

令和6年度入学試験問題

理 科

(前期日程)

医 学 部
工 学 部
農 学 部

科 目	ページ	解答用紙枚数	選択方法
物 理	1～12	3	左の科目のうちから、受験票に記載している科目の問題を選択し、解答しなさい。(医学部志望者は、2科目を選択し、解答しなさい。)
化 学	13～21	4	
生 物	22～34	4	

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子は34ページあります。
3. すべての解答用紙の受験番号欄に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。
4. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入しなさい。
5. 物理には、下書き用紙が1枚あります。
6. 試験中に問題冊子および解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁および汚損等がある場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
7. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰りなさい。

見
本

表 面

令和6年度個別学力検査
問 題 訂 正

前期日程

物 理

注 意 事 項

1. 試験開始まで、この問題訂正紙の裏面を見てはいけません。
2. 「解答はじめ」の指示の後に裏返しなさい。
3. 試験終了後、この問題訂正紙は持ち帰りなさい。

教科・科目名

物 理

次のとおり問題を訂正してください。

〔前期日程〕

問題訂正

4 ページ 大問 1 の 問 3 の設問 (2)

(誤) (2) 小物体Pが台Aから飛び出す瞬間までに失った力学的エネルギーを求めよ。

(正) (2) 小物体Pが台Aから飛び出す瞬間までに小物体Pの失った力学的エネルギーを求めよ。

11 ページ 大問 3 の 文章C の 1 行目

(誤) C 図3-3のように、空気中で2枚の平坦な・・・

(正) C 図3-3のように、空気中で2枚の透明で平坦な・・・

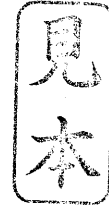


表 面

令和 6 年度個別学力検査 問 題 訂 正

前期日程 化 学

注 意 事 項

1. 試験開始まで、この問題訂正紙の裏面を見てはいけません。
2. 「解答はじめ」の指示の後に裏返しなさい。
3. 試験終了後、この問題訂正紙は持ち帰りなさい。

教科・科目名

化 学

次のとおり問題を訂正してください。

〔前期日程〕

問題訂正

18ページ 大問 3 の 問 2 (3) の選択肢 (ア)

(誤) (ア) 実験 4 の操作を行うと黄色の沈殿物を生じる。

(正) (ア) 化合物 C の代わりにアセトンに実験 4 の操作を行うと黄色の沈殿物を生じる。

令和 6 年度個別学力検査 問 題 訂 正

前期日程 生 物

注 意 事 項

1. 試験開始まで、この問題訂正紙の裏面を見てはいけません。
2. 「解答はじめ」の指示の後に裏返しなさい。
3. 試験終了後、この問題訂正紙は持ち帰りなさい。

教科・科目名

生 物

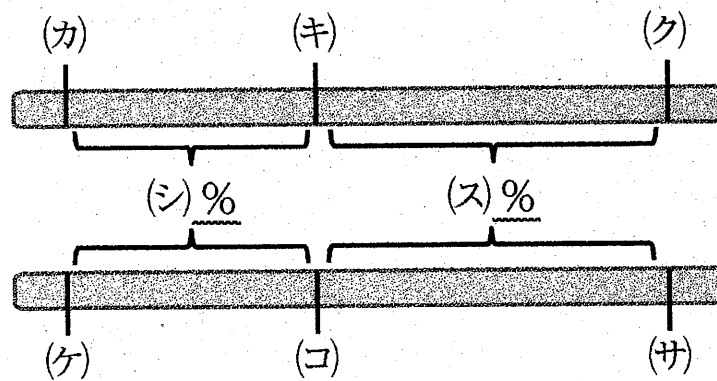
次のとおり問題を訂正してください。

〔前期日程〕

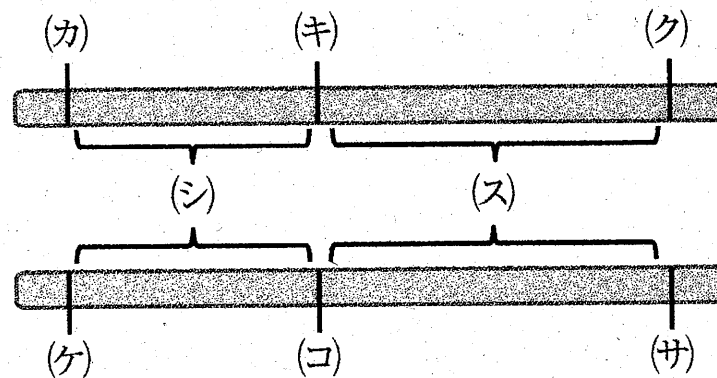
問題訂正

28ページの図中の % を削除

(誤)



(正)



物 理

1 以下の文章を読み，設問の答を解答欄に記入せよ。

図1-1に示すように，なめらかな斜面と段差のあるなめらかな水平面からなる床に，上面のみが^{あら}粗く水平な台 A が置かれている。台 A の長さは L [m]，質量は M [kg] である。台 A の高さ^{あら}と段差は等しく，台 A は台 A の左端と床の段差部にすき間がないように置かれている。斜面上には質量 m [kg] の小物体 P が置かれている。台 A の上面の動摩擦係数は μ' ，重力加速度の大きさは g [m/s²] とする。なお，空気抵抗は無視できるものとする。

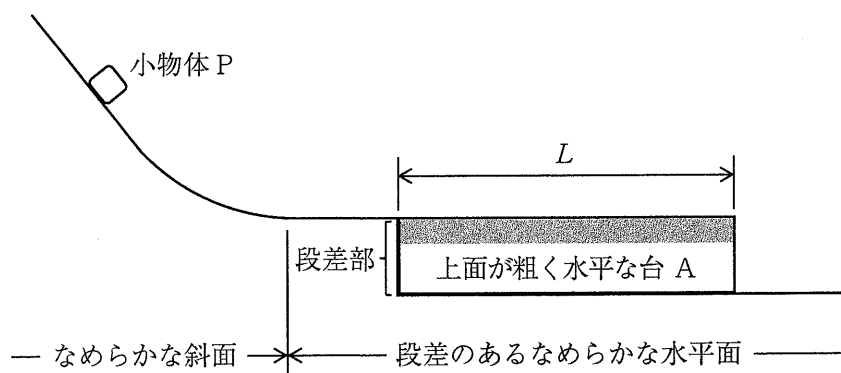


図1-1

問 1 図 1-2 に示すように、台 A は右端の固定具で動かないようになっている。

小物体 P を斜面上で台 A の上面から高さ h_0 [m] の位置で静かにはなすと、小物体 P は斜面をすべり出し、台 A の上面に到達した。

- (1) 小物体 P が台 A に乗る直前の速さを求めよ。
- (2) 小物体 P が台 A から落ちることなく台 A 上で静止する h_0 の条件を求めよ。

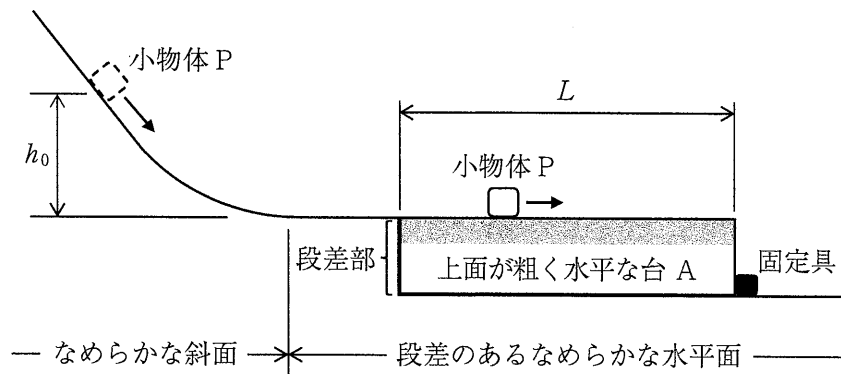


図 1-2

問2 図1-3に示すように、台Aの右端の固定具を取り除いた状態で、小物体Pを斜面上で問1と同じ高さ h_0 [m]の位置で静かにはなしたところ、小物体Pが台Aの上面に到達すると台Aも動きだした。小物体Pは台A上をすべり、小物体Pはやがて台Aに対して静止し、小物体Pと台Aは床に対して同じ速度となった。

解答にあたり、以下の設問の解答欄には答を導く計算過程も記述すること。

- (1) 小物体Pが台Aに対して静止したときの台Aの速さを求めよ。
- (2) 小物体Pが台Aに到達してから、台Aに対して静止するまでの時間を求めよ。
- (3) 小物体Pが台Aに到達してから台Aに対して静止するまでに、台A上ですべった距離を求めよ。

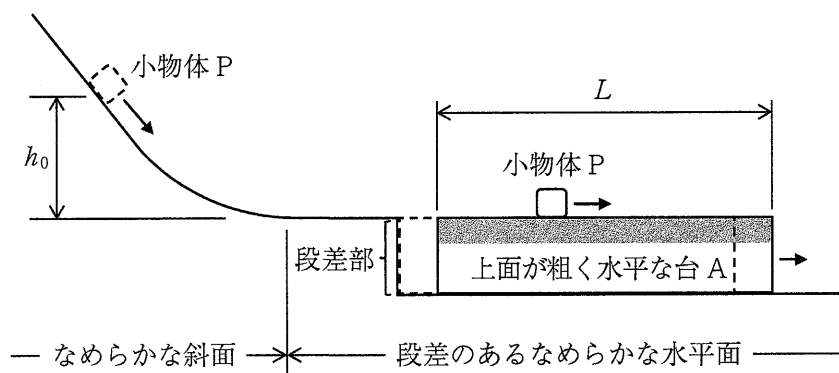


図1-3

問3 つぎに、図1－3の状態で、小物体Pを斜面上ではなす高さを変えたところ、台Aの上面に到達した小物体Pは台A上をすべり、台Aから飛び出した。なお、小物体Pが台Aから飛び出した瞬間の台Aの速さは V 〔m/s〕であった。

解答にあたり、以下の設問の解答欄には答を導く計算過程も記述すること。

- (1) 小物体Pが台Aから飛び出す瞬間までに台Aが動いた距離を求めよ。
- (2) 小物体Pが台Aから飛び出す瞬間までに失った力学的エネルギーを求めよ。
- (3) 小物体Pが斜面をすべり出し、床面に着地する直前までの一連の運動によって、小物体Pと台Aからなる物体系の失われた力学的エネルギーを求めよ。

2 次の文章 A, B を読み, 設問の答を解答欄に記入せよ。なお, 解答欄に指示がある場合は, 計算過程も記入すること。

A 図 2-1 のような回路を考える。図に描かれている V_1 は内部抵抗の無視できる電圧 360 V の直流電源, R_1 は $5.0 \times 10^4 \Omega$ の抵抗, R_2, R_3 はともに $1.0 \times 10^5 \Omega$ の抵抗である。 $C_1 \sim C_3$ はすべて極板面積 $S [\text{m}^2]$, 極板間距離 $d [\text{m}]$ の平行板コンデンサーであり, C_1 には, 図のように極板間にすき間なく比誘電率 ϵ_r の誘電体をはさまれている。それ以外の極板間は真空とする。

最初, 2 つのスイッチ S_1, S_2 は, 両方とも開いており, すべてのコンデンサーは充電されていないものとする。真空の誘電率(電気定数)を $\epsilon_0 [\text{F/m}]$ とする。なお, 導線部分に抵抗はないものとする。また, 解答にあたり, 整数と扱える場合を除き数値はすべて有効数字 2 桁として扱うものとする。解答欄の [] 内には単位を書くこと。

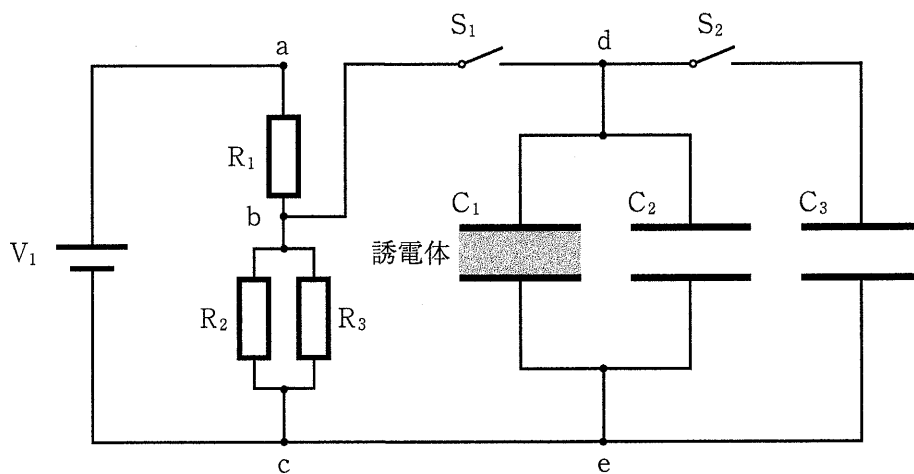


図 2-1

問 1 ac 間の合成抵抗 R_{ac} を数値で答えよ。

問 2 bc 間の電位差 V_{bc} ($V_{bc} > 0$) を数値で答えよ。

問 3 R_2 で 1 秒間に発生するジュール熱 P を数値で答えよ。

問4 de 間の合成容量 C_{de} を，記号 S ， d ， ϵ_r ， ϵ_0 を用いて答えよ。

問5 図2-1の状態から，まず， S_1 を閉じ， C_1 および C_2 に充電するために十分な時間をおいた。次の(1)，(2)に答えよ。

(1) ab 間の電位差を V_{ab} ($V_{ab} > 0$)，ac 間の電位差を V_{ac} ($V_{ac} > 0$) とする。また， C_1 の電気容量を C_1 として， C_1 に蓄えられた電荷 Q_1 を記号 V_{ab} ， V_{ac} ， C_1 を用いて答えよ。

(2) C_1 に蓄えられた電気エネルギー U_1 を記号 Q_1 ， V_{ab} ， V_{ac} を用いて答えよ。

問6 問5の状態から再び S_1 を開き，さらに，その後 S_2 を閉じ， C_1 ， C_2 ， C_3 間で電荷が移動するのに十分な時間をおいた。 $\epsilon_r = 4.0$ として， S_2 が閉じられた状態での de 間の電位差 V_{de} ($V_{de} > 0$) を数値で答えよ。

B 図2-2のような回路を考える。図に描かれている V_2 は電圧 100 V の直流電源、 R_4 は $50\ \Omega$ の抵抗、 C_4 は電気容量 $0.10\ \mu\text{F}$ のコンデンサー、 L は自己インダクタンス $20\ \text{mH}$ のコイルである。最初、スイッチ S_3 は f 側に接続されており、 C_4 は十分に充電されていた。その後、 S_3 を g 側に接続した。解答にあたり、整数と扱える場合を除き数値はすべて有効数字 2 桁として扱うものとする。解答欄の〔 〕内には単位を書くこと。

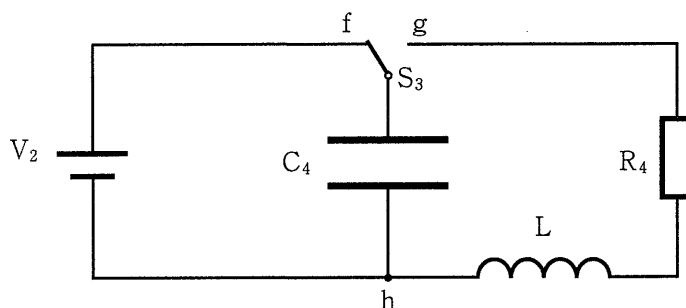


図 2-2

問7 このときできる閉回路内では、 C_4 と L の間でエネルギーのやりとりが行われる。 S_3 を g 側に接続した瞬間を $t = 0\ \text{s}$ とし、その後の gh 間の電位差 V_{gh} の時間変化を表すグラフの概形として最も適切なものを次ページの図2-3の (a)～(f)から選び、記号で答えよ。また、 V_{gh} が選択した概形のグラフとなる現象をなんと呼ぶか答えよ。

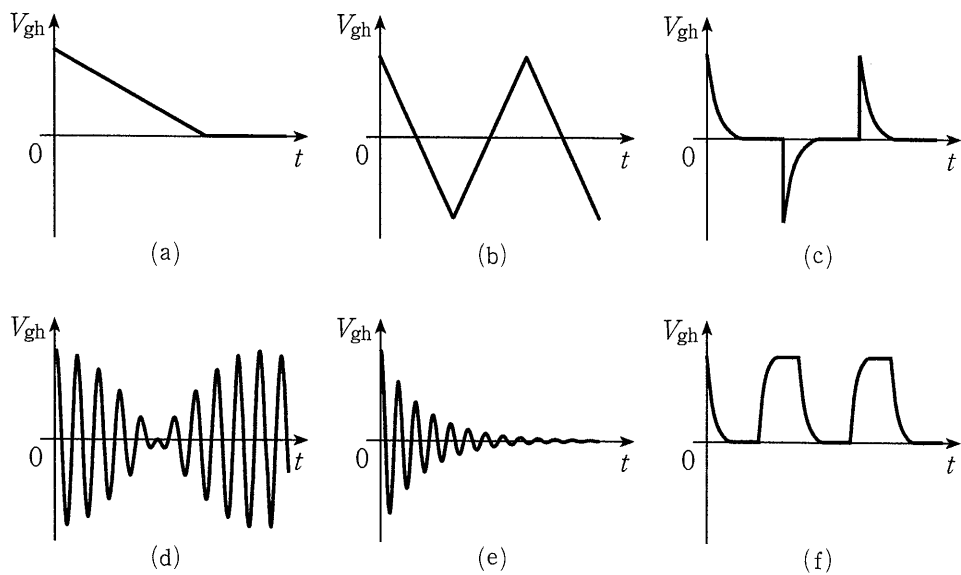


図 2-3

問 8 S_3 を g 側に接続したあと，十分な時間が経過したのち， R_4 で発生したジュール熱 E を，与えられた数値のうち必要なものを用いて計算せよ。

3 次の文章 A, B, C を読み, 設問の答を解答欄に記入せよ。

A 図 3-1 は, x 軸上を正の向きに進む周期 2.0 s の正弦波の時刻 $t = 0.0\text{ s}$ での波形を表している。ただし, 横軸が位置 $x[\text{m}]$, 縦軸が媒質の変位 $y[\text{m}]$ である。

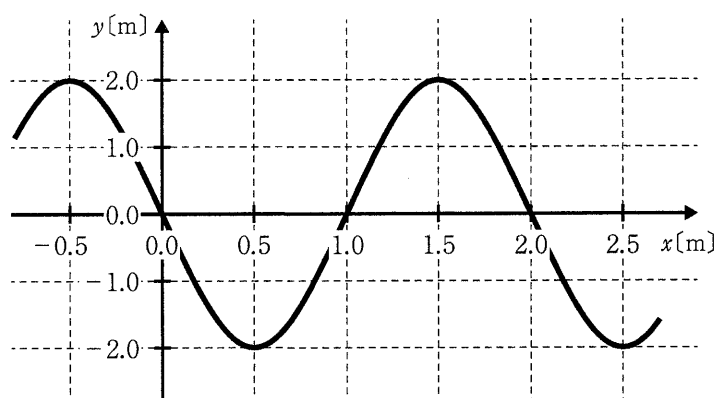


図 3-1

問 1 $0.0\text{ m} \leq x \leq 2.0\text{ m}$ の範囲で, この波の $t = 0.5\text{ s}$ での波形を図示せよ。

問 2 $0.0\text{ s} \leq t \leq 2.0\text{ s}$ の範囲で, この波の $x = 0.0\text{ m}$ の位置での媒質の振動のようすを図示せよ。ただし, 横軸を時間 $t[\text{s}]$, 縦軸を媒質の変位 $y[\text{m}]$ とする。

- B 図3-2のように、平面波が媒質1から媒質2へ伝わり境界面で屈折した。ただし、入射角を i 、屈折角を r 、この波の媒質1における速さを v_1 [m/s]、振動数を f_1 [Hz]とする。このとき、媒質2における波の振動数は(ア) [Hz]である。また、媒質1に対する媒質2の屈折率を n とすると、媒質2におけるこの波の速さは(イ) [m/s]、媒質2におけるこの波の波長は(ウ) [m]となる。

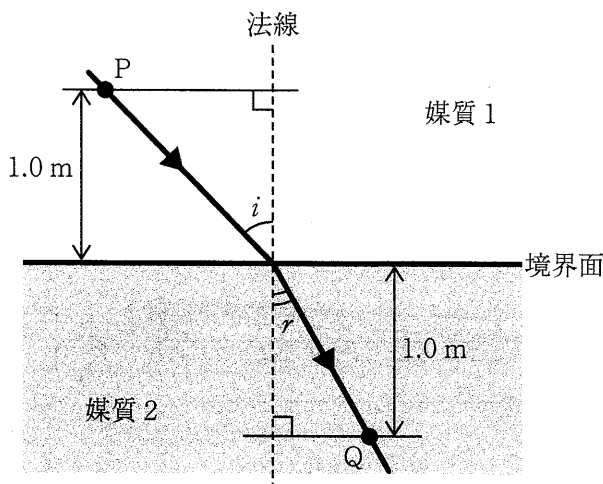


図3-2

- 問3 Bの文章中の空欄(ア)～(ウ)に入る適切な答を、 f_1 、 v_1 、 n のうち必要な記号を用いて答えよ。
- 問4 図3-2において、入射角が $i = 45^\circ$ 、屈折角が $r = 30^\circ$ 、この波の媒質1における速さが $v_1 = 2.8$ m/s、振動数が $f_1 = 20$ Hzであった。媒質1における波長 λ_1 [m]、媒質1に対する媒質2の屈折率 n 、および媒質2における波の速さ v_2 [m/s]を、それぞれ数値で求めよ。ただし、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ として、有効数字2桁で計算せよ。
- 問5 このとき、この波が、図3-2のように媒質1において境界面から垂直に1.0 mだけ離れた点Pから、媒質2において境界面から垂直に1.0 mだけ離れた点Qまで進むのに要する時間 T [s]を求めよ。ただし、解答欄には答を導く計算過程も示し、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ として、有効数字2桁で計算せよ。

- C 図3-3のように、空気中で2枚の平坦なガラス板の左端を密着させ、右端に料理用のアルミニウム箔をはさんでくさび形の空気層をつくり、真上から単色光をあて上から見たところ、等間隔の明暗の縞模様^{しま}が観察された。この縞模様は、ガラス板の間にできたくさび形の空気層の下面で反射する光と、空気層の上面で反射する光との干渉によるものである。ただし、ガラス板の左端からアルミニウム箔までの距離を L 、隣り合う明線の間隔を l 、アルミニウム箔の厚さを d 、単色光の波長を λ とし、空気の屈折率を 1.0 とする。

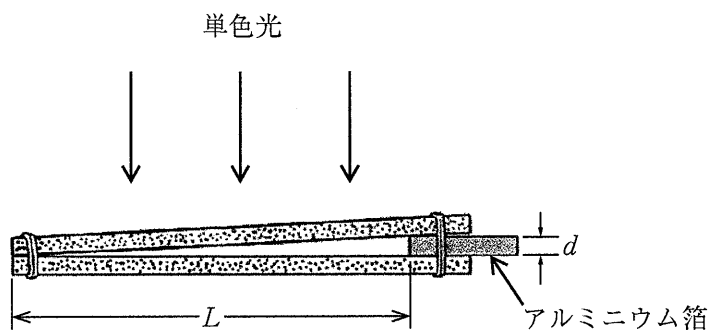


図3-3

また、図3-3を拡大して隣り合う2つの明線について考えると、隣り合う明線の位置でのガラス板の高さの差を Δd として、図3-4のようになる。

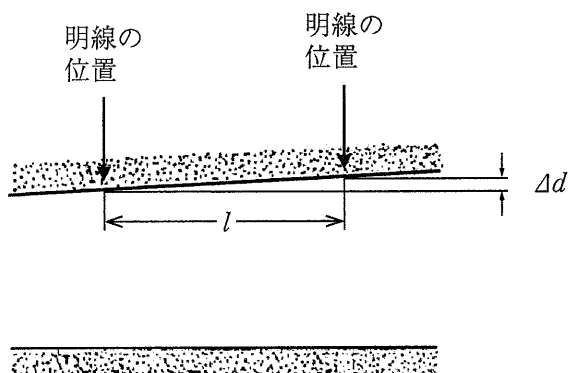


図3-4

したがって、図3-3と図3-4を利用して、アルミニウム箔の厚さ d を求めることができる。

問6 隣り合う明線の位置での光の経路差が1波長となることから、 Δd を λ を用いて表せ。

問7 図3-3と図3-4における三角形の相似を利用して、 L 、 d 、 l 、 λ の間の関係を式で示せ。

問8 左端から20番目と30番目の明線の間隔が20 mmであったとき、隣り合う明線の間隔 l を有効数字2桁で求めよ。解答欄の〔 〕の中に単位を記入せよ。

問9 $L = 10.0 \text{ cm}$ 、 $\lambda = 6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ のとき、**問7**および**問8**の結果を使って、アルミニウム箔の厚さ d を有効数字2桁で求めよ。ただし、解答欄には答を導く計算過程および〔 〕の中に単位を記入せよ。

問10 この実験以外の方法でアルミニウム箔の厚さを測定する方法を考え、その方法の1つについて簡潔に説明せよ。

化 学

- ・問題を解くために必要であれば、以下の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, K = 39,

Ca = 40

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

水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 / \text{L}^2$

$\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 7 = 0.85$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$,

$\sqrt{5} = 2.24$

- ・気体はすべて理想気体として取り扱えるものとする。
- ・字数を指定している設問の解答では、数字、アルファベット、句読点、括弧、記号はすべて1文字とする。例えば、以下の下線部の語句では $^{35}\text{Cl}_2$ は5文字、C-H結合 は5文字と数える。

1 固体に関する以下の文章を読み、下記の各問に答えよ。

固体は、一定の形をもつ特徴がある。一般に、原子、分子、イオンなどの粒子が規則正しく配列した構造をもつ固体を結晶という。一方、粒子の配列が規則的でない固体を a という。結晶は、構成する原子、分子、イオンなどの種類と結合のしかたによって、金属結晶、イオン結晶、分子結晶、共有結晶の4種類に分類される。これら4種類の結晶は、金属結合、イオン結合、分子間力、共有結合によって配列または構成されている。

金属結合は、b の集まりで、隣接した b の最外電子殻が重なりあい、価電子が全ての b で共有されて生じる結合をさす。

① イオン結合は、陽イオンと陰イオンが c で結びついた結合をさす。

分子間力は、分子間にはたらく比較的弱い力を総称しており、いくつかの種類がある。その中で、d は、極性分子間の c や無極性分子間の弱い引力をさす。
②

共有結合は、2 個の原子の間で、それぞれの原子に所属する価電子を出しあって、両方の原子で共有してできる結合をさす。

問 1 空欄 a ～ d に入る最も適切な語句を記せ。

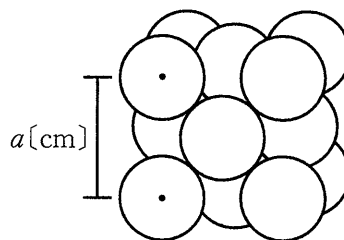
問 2 下線部①の別称を記せ。

問 3 下線部②は分子間にはたらく比較的弱い引力を総称している。分子量が大きいと、この引力はどうか、理由を含めて 80 字以内で記せ。

問 4 以下に示す物質の結晶の結合のしかたは、金属結合、イオン結合、分子間力、共有結合のどれに属するか、化学式で記せ。

Al, C(黒鉛), CaCl_2 , Fe, H_2O , I_2 , NaCl, SiO_2

問 5 右図は、ある金属結晶の面心立方格子の構造を示す。単位格子の一边の長さが $a[\text{cm}]$ 、モル質量が $M[\text{g/mol}]$ 、アボガドロ定数が $N_A[\text{/mol}]$ である。この金属の密度 $d[\text{g/cm}^3]$ を a , M , N_A を使って表せ。



2 アンモニアに関する以下の文章を読み、下記の各問に答えよ。

アンモニアは、1つの窒素原子に3つの水素原子が共有結合した三角錐形の分子構造を持つ、無色で刺激臭のある気体である。窒素原子は、3つの水素原子の電子を共有することにより 原子と同じ電子配置になっている。窒素原子と水素原子の共有電子対は、窒素原子の が水素原子よりも大きいために窒素原子側に強く引き寄せられていることから、アンモニア分子は 分子である。このため、アンモニア分子間には、 結合が作用しており、同族元素の水素化物に比べて沸点や融点が高くなっている。

アンモニア分子中の 電子対は、水素イオンや金属イオンなどの陽イオンとの結合に使われる。このような結合を 結合という。アンモニア分子などが金属イオンと 結合して生じる複雑な組成のイオンは、 とよばれる。

アンモニアは、実験室では、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混合したものを加熱して発生させる。発生した気体には水も含まれるため、乾燥剤を通過させた後に捕集する。アンモニアの物質量は、濃度と体積が正確にわかっている希酸水溶液にアンモニアを吸収させ、残っている酸の物質量を中和滴定により求めて決定^①_②できる。

また、アンモニアは水に非常に溶けやすく、水溶液は塩基性を示す。一方、弱塩基の塩である 塩化アンモニウムの水溶液は、酸性を示す。アンモニア水溶液と塩化アンモニウム水溶液を一定の比率で混合した溶液は、酸や塩基を少々加えても溶液のpHはほとんど変化しない。このような溶液を という。

問1 例にならってアンモニア分子を電子式で記せ。[例 H : H]

問2 空欄 ～ に当てはまる適切な語句を記せ。

問3 下線部①に適する乾燥剤を下から選び、記号で答えよ。また、アンモニアの捕集方法の名称を記せ。

- (ア) 十酸化四リン(五酸化二リン) (イ) 塩化カルシウム
(ウ) ソーダ石灰 (エ) 濃硫酸

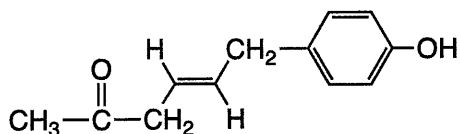
問4 下線部②に関して、捕集したアンモニアを 0.60 mol/L の硫酸 100 mL に吸収させた。この硫酸 100 mL を 0.50 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ、中和に 40.0 mL を要した。捕集容器に入っていたアンモニアの体積は、0℃、 1.013×10^5 Pa で何 L か、有効数字 2 桁で求めよ。

問5 下線部③に関して、水 100 mL に一定量のアンモニアを吹き込んだ後に溶液の質量を測定したところ 1.70 g 増加していた。このアンモニア水溶液の全量をメスフラスコにて 200 mL とした溶液の pH を小数第 1 位まで求めよ。アンモニアの電離度 α は、 2.0×10^{-3} とし、計算過程も記せ。

問6 下線部④の理由について、電離平衡のイオン反応式を用いて説明せよ。

3 次の文章を読み、下記の各問に答えよ。ただし、構造式は例にならって記せ。

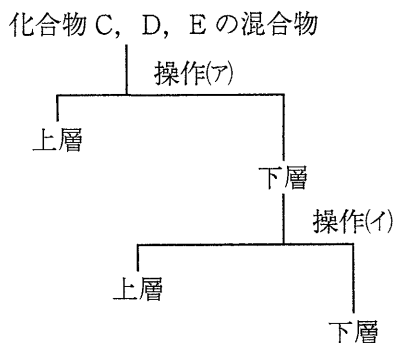
構造式の例：



分子式 $\text{C}_{13}\text{H}_{10}\text{O}_2$ で表されるエステル A と、分子式 $\text{C}_{11}\text{H}_{14}\text{O}_2$ で表されるエステル B の混合物がある。エステル A と B の構造中に三重結合はなく、環状構造を含む場合は、ベンゼン環を持つものとする。この混合物を用いて以下の実験を行った。

実験 1：エステル A と B の混合物に酸を加え、加水分解したところ、エステル A と B は完全に反応して無くなり、3 種類の化合物 C, D, E からなる混合物が得られた。

実験 2：実験 1 で得られた化合物 C, D, E の混合物を分液漏斗に入れ、下図の操作により分離した。操作(ア)により得た上層からは化合物 C が得られた。一方、下層に対しさらに操作(イ)を行ったところ、上層から化合物 D が、下層からは化合物 E のナトリウム塩が得られた。



操作(ア)：十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を加え、ジエチルエーテルを加えてよく振った。

操作(イ)：二酸化炭素を十分に通した後、ジエチルエーテルを加えてよく振った。

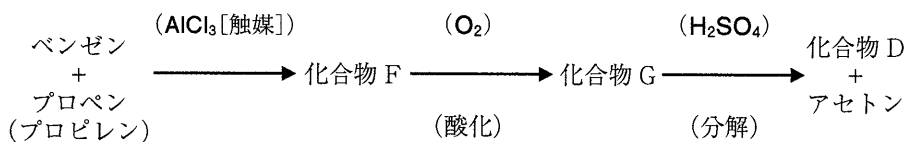
実験 3：化合物 C 14.8 mg を元素分析装置で完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 35.2 mg，水 18.0 mg を得た。

実験 4：化合物 C にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液（ヨウ素溶液）と水酸化ナトリウム水溶液を加え，加熱したところ，黄色沈殿を生じた。

問 1 化合物 C に関し，以下の(1)～(3)に答えよ。

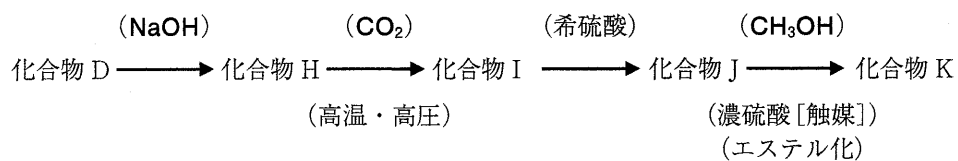
- (1) 化合物 C の分子式を記せ。
- (2) 実験 4 の反応名を答えよ。また，この反応で生成する沈殿物の分子式を記せ。
- (3) 化合物 C の構造式を記せ。

問 2 化合物 D は，以下の反応経路でつくられる。以下の(1)～(3)に答えよ。



- (1) 化合物 F が生成する化学反応式を，構造式を用いて記せ。なお，触媒は記載しなくて良い。
- (2) 上記の反応経路による化合物 D の合成方法を何と呼ぶか答えよ。
- (3) アセトンについて，(ア)～(オ)の記述の中で間違っているものを記号ですべて記せ。
 - (ア) 実験 4 の操作を行うと黄色の沈殿物を生じる。
 - (イ) 1-プロパノールの酸化によって得られる。
 - (ウ) 酢酸カルシウムの乾留によって得られる。
 - (エ) フェーリング液とともに加熱すると赤色沈殿が生じる。
 - (オ) 水と任意の割合で混じり合い，また多くの有機化合物をよく溶かす。

問 3 化合物 D を原料に，化合物 K を以下の反応経路で合成できる。化合物 K は，医薬品として用いられる。化合物 K の構造式を記せ。



問 4 化合物 E の名称を答えよ。また，エステル A，B の構造式を記せ。

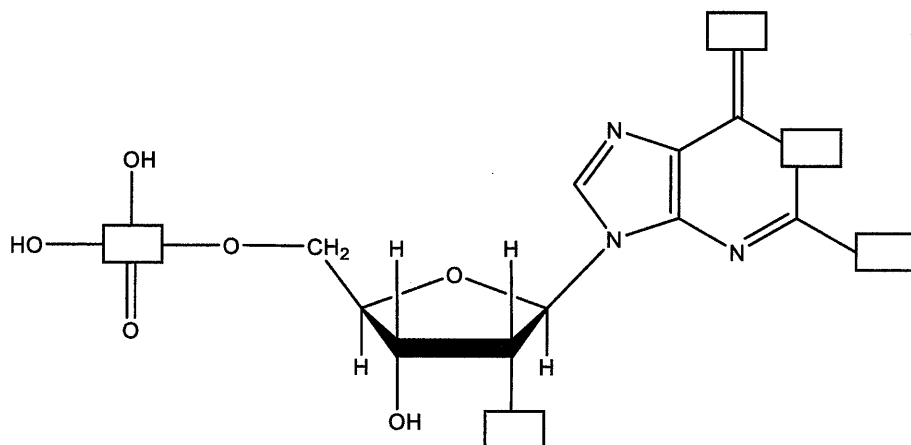
4 文章を読んで下の各問に答えよ。

生物の細胞には、生物の遺伝に深くかかわる核酸という天然高分子化合物が存在する。核酸の基本構造単位はヌクレオチドと呼ばれ、リン酸、糖、および核酸塩基から構成される。核酸は、このヌクレオチドどうしが、糖部分の 基とリン酸との 縮合によって鎖状に多数連結したポリヌクレオチドである。DNA は2本のポリヌクレオチド鎖間のアデニン (A) と (T) 間の 本の 結合、グアニン (G) とシトシン (C) 間の 本の 結合によって塩基対をつくり、 構造を形成している。RNA は通常1本鎖で存在しており、主に生体内での の合成に関与している。伝令 RNA, , の3種類が代表的でよく知られている。

問1 文章中の空欄 ～ に適切な語句・数値を記せ。

問2 単糖であるデオキシリボースの水溶液は、還元性を示す。その理由を35字以内で記せ。

問3 下図はグアニン (G) を核酸塩基とするヌクレオチド構造であり、RNA の構成成分である。下図の四角枠内を適切に書き加えて構造を完成させよ。



問 4 天然由来の DNA サンプルの塩基組成を調べたところ、シトシン (C) の塩基数は全塩基数の 18 % であった。アデニン (A) は何%か。計算過程も含めて算出せよ。

生 物

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

血液は体内を循環することで、酸素や栄養、ホルモン、老廃物などの運搬や病原体の排除などを行い、個体の 恒常性(ホメオスタシス)^(a)を支えている。血液は有形成分である血球と液体成分である(ア)からなる。血球は赤血球、(イ)、血小板に大別され、これらはすべて、骨の内部にある(ウ)に存在する(エ)細胞から分化したものである。

心臓から押し出された血液は、動脈を通して毛細血管に達する。ここで(ア)は毛細血管の血管壁からしみ出て、細胞の間を満たす(オ)液になる。(オ)液の大部分は、細胞の間を移動したのち、再び毛細血管に戻り、静脈血となる。また、(オ)液の一部はリンパ管内に入り、リンパ液となる。

赤血球にはヘモグロビンとよばれるタンパク質が多量に含まれ、肺からからだの各部へ酸素を運搬している。ヘモグロビンは酸素濃度が高い時には、酸素と結合して酸素ヘモグロビンに変化しやすい。一方、酸素ヘモグロビンは酸素濃度が低くなると酸素を解離して再びヘモグロビンに戻りやすい。全ヘモグロビンに対する酸素ヘモグロビンの割合と、酸素濃度との関係を示す曲線は酸素解離曲線とよばれる。

ヒトの胎児の血液は、胎盤では母体の血液と混じり合うことなく母体の血液から酸素を受け取っている。これは母体(成人)のヘモグロビンと胎児のヘモグロビン^(b)の性質が異なっているからである。

ヒトのヘモグロビンは正常成人の場合、 α 鎖および β 鎖とよばれる2種類のポリペプチドが2本ずつ集まった球状の構造^(c)をしている。1本のポリペプチドにはヘム1分子が結合する。ヘムは(カ)イオンを含む化合物であり、酸素と結合する。 α 鎖、もしくは β 鎖のアミノ酸配列に置換などが生じ、ヘモグロビンの構造や性質に異常をきたす疾患群は、異常ヘモグロビン症と総称される。

異常ヘモグロビン症の代表的なものとして鎌状赤血球症が知られる。この疾患において生じる異常ヘモグロビンは、低酸素条件において繊維状の凝集体を形成し、

赤血球の形を鎌状に変化させる。鎌状に変形した赤血球は壊れやすいほか、血管の閉塞を引き起こす。この異常ヘモグロビンは、 β 鎖の6番目のアミノ酸であるグルタミン酸がバリンに置換されることにより生じる。^(d)また、このアミノ酸置換は β 鎖を規定する遺伝子における1塩基の置換によるものであることが分かっている。この異常 β 鎖遺伝子と正常 β 鎖遺伝子のヘテロ接合体は、マラリアに対する抵抗性を示すことが知られている。このことが、アフリカを中心とするマラリア蔓延地帯において、貧血症という不利益にも関わらず、この異常 β 鎖遺伝子が保存されてきた原因であると考えられている。

問1 文章中の(ア)～(カ)に入る適切な語句を記せ。なお、同一記号の空欄には同一の語句が入る。

問2 下線部(a)に示された語句の意味を35字以内で説明せよ。

問3 赤血球の大きさおよび寿命に関して、以下の(1)～(3)に答えよ。

(1) ヒトの赤血球の直径として適切なものを、以下の①～⑤から1つ選び、記号を記せ。

- ① 3～4 μm ② 7～8 μm ③ 11～12 μm
④ 15～16 μm ⑤ 25～26 μm

(2) (ウ)においてつくられた赤血球はやがて老化し、体内を循環する血液から取り除かれる。老化した赤血球の除去を担う主要な臓器を2つ記せ。

(3) ある人の全血液量は5Lで、赤血球は血液1 mm^3 あたり440万個含まれていた。毎日2000億個の赤血球が新たにつくられ、同数が除去されているとして、この人の赤血球の平均寿命は何日かを計算し、整数で答えよ。ただし、赤血球が産生・除去される速さ、および全血液量は常に一定とする。

問4 下線部(b)に関して、同じ二酸化炭素濃度で測定した母体(成人)と胎児のヘモグロビンの酸素解離曲線を図1に示す。この図を参考にして、以下の(1)と(2)に答えよ。

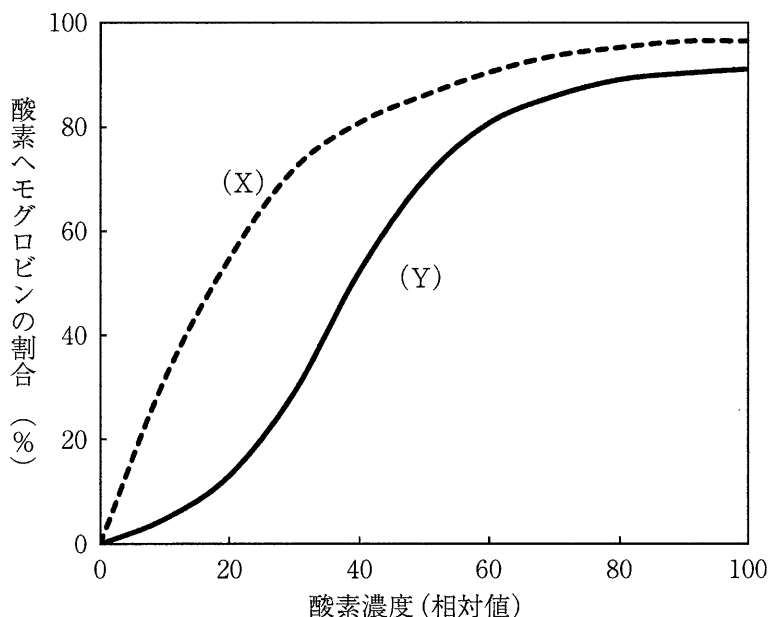


図1 母体(成人)および胎児のヘモグロビンの酸素解離曲線
(同じ二酸化炭素濃度で測定したものを模式的に示している。)

- (1) 図1において、胎児ヘモグロビンの酸素解離曲線は(X)と(Y)のどちらであるか、記号を記せ。
- (2) 図1に示されるような母体のヘモグロビンと胎児のヘモグロビンの酸素解離曲線の違いは、母体から胎児への酸素供給においてどのような意義を持つか、「酸素親和性」という言葉を用いて、90字以内で説明せよ。ただし、酸素親和性とはヘモグロビンなどの酸素結合性分子の酸素への結合のしやすさを意味する。

問5 下線部(c)に関して、ヘモグロビンのように複数の折り畳まれたポリペプチド鎖が集合してつくられるタンパク質の立体構造をなんとよぶか、漢字4文字で記せ。

問6 下線部(d)に関して、正常な β 鎖を規定する mRNA 配列の一部と対応するアミノ酸を図2に示す。mRNA の遺伝暗号表(表)を参照し、鎌状赤血球症における異常 β 鎖で変異しているアミノ酸を規定する mRNA トリプレットを記せ。



図2 正常 β 鎖のアミノ酸およびそれを規定する mRNA の部分配列
(図中の*は、鎌状赤血球症患者の異常ヘモグロビンにおいて置換されるアミノ酸を示している。)

表 mRNA の遺伝暗号表

1 番目の塩基	2 番目の塩基				3 番目の塩基
	U	C	A	G	
U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	U
	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	C
	ロイシン	セリン	(終止)	(終止)	A
	ロイシン	セリン	(終止)	トリプトファン	G
C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	U
	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	C
	ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	A
	ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	G
A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	U
	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	C
	イソロイシン	トレオニン	リシン	アルギニン	A
	メチオニン(開始)	トレオニン	リシン	アルギニン	G
G	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	U
	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	C
	バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	A
	バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	G

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

[I]

1組の対立遺伝子について

エンドウの花の色を紫にする遺伝子を A、白にする遺伝子を a とする。遺伝子型が AA の紫花と aa の白花を交配させると、生じる子は遺伝子型が(ア)の紫花となる。遺伝子型に基づいて実際に現れる形質を表現型という。遺伝子型が(ア)の個体が AA の個体と同じ表現型になる場合、遺伝子 A を優性(顕性)遺伝子、遺伝子 a を劣性(潜性)遺伝子という。

2組の対立遺伝子について

2組の対立遺伝子は、^(a)独立または連鎖の状態にあり、その状態によって、形成される配偶子が異なってくる。2組の対立遺伝子が連鎖している場合、連鎖している遺伝子は、減数分裂によって配偶子に分配される際、基本的にはいっしょに伝えられる。例えば、遺伝子 A と a、D と d について、遺伝子 A と D が連鎖している場合、遺伝子型 AaDd の個体がつくる配偶子の遺伝子型は基本的には(イ)と(ウ)である。しかし、2つの遺伝子座間で染色体の乗換えが起こると、その遺伝子の組み合わせが変わることがあり、その場合、遺伝子型が(イ)と(ウ)のほかに(エ)と(オ)の配偶子も形成される。このように染色体の乗換えによって遺伝子の組み合わせが変わることを、^(b)遺伝子の組換えという。遺伝子の組換えが起こることで、配偶子のもつ遺伝子の組み合わせはより多様になる。

問1 文章中の(ア)～(オ)に入る適切な遺伝子型を記せ。なお、(イ)と(ウ)ならびに(エ)と(オ)の解答の順序は問わない。また、文章中の同一記号の空欄には同一の遺伝子型が入る。

問2 下線部(a)について、「独立」および「連鎖」の状態はどのように違うか、「遺伝子」と「染色体」という語句を用いて、40字以内で説明せよ。

問3 下線部(b)について、遺伝子の組換えは、どのような場合に起こりやすくなるか、「連鎖」という語句を用いて、30字以内で説明せよ。

[Ⅱ]

植物 A には種子の形に丸形としわ形があり、その形質は、1 組の対立遺伝子 R と r により決められる。丸形 (RR) の個体としわ形 (rr) の個体を交雑すると F_1 (雑種第一代) はすべて丸形となり、 F_1 を自家受精して得られる F_2 (雑種第二代) では、丸形：しわ形 = 3：1 となる。

問 4 下線部(c)について、 F_1 から生じる配偶子の遺伝子とその比について、正しい組み合わせを以下の①～⑦から 1 つ選び、記号を記せ。

- ① $R:r=4:1$ ② $R:r=3:1$ ③ $R:r=2:1$ ④ $R:r=1:1$
⑤ $R:r=1:2$ ⑥ $R:r=1:3$ ⑦ $R:r=1:4$

問 5 下線部(d)について、 F_2 の中で、 F_1 のめしべに由来する R と、 F_1 のおしべに由来する r を合わせもつ個体は、理論上では、丸形個体のうちの何 % か記せ。解答が小数点以下を含む場合には、小数第一位を四捨五入し、整数で記せ。

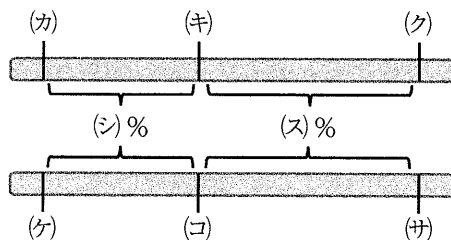
〔Ⅲ〕

植物 B には 3 組の対立遺伝子 L(l), Q(q), R(r) があり, L, Q, R は優性遺伝子で, l, q, r は劣性遺伝子である。優性のホモ接合体の個体と劣性のホモ接合体の個体を交配して F₁ をつくり, さらにこの F₁ を劣性のホモ接合体の個体と交配して次世代を得た。この次世代の個体の表現型の分離比を 2 組の遺伝子の組み合わせで表すと, 以下の表のようになった。

表

遺伝子の組み合わせ	表現型の分離比
L(l) と Q(q)	[LQ] : [Lq] : [lQ] : [lq] = 17 : 3 : 3 : 17
Q(q) と R(r)	[QR] : [Qr] : [qR] : [qr] = 3 : 1 : 1 : 3
L(l) と R(r)	[LR] : [Lr] : [lR] : [lr] = 3 : 2 : 2 : 3

問 6 F₁ の体細胞において, 3 組の対立遺伝子の相対的位置は, 染色体地図でどのように表すことができるか, 図中の(カ)~(サ)に適切な遺伝子を記せ。ただし, (カ)は優性遺伝子である。また, 図中の(シ)と(ス)には組換え価(%)を記せ。解答が小数点以下を含む場合には, 小数第一位を四捨五入し, 整数で記せ。



図

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

以下の図は、ヒトの適応免疫のしくみについて示したものである。

病原体は、(ア)に取り込まれて分解され、その一部が抗原として提示される。(イ)および(ウ)は、(ア)の表面にある(エ)に提示された抗原情報を獲得し、活性化される[図中(a)]。(イ)は感染細胞を直接攻撃し、排除する。(ウ)は、感染部位において抗原提示している(オ)の抗原を認識し、その食作用を活性化させる。また、(ウ)は(カ)を活性化させる。活性化された(カ)は(キ)へと分化し、抗体を産生する。

抗体は2本のH鎖と2本のL鎖からなる。抗体のY字型の2つの先端部分は可変部とよばれ、抗体の種類によってアミノ酸配列は大きく異なり、それ以外の部分は定常部とよばれ、アミノ酸配列がほとんど一致している。可変部と定常部のアミノ酸配列を支配する遺伝子は、V, D, J, C 遺伝子とよばれる領域に分かれて存在している。(カ)の成熟過程におけるこれらの遺伝子の組み合わせにより、多様な抗体が合成される。

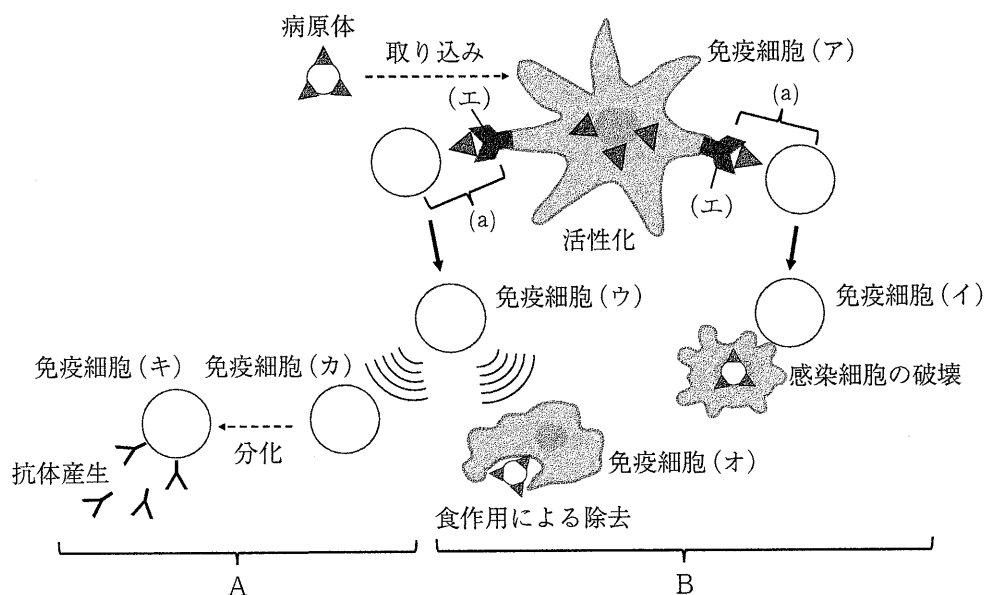


図 ヒトの適応免疫のしくみ (→: 細胞の増殖,))))): 刺激)

問 1 文章中の(ア)～(キ)に入る最も適切な語句を以下の①～⑬から 1つ選び、記号を記せ。なお、文章中と図中の同一記号の空欄には同一の語句が入る。

- | | | |
|--------------------|-------------|------------|
| ① 赤血球 | ② 好酸球 | ③ マクロファージ |
| ④ B 細胞 | ⑤ ヘルパー T 細胞 | ⑥ キラー T 細胞 |
| ⑦ ナチュラルキラー細胞 | ⑧ 形質細胞 | ⑨ 血小板 |
| ⑩ 樹状細胞 | ⑪ T 細胞受容体 | ⑫ B 細胞受容体 |
| ⑬ 主要組織適合抗原(MHC 抗原) | | |

問 2 図中の A と B に該当する免疫をそれぞれ何とよぶか、記せ。

問 3 抗原提示の際、T 細胞は異物だけでなく、図中(a)のように(エ)というタンパク質を認識する。ヒトの臓器移植の際に、拒絶反応が起こる理由を、(エ)という言葉を用いて 50 字以内で説明せよ。

問4 多様なリンパ球が用意される過程で、自身を異物として認識するリンパ球もつくられ、自分自身が攻撃される。そのため、自身の成分に反応する免疫を抑制する機能が知られている。以下の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 自分自身に対して免疫がはたらかない状態を何とよぶか、記せ。
- (2) 自分自身の正常な細胞や組織に対して反応・攻撃する疾患の総称を何とよぶか、記せ。
- (3) a～eの疾患のうち、(2)の疾患の例として、正しい組み合わせはどれか、以下の①～⑤から1つ選び、記号を記せ。

- a. 関節リウマチ
- b. I型糖尿病
- c. II型糖尿病
- d. 多発性硬化症
- e. 後天性免疫不全症候群

- ① a, b ② a, c ③ b, c ④ c, d ⑤ d, e

問5 免疫記憶のはたらきによって、一度認識した抗原が再度侵入した時には、速やかに免疫反応を引き起こす。この原理を医療へ応用し、人工的に免疫を獲得する方法を何とよぶか、記せ。

問6 文章中の下線部について、以下の(1)と(2)に答えよ。

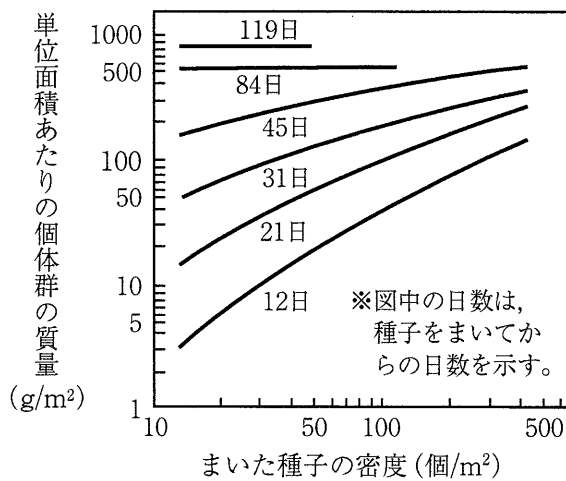
- (1) この現象を何とよぶか、記せ。
- (2) この現象は対立遺伝子の片方のみで起こる。H鎖の可変部遺伝子のうち、V遺伝子が50種類、D遺伝子が25種類、J遺伝子が6種類、L鎖の可変部遺伝子のうち、V遺伝子が45種類、J遺伝子が6種類あった場合、理論上、可変部の組み合わせは何通りになるか、計算式とともに記せ。

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

ある地域に生息する同種個体の集まりを個体群という。個体群密度を推定する方法には、植物やフジツボなどの動かない生物を対象とした（ア）法と、動きが激しい動物などを対象とした（イ）法がある。（ア）法では、ある地域に一定面積の区画をつくり、その中の個体数を数える。（イ）法では、まず個体群のうち、ある数の個体を捕獲し、そのすべての個体に標識をつけて、もとの個体群^(a)に戻す。次に、再びある数の個体を捕獲し、捕獲された個体に含まれる標識個体数から全体の個体数を推定する。

個体群を構成する個体の分布様式は、おもに3つに分けられる。個体間の競争が激しい場合や、それぞれの個体が一定空間を占有する傾向を示す場合は（ウ）分布、ある個体の存在が他個体の存在位置に影響を与えていない場合は（エ）分布、個体どうしが引きつけ合う場合や、微小な非生物的環境にむらがある場合は（オ）分布となる。

個体群密度の変化にともなって、個体の成長・生理・行動などが変化することを（カ）という。トノサマバッタでは、（カ）によって形態的变化が起こる（キ）という現象が知られており、低密度の時に出現する型は孤独相、高密度^(b)の時に出現する型は群生相とよばれている。植物でも（カ）の例はよく知られている。以下の図は個体群密度を変えてダイズの種子をまいたときの、単位面積あたりの個体群の質量を示している。この図から、単位面積あたりの個体群の質量は、^(c)時間が経過すると種子をまいたときの密度に関係なく、ほぼ一定になることがわかる。



図

問1 文章中の(ア)～(キ)に入る適切な語句を記せ。なお、文章中の同一記号の空欄には同一の語句が入る。

問2 下線部(a)の方法を用いて、ある調査地でジャノメチョウ個体群の調査が行われた。調査者は30頭を捕獲し、そのすべての個体に標識をつけて、もとの個体群に戻した。標識個体が個体群内で他個体と十分に混ざり合うことができる期間をおいたのち、25頭を捕獲したところ、そのうち10頭が標識されていた。この調査地におけるジャノメチョウの推定総数を求める計算式とその答えを記せ。ただし、調査期間中にこの調査地に入ったり、出生・死亡したりする個体はないものとする。また、標識が標識個体の行動や生存に影響をおよぼすことや、標識自体が脱落することもないものとする。

問3 下線部(b)について、孤独相と比較した場合の群生相の特徴として適切なものを以下の①～⑩からすべて選び、記号を記せ。

- ① 産卵数が多い ② 産卵数が少ない ③ 集合性がある
- ④ 集合性がない ⑤ 後肢腿節が長い ⑥ 後肢腿節が短い
- ⑦ 移動性が高い ⑧ 移動性が低い ⑨ 発育速度が速い
- ⑩ 発育速度が遅い

問 4 下線部(c)について，以下の(1)と(2)に答えよ。

- (1) この現象を説明する法則を何とよぶか，名称を記せ。
- (2) この現象はなぜ生じるのか，「まいた種子の密度が高い場合」に続けて，50 字以内で説明せよ。ただし，以下の 3 つの語句をすべて用いること。
(語句) 個体の平均質量，資源，成長