、6,6-ナイロンが得られた。

実験 2 化合物 B に希硫酸中で触媒を用いて水を 1 分子付加した化合物 D は、分子式が $C_6H_{12}O$ であり、構造異性体である化合物 E に直ちに变化した。また、化合物 E は、ヨードホルム反応を呈し、フェーリング液を還元しなかった。

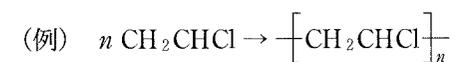
実験 3 メチル基を 2 個もつ化合物 C に白金触媒を用いて水素を 2 分子付加させると、メチル基を 4 個もつアルカンが得られた。また、化合物 C は付加重合反応により二重結合を主鎖に含む高分子化合物 F に变化した。

実験 4 化合物 A, B, C の混合物 123.0 g に十分な量の臭素分子を反応させたところ、その重量は 443.0 g になった。

実験 5 実験 4 と同じ化合物 A, B, C の混合物 123.0 g から化合物 B のみを抽出し、実験 2 の手順ですべて化合物 E に変えた。次に、この化合物 E を完全にヨードホルム反応させたところ、118.2 g のヨードホルムが得られた。

問 1. 化合物 A, B, C の構造式をそれぞれ記せ。

問 2. 実験 1 の下線部(a)で 6,6-ナイロンを生成する反応式を、例にならって n を用いて記せ。また、水酸化ナトリウム水溶液中で反応させた理由を 18 字以内で説明せよ。



問 3. 化合物 D, E の構造式をそれぞれ記せ。

問 4. 実験 3 で生成した高分子化合物 F の構造式を記せ。また、高分子化合物 F の構造に由来する特徴的な物性を 36 字以内で説明せよ。

問 5. 実験 4 および実験 5 より、化合物 A, B, C の物質量のモル百分率 (%) をそれぞれ求め、有効数字 3 桁で記せ。

[II] 分子式 $C_{24}H_{38}O_4$ で表される 1 mol の化合物 G のエステル結合を完全に加水分解したところ、1 mol の芳香族化合物 H と 2 mol の 2-エチル-1-ヘキサノールが得られた。芳香族化合物 H は、分子式 C_8H_{10} で表される化合物を硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液中で完全に酸化することによって得られ、加熱により分子内脱水して化合物 I を生成する。

問 6. 化合物 G の構造式を記せ。

問 7. 化合物 H, I の構造式をそれぞれ記せ。

化学問題 4

次の文を読み、問1～問8に答えよ。必要であれば次の数値を使用せよ。原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, N = 14.0, Na = 23.0, K = 39.0, I = 127, 気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

タンパク質はポリペプチド構造をもち、生物の細胞組織の主要成分である。タンパク質水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にしたのち、薄い硫酸銅(Ⅱ)水溶液を少量加えると赤紫色を呈する。これを **あ(語句)** 反応という。タンパク質水溶液に濃硝酸を加えて熱すると黄色になり、冷却後にアンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になる。これを **い(語句)** 反応という。タンパク質水溶液に水酸化ナトリウムを加えて加熱し、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると **う(化学式)** の黒色沈殿が生じる。

グリセリンと高級脂肪酸とのエステルを油脂(トリアシルグリセリド)という。油脂は動物や植物から得られ、エネルギー貯蔵物質として重要である。油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱するとセッケンとグリセリンが生じる。酸性酸化物と水との反応で生じる硝酸や硫酸などのように、分子中に酸素原子を含む酸を **え(語句)** という。 **え(語句)** とアルコールとの縮合で生じる化合物もエステルである。グリセリンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を反応させると、硝酸エステルであるニトログリセリンができる。^{a)}

グルコースのように、それ以上加水分解されない糖類を単糖類という。血液中のグルコースは、動物のエネルギー源になる。一方、加水分解によって単糖類2分子を生じる糖類を二糖類、多数の単糖類の重合体を多糖類という。二糖類にはマルトースがある。デンプンはヒトの消化液に含まれる消化酵素 **お(語句)** により加水分解されてマルトースを生じる。^{b)} また、マルトースは、ヒトの腸液に含まれる酵素マルターゼまたは希硫酸によって加水分解されグルコースを生じる。多糖類にはデンプン、グリコーゲンやセルロースがある。デンプンはヒトの体内でエネルギー源になるが、セルロースはヒトの体内でエネルギー源にならない。^{c)}

問 1. **あ** ～ **お** に括弧内の指示に従いそれぞれ最も適切な語句等を記せ。

問 2. あるタンパク性食品に含まれるタンパク質を分離して、その180 mg を水に溶かして全量を10 mLとした。この水溶液の浸透圧を27℃で測定したところ $5.3 \times 10^2 \text{ Pa}$ であった。このタンパク性食品に含まれるタンパク質の平均分子量を求めよ。ただし、答えは四捨五入により有効数字2桁とし、 2.1×10^3 のように記せ。

問 3. セッケンを使うと油よごれを落とすことができる仕組みについて簡潔に説明せよ。ただし、「疎水」と「分散」の両方の言葉を説明文に使うこと。

問 4. 下線部 a) の化学反応式を書け。

問 5. 次のア～エの化合物のなかで、硝酸エステルを全て選び、ア～エで答えよ。

ア：ニトロベンゼン

イ：ニトロトルエン

ウ：2,4,6-トリニトロフェノール(ピクリン酸)

エ：トリニトロセルロース

問 6. グリセリン1分子と高級脂肪酸3分子からなる油脂Aのけん化価は191であった。また、油脂Aのヨウ素価は174であった。油脂Aの1分子に含まれる炭素原子間の二重結合はいくつあるか整数値で記せ。ただし、油脂Aは三重結合を含まないものとする。

問 7. 下線部 b) について、32.4 g のデンプンを加水分解することで何 g のマルトースが得られるか。有効数字3桁で答えよ。ただし、デンプン全量がマルトースに完全に加水分解されたとする。

問 8. 下線部 c) の理由を40字以内で説明せよ。

生 物

生物問題 1

次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

脊椎動物の発生過程においては、細胞数が増加しながら、異なる形や役割を持つ細胞が生じ、複雑な組織や器官が形成されていく。発生の初期では、受精卵が(①)と呼ばれるタイプの細胞分裂を繰り返して細胞のサイズを縮小しながら、急速に細胞の数を増やしていく。その後、胚の外側の細胞が内部に移動し、細胞の再配置が生じる。(②)と呼ばれるこの過程で、外胚葉・中胚葉・内胚葉が形成され、各胚葉からいろいろな組織・器官が^Bつくられる。発生過程で不要になった細胞は、細胞死によって除去される。決まった時期に決まった場所で起こる細胞死をプログラム細胞死という。(②)が終わる頃になると、胚の背側に神経管が形成される。神経管の前部がふくらんで脳になり、後半部は細長く伸びて(③)になる。脳や(③)には、ネットワークを形成しシナプスを介して情報を伝える神経細胞(ニューロン)と、ニューロンのはたらきを助け栄養分の補給などをする様々な(④)細胞が存在する。

問1 文中の空欄(①)～(④)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部Aに関して、発生過程における細胞の分裂や形態維持・変化において、細胞骨格が重要なはたらきをしている。

- (1) おもな細胞骨格の名称を3つ書きなさい。
- (2) 以下の現象a～eが最も深く関与している細胞骨格はどれか。(1)で記載した細胞骨格の名称の下の空欄に、記号を記入しなさい。ただしa～eの全てを、細胞骨格のどれか1つに対応させること。

現象：a 核形態の維持, b 繊毛運動, c 細胞小器官の輸送,
 d 細胞分裂のときの染色体の移動, e 細胞質分裂

問3 下線部Bに関して、以下の組織a～hを、外胚葉・中胚葉・内胚葉に分類し、記号を記入しなさい。

組織：a 脳, b すい臓, c 平滑筋, d 心臓,
 e 肺, f 腎臓, g つめ, h 毛

問4 下線部Cに関して、指の形成におけるプログラム細胞死について、ヒトとアヒルにおける違いにも言及し、100字程度で説明しなさい。

問5 下線部Dに関して、以下の問いに答えなさい。

- (1) 神経管を形成する時期の胚を神経胚と呼ぶ。神経胚の背側における形態形成の過程を以下の用語を全て使って、100字程度で説明しなさい。ただし、同じ用語を複数回使用しても構わない。

神経板, 脊索, 神経溝

- (2) 神経管の形成において、カルシウムイオンの存在下ではたらく細胞接着分子が関わっていることが知られている。この細胞接着分子にはいくつかのタイプがあり、複数のタイプが作用することで神経管形成が促進される。この過程について、細胞接着分子の名称に言及しながら150字程度で説明しなさい。

問6 下線部Eに関して、以下の問いに答えなさい。

- (1) 有髄神経繊維をもつ神経細胞の形態を描きなさい。ただし、図の中に以下の構造a～eを全て表現し、記号で示すこと。

構造：a 核, b 軸索, c 樹状突起,
 d 髄鞘, e ランビエ絞輪

- (2) 無脊椎動物の神経は無髄神経であるのに対して、脊椎動物の神経は大部分が有髄神経である。有髄神経と無髄神経の構造・機能の違いを説明するとともに、脊椎動物が有髄神経を持つことの利点として考えられることを150字程度で書きなさい。

生物問題 2

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

日本人の死因の第1位は悪性新生物(がん)であるが、約4人に1人は心臓あるいは脳血管の病気で亡くなっており、心臓の病気の大半は心臓そのものではなく心臓の血管の異常による。では血管の異常とはどのようなものであろうか？

心臓から送り出された血液は、動脈—(①)—静脈の順に全身をめぐる、心臓に戻る。いずれの血管においても、血液に接する血管の内側は一層の内皮細胞からなり、動脈と静脈ではその外側を筋肉(平滑筋)の層がおおっている。内皮細胞は、血管の正常なはたらきを保つうえで重要な役割を果たしており、血管の異常は内皮細胞の異常から始まる。

内皮細胞は、血液凝固に関与する血球である(②)が内皮細胞自体に接着するのを防いでいる。また内皮細胞は、血液凝固反応の最終段階の酵素である(③)の活性を抑制し、血べいの繊維成分である(④)を分解する酵素を活性化している。こうした内皮細胞のはたらきにより、からだの中の血管を流れている血液は凝固しない。しかし血圧の高い状態、糖尿病、血液中のコレステロールが高い状態などが続くと内皮細胞が障害され、その部位では、血液凝固が起こりやすくなる。

血管の異常には、免疫に関与する血球である白血球も関係している。内皮細胞が障害されると、一部の白血球が内皮細胞の外側に侵入して、食作用をもつ細胞である(⑤)に変化する。(⑤)はコレステロールを取り込み、さらにサイトカインを放出して白血球を呼び寄せる。こうして内皮細胞の外側に(⑤)やコレステロールがたまり、血液の通り道が狭くなる。こうした血管では、さきに述べたように血液凝固も起こりやすくなっているため、血べいにより狭くなった血管がつまると心筋梗塞や脳梗塞が起こる。

内皮細胞には、血管の平滑筋の収縮力を調節して、全身の各組織の活動に応じて適切な量の血液を配分する役割もある。例えば運動中には、骨格筋や心臓の血管が拡張して、これらの臓器への血流は著しく増加する。

問1 空欄(①)～(⑤)にあてはまる適切な用語を入れよ。

問2 下線部について、図1のような実験装置を使って、動脈平滑筋の収縮力調節における内皮細胞のはたらきを調べた。

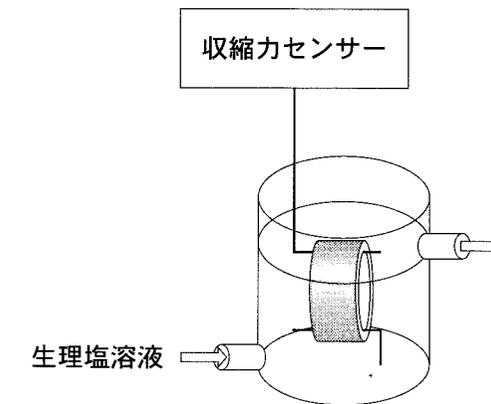


図1

ラットから取り出した動脈(外径約200 μ m)からリング状の標本を作成し、図1の下側のフックで標本を固定、上側のフックを収縮力センサーに接続して動脈平滑筋の収縮力の変化を記録した。標本を設置した実験槽には、36 $^{\circ}$ Cに加温して酸素を吹き込んだ生理塩溶液が左下の流入口から流れ込み、右上の排出口から流出しているため、持続的に実験槽内の溶液が入れ替わっている。

図2および図3は、生理塩溶液を、図中に示した濃度の薬物を含む流入溶液に順次変えることにより起こった収縮力の変化を示している。

図2の実験では、内皮細胞を傷つけないように慎重に2つのフックを動脈リング標本に通した。一方、図3の実験では、意図的に動脈リング標本の内腔をガラス棒でこすり、内皮細胞を破壊した。

図2と図3の実験結果を比較して、結果の違いを2つ、解答欄(1)および(2)に書きなさい。またそれぞれの結果の違いから考えられる、血管平滑筋の収縮力調節における内皮細胞のはたらきについて解答欄に書きなさい。

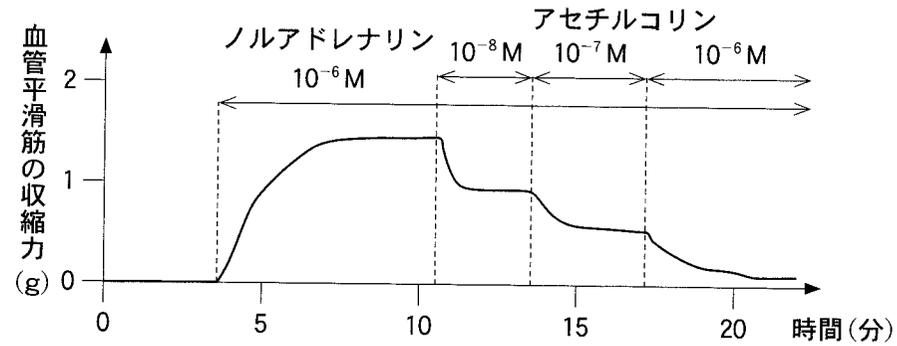


図2

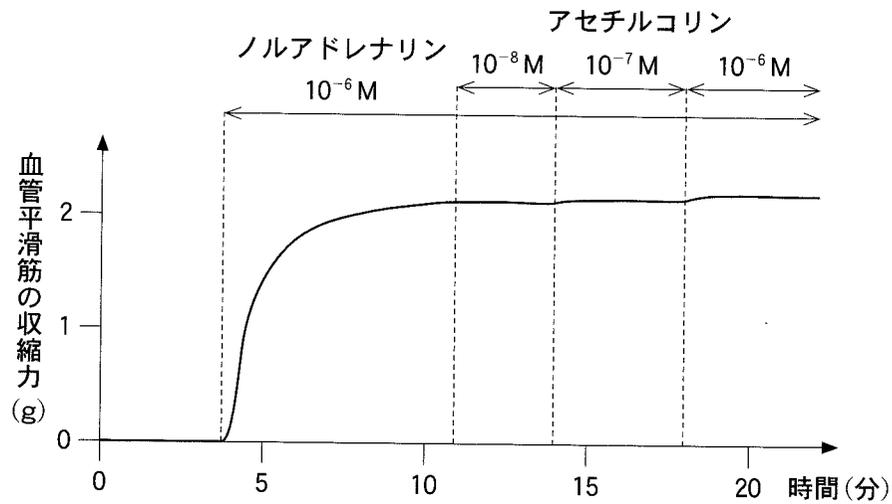


図3

問3 次に図4のような実験装置を使って、局所で起こった血管平滑筋の収縮力変化が動脈の壁を伝わるしくみを調べた。

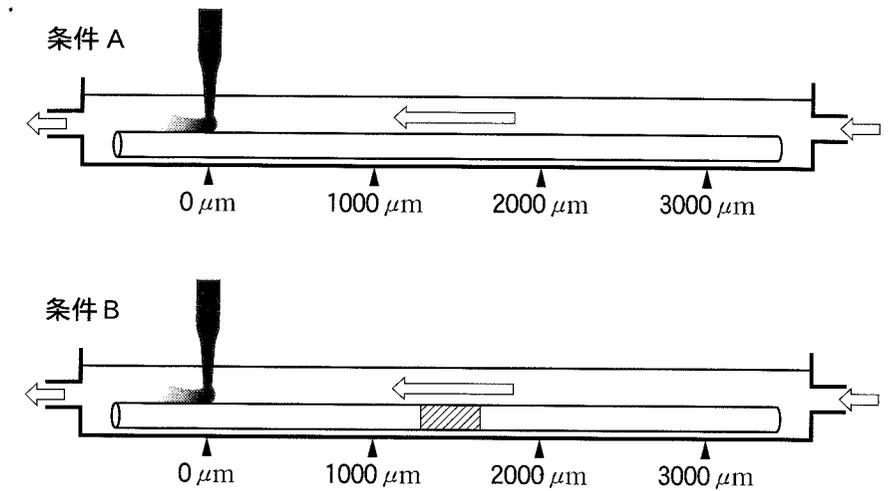


図4

血管は、矢印(⇐)で示された一方向に流れる溶液中に設置されている。そのため、マイクロピペットから放出された薬物は、図4に示したように上流には流れず、薬物放出部位(0 μm)およびその下流にのみ作用する。

図中の▲の下に示された数値(μm)は、薬物放出部位(0 μm)からの距離を示している。なおこの実験で使った細い動脈(外径約60 μm)は、一層の平滑筋のみにおおわれており、薬物は薬物放出部位(0 μm)において平滑筋だけではなく内皮細胞にも作用する。

(1) 図4の条件Aでマイクロピペットからノルアドレナリン(10^{-6} M)を放出したところ、4つの部位での血管外径は図5の結果Aのように変化した。この結果からわかることを述べなさい。なお矢印は薬物放出部位($0\ \mu\text{m}$)でのノルアドレナリン放出のタイミングを示している。

(2) 次に、 $1000\ \mu\text{m}$ と $2000\ \mu\text{m}$ の間の部位(図4の斜線部)で内皮細胞を破壊して(図4の条件B)同じ実験を行ったところ、図5の結果Bが得られた。図5の結果Aと結果Bを比較して、結果Aで観察された現象のしくみについて述べなさい。

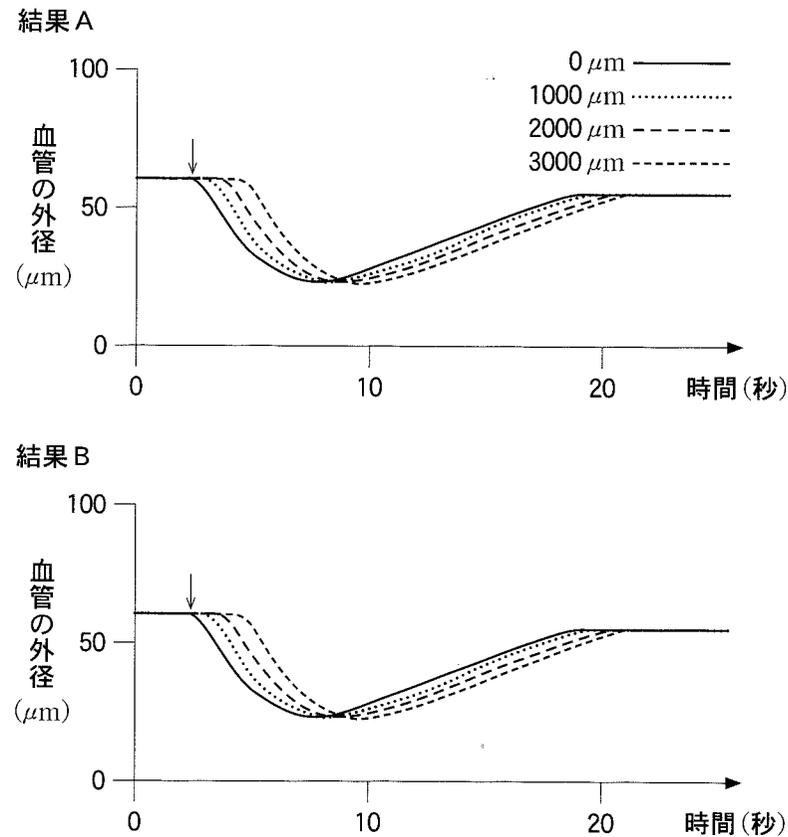


図5

問4 (1) 次に図4の条件Aでマイクロピペットからアセチルコリン(10^{-6} M)を放出したところ、4つの部位での血管外径は図6の結果Cのように変化した。図5の結果Aと比較して、この結果からわかることを述べなさい。なお矢印は薬物放出部位($0\ \mu\text{m}$)でのアセチルコリン放出のタイミングを示している。

(2) 次に、図4の条件Bで同じ実験を行ったところ、図6の結果Dが得られた。図6の結果Cと結果Dを比較して、結果Cで得られた現象のしくみについて述べなさい。

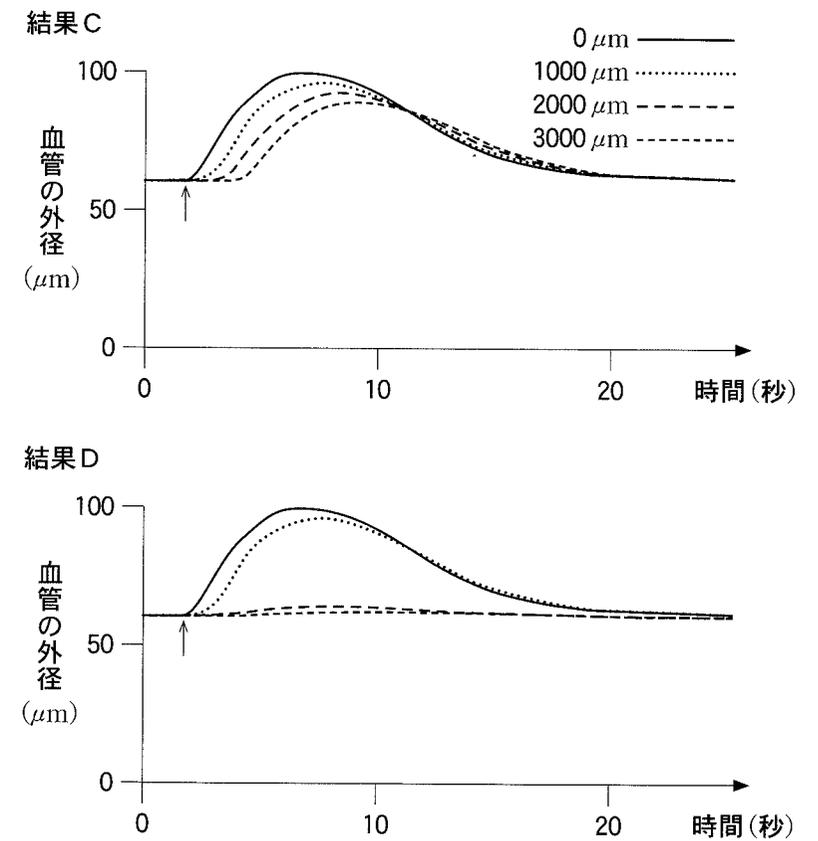


図6

問5 問2から問4での実験結果をふまえて、問題文中の下線部に関して、内皮細胞が障害されるとどのような不利益が生じると考えられるか述べなさい。

生物問題 3

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

真核生物は、呼吸により有機物を分解してATPを合成し、生命活動に利用している。グルコースを分解してATPを得る系は大きく分けて3つの過程があり、それぞれ順に、(①)で行われる解糖系、ミトコンドリアの(②)で行われるクエン酸回路、ミトコンドリアの(③)で行われる電子伝達系の反応系に大別される。1分子のグルコースは解糖系でピルビン酸までに代謝されるが、この過程で最終的に2分子のATPが得られる。続いて2分子のピルビン酸はクエン酸回路に入り、還元力(NADH, FADH₂)を生じるとともに2分子のATPが得られる。電子伝達系ではこの還元力を利用して、1分子のグルコースから最大34分子のATPが得られる。

また、呼吸の過程ではいくつかの酵素が化学反応を調節する。解糖系の全体の速度は、グルコースからグルコース6-リン酸を生じる過程に大きく影響されているが、これを触媒する酵素としてヘキソキナーゼとグルコキナーゼが知られている。

一般に、酵素は特定の物質(基質)にしか作用しない性質があり、この性質を基質特異性という。これは、酵素にはそれぞれ特有の立体構造をもつ活性部位があり、ここにその構造に適合した物質(基質)だけが結合して反応が起こるためである。しかし、ある種の酵素は、活性部位以外に、反応生成物が結合する部位をもつ。このような酵素をアロステリック酵素という。例えば、哺乳類で解糖系の制御において重要な役割を果たしているホスホフルクトキナーゼはアロステリック酵素である。この酵素は解糖系の最終生成物であるATPにより制御される。細胞内に十分量のATPが存在すると、この酵素の反応速度が低下する。

また、酵素の活性部位には、基質だけではなく、補酵素とよばれる低分子の物質が結合する場合がある。酵素と結合する低分子の物質には、阻害物質とよばれるものもある。酵素と可逆的に結合する阻害物質は、どのように酵素反応を阻害するかによって区別される。阻害物質の中には、酵素と不可逆的に結合して反応を阻害するものもある。

問1 空欄(①)～(③)の反応は、細胞内のどの部分で行われるかを答えよ。

問2 酵素反応速度は、基質濃度の影響を大きく受ける。図1は基質濃度と酵素反応速度の関係を点線で示したものである。次の問いに答えよ。

- 1) 酵素濃度が一定のとき、基質がある濃度まで達するまでは、酵素反応速度は基質濃度に比例して大きくなる。しかし、基質濃度が高くなるにつれてしだいに一定値に近づいていく。その理由を70字程度で答えよ。
- 2) 図1と同様の実験を酵素の濃度を半分にして行ったときの基質濃度と反応速度の関係を図1のグラフ中に実線で示せ。

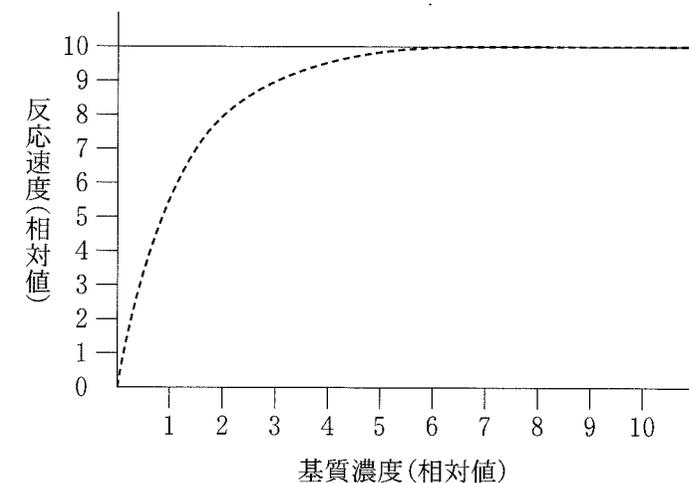


図1

問 3 下線部(A)について、図 2 はグルコース濃度と一定量のヘキソキナーゼおよびグルコキナーゼの反応速度の関係を示している。ヒトの場合、血中グルコース濃度は 4.5~5.5 mmol/L の範囲で維持されており、食後には 6.5~7.2 mmol/L に上昇し、空腹時には 3.3~3.9 mmol/L に低下する。次の問いに答えよ。

- 1) ヘキソキナーゼとグルコキナーゼのうち、基質との親和性が高いのはいずれの酵素か、答えよ。
- 2) ヒトの場合、ヘキソキナーゼはすべての細胞に存在するが、グルコキナーゼは肝臓などで特異的に存在する。グルコース濃度に対する両酵素の反応速度から考えると、肝臓におけるグルコキナーゼの存在にはどのような利点があるか、120 字程度で答えよ。

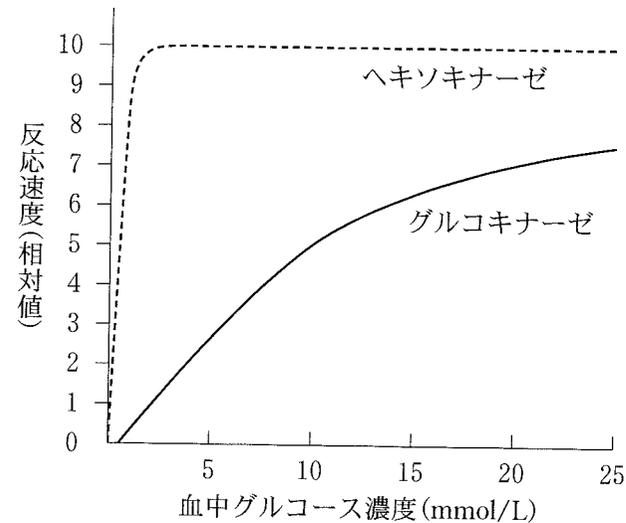
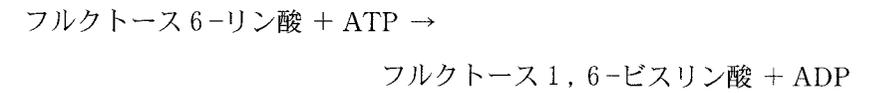


図 2

問 4 下線部(B)について、ホスホフルクトキナーゼは解糖系ではたらく酵素の 1 つでフルクトース 6-リン酸と ATP が基質であり、以下の反応を触媒する。



また、この酵素によって呼吸の反応が進めば、ADP から ATP が産生されるので、ATP の濃度が上がる。解糖系においてこのような酵素が関与する利点について 100 字程度で答えよ。

問 5 下線部(C)について、酵素と可逆的に結合する阻害物質には競争的阻害剤および非競争的阻害剤がある。図 3 は阻害剤がないときの基質濃度と酵素反応速度の関係を点線で示したものである。次の問いに答えよ。

- 1) 競争的阻害剤と非競争的阻害剤があるときの基質濃度と反応速度の関係を図 3 のグラフ中にそれぞれ示せ。
- 2) 競争的阻害剤と非競争的阻害剤による酵素の阻害作用のしくみと酵素反応速度への影響について 100 字程度で答えよ。

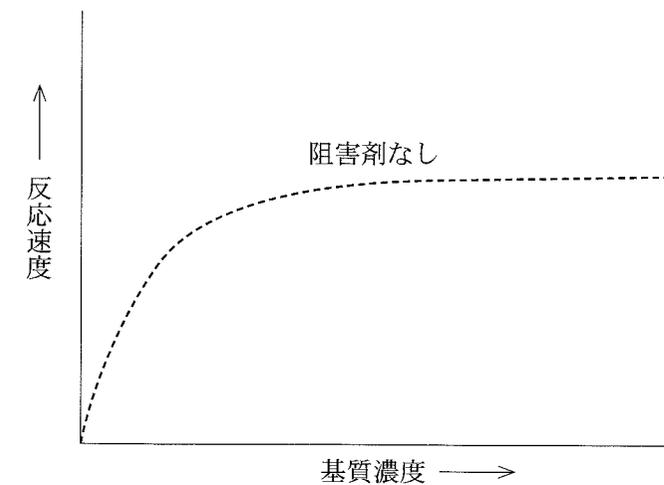


図 3

生物問題 4

次の文章を読み、問 1～問 10 に答えよ。

メンデルの独立の法則は、別々の染色体にある遺伝子が(ア)分裂の際に独立に振る舞うという事実に基づいている。したがって、2つの遺伝子が同じ染色体にあると独立に分配されないことになる。しかし、独立の法則は決して完全ではなく、相同染色体上で遺伝子を交換するしくみがあるに違いないと考えられた。その仮説に基づき、モーガンらは、同一の染色体上で近接している遺伝子は、離れたものよりも行動を共にしやすいと推論し、染色体上の遺伝子の相対位置を決めた。

その実験において、モーガンらは実験材料に赤眼のキイロショウジョウバエ(図 1)を選んだ。彼らが最初に見つけた変異体は、白眼のオス(図 2)であった。白眼を示す変異体の原因となる遺伝子は *white* という名前が付けられた。野生型である赤眼の(イ)遺伝子は w^+ と略記され、それに対する白眼の遺伝子は w とされた。

モーガンらが白眼のオスと赤眼のメスを交配すると、その雑種第一代のハエはすべて赤眼であった。次に、その雑種第一代の赤眼のオスと赤眼のメスを交配したところ、雑種第二代ではメンデルの法則から予想された比の赤眼と白眼の個体が得られた。しかし、赤眼の個体のうちオスとメスの比は 2 : 1 で、白眼の個体は全てオスであった。

さらに、得られた雑種第二代の赤眼のメスと白眼のオスを交配すると、白眼のメスが生まれた。モーガンらは、この白眼のメスと野生型の赤眼のオスを交配してみた。

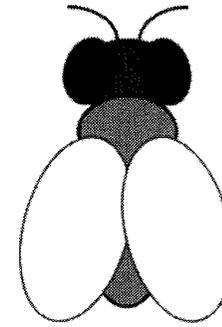


図 1 : 野生型のメス(赤眼)

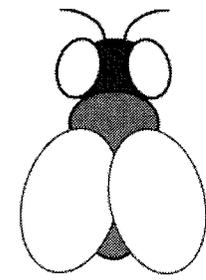


図 2 : 白眼変異体のオス

- 問 1 文中の空欄ア、イにあてはまる最も適切な語句を答えよ。
- 問 2 下線部(a)のような遺伝子の状態を何と呼ぶか、適切な語句で答えよ。
- 問 3 下線部(b)のしくみを何と呼ぶか、適切な語句で答えよ。
- 問 4 下線部(c)によって作成されたものは何か、適切な語句で答えよ。
- 問 5 下線部(d)について、実験材料としてのキイロショウジョウバエの利点を、3つ簡潔に答えよ。
- 問 6 下線部(e)の実験結果から結論されることを簡潔に答えよ。
- 問 7 下線部(f)について、予想された赤眼：白眼の比を答えよ。
- 問 8 下線部(g)の実験結果から結論されることを簡潔に答えよ。

問 9 下線部(h)について、以下の問いに答えよ。

- 1) この実験で得られる子の結果について、理論上考えられる性別ごとの形質(赤眼、白眼)の割合を答えよ。
- 2) この実験で得られた子のオスとメスを交配させた場合に得られる孫の結果について、理論上考えられる性別ごとの形質(赤眼、白眼)の割合を答えよ。

問10 マラーは、X線を用いて人為的に突然変異体を作成することにより、多くのハエの変異体を単離した。その中に、図3のように赤と白がまだらになる複眼をもつ奇妙な変異体Aがあった。赤い眼の細胞があるため、*white* 遺伝子自体は正常であると考えられた。しかし、同じ遺伝情報を持つにも関わらず眼の細胞によって表現型が異なった。これはX線によって *white* 遺伝子の染色体上の位置が変わってしまい、この位置にある *white* 遺伝子をはたらく細胞とはたらかない細胞が生じることにより、赤白まだら眼になったのである。

遺伝学の研究では、変異体の表現型を抑えるような抑圧変異体を単離することによって変異の原因を探索することがある。そこで、変異体Aの赤白まだら眼の表現型が、野生型に近づく抑圧変異体B(図4)を単離した。抑圧変異体Bにおいても *white* 遺伝子自体は正常で、変異体Aと同じ染色体上の位置のままであった。さらに詳しく調べてみると、抑圧変異体Bは *b* 遺伝子が欠損していることがわかった。正常な *b* 遺伝子から作られるタンパク質のはたらきについて、どのようなことが考えられるか、50字程度で答えよ。

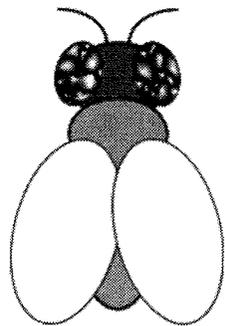


図3：まだら眼変異体A

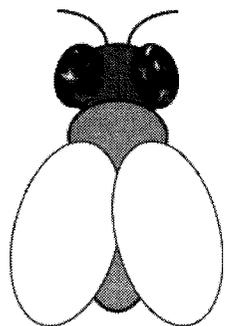


図4：まだら眼の抑圧変異体B

問題訂正

科目名：理科(前)

<訂正> 生物問題 3 問 1 上から1行目 (30ページ)

(誤) 空欄(①)～(③)の反応は、細胞内のどの部分で行われるかを答えよ。

(正) 空欄(①)～(③)にあてはまる細胞内の場所を答えよ。

解答用紙訂正

科目名 : 理科(前)

理科(前) 生物解答用紙 (4 / 4)

生物問題 4

問 5

(誤) 理由 1
理由 2
理由 3

(正) 利点 1
利点 2
利点 3