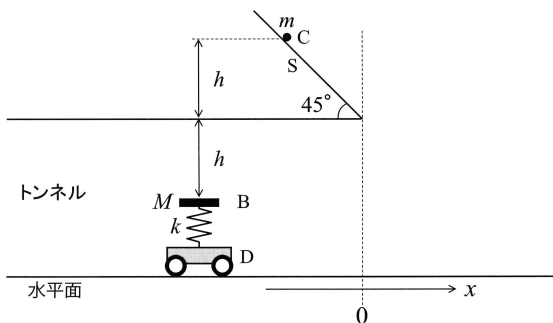


物 理 (一般問題用紙1)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

I 以下の空欄 ~ に適切な表式や値を入れよ。また、(6) の設問に答えよ。

図のように高さが一定のトンネル内を台車Dが紙面右向きに水平面上で等速直線運動している。台車の中心上には、ばね定数が k で質量が無視できるばねが鉛直方向に固定されており、ばねの上には質量が M で厚さが無視できる板Bがその中心にばねが来るように固定されている。ばねは常に鉛直方向、板は常に水平方向に保たれている。また、トンネル内では板Bはトンネルの天井から距離 h 下方にあり、ばねのつり合いの位置を保ったまま運動している。トンネルの出口の上方にはなめらかで傾斜角が 45° の斜面Sがある。時刻 $t = 0$ に質量 m ($m < M$) の小球Cがトンネルの天井から高さ h の斜面上の点より速さ v_0 で運動を開始した。台車の進行方向に x 軸をとり、紙面右向きを正とし、斜面下端の位置を $x = 0$ とする。また、速度の鉛直成分は上向きを正とし、台車や板の位置といえばそれらの中心の x 座標とする。すべての運動は同一の鉛直平面内で起こり、空気抵抗は無視できるとする。重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。



- (1) 小球Cが斜面を離れた瞬間の速さを v_0 、そのときの時刻を t_0 とする。 v_0 、 t_0 を m, h, g のうち、必要なものを使って表すと $v_0 =$, $t_0 =$ である。
- (2) 時刻 t_0 では台車Dも $x = 0$ を通過し、速度の水平成分は小球、台車とも同じ値であった。この後、小球は板Bの中心に最初の衝突をするが、そのときの位置は $x =$ $\times h$ である。
- (3) 小球と板の衝突の鉛直方向の反発係数を1とする。また、小球と板のいずれも衝突前後で速度の水平成分に変化は生じなかったとする。衝突直前の小球の速度の鉛直成分を v_y 、衝突直後の小球の速度の鉛直成分を v'_y とすると、 $v_y =$ $\times v_0$ 、 $v'_y =$ $\times v_y$ である。
- (4) 板は小球と衝突した後、単振動を始める。その周期は T であり、振幅は A である。 m, M, k のうち必要なものを用いて T と A を表すと、 $T =$, $A =$ $\times v_0$ である。
- (5) 小球と板の2回目の衝突が、最初の衝突から時間 $\frac{T}{2}$ 後に板の中心で起こったとする。このとき、関係 $\frac{T}{2} =$ $\times v'_y$ が成り立つ。
- (6) (5) に表れた関係が成り立つとき、最初の衝突の時刻を $t = t_1$ として $t = 0$ から $t = t_1 + T$ までの小球の速度の鉛直成分の変化のようすを解答欄の図中に記入せよ。

物 理 (一般問題用紙2)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

II 以下の空欄 ～ に適切な表式や値を入れよ。

図1のように、磁束密度が鉛直方向上向きで大きさ B [T] の一様な磁場中に、十分長く、電気抵抗が無視できる導体のレールが2本置かれている。2本のレールは互いに平行で間隔 L [m] 離れており、各レールと水平面とのなす角度は $\theta (< \frac{\pi}{2})$ [rad] である。質量 m [kg]、長さ L [m]、電気抵抗がそれぞれ R_A [Ω]、 R_B [Ω] の一様な細い金属棒 A、B をこの2本のレールの上に置く。A と B は常に水平でレールに対して直角であり、レール上をなめらかに運動するものとする。また鉛直方向上向きに z 軸を取り、水平面上で $z = 0$ とする。空気の抵抗は無視でき、重力加速度の大きさを g [m/s^2] として、以下の問いに答えよ。

(1) A と B をレール上で固定する。このとき、水平面から測った A と B の高さはそれぞれ、 z_A [m]、 z_B [m] ($z_B > z_A$) であった。B を固定したまま、A の固定を外したところ、A は初速度 0 [m/s] で運動し始めた。A が h [m] 下降したとき ($z = z_A - h$)、A の速さは v_h [m/s] であった。このとき、回路 abcd に発生する起電力の大きさ V [V] と abcd を流れる電流の大きさ I [A] は $V =$ $\times v_h$ 、 $I =$ $\times v_h$

と表せる。また、電流の向きは ("a から b"、または "b から a"、から選択)、磁場が A に及ぼす力のレールに沿った方向の成分の大きさは $\times I$ [N]、A が h 下降する間に abcd に発生したジュール熱は [J] と表せる。

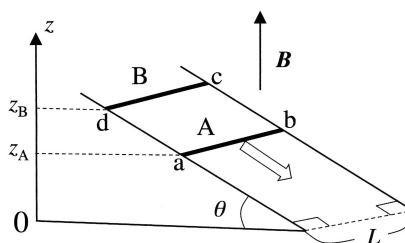


図1

(2) (1) で十分時間が経過した後、A の速度が一定となった。このときの A の速さは [m/s] である。

(3) (2) の後、B の固定を外したところ、B は初速度 0 [m/s] で運動し始めた (図2)。この後の A、B の運動ではレール方向 (下向きを正とする) の A の速度を v_A [m/s]、B の速度を v_B [m/s] とする。以下、 $v_A > v_B$ が成り立っているときを考え、そのとき、回路 abcd を流れる電流の大きさを I' [A] とする。A、B にはたらく力のレール方向のそれぞれの成分 F_A [N]、 F_B [N] を I' とその他の必要な量を使って表すと $F_A =$ 、 $F_B =$ となる。したがって、B の加速度の大きさは A の加速度の大きさより大きい。また、回路 abcd に発生する起電力の大きさ V' [V] を速度の差 $v_A - v_B$ とその他の必要な量を使って表すと $V' =$ となる。

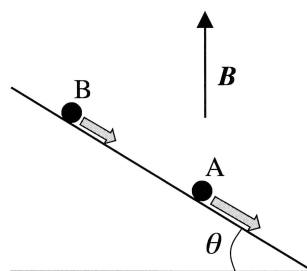


図2

(4) (3) の結果より、A から B の運動をみると、A と B の間に引力がはたらいているとみなすことができる。したがって、速度差 $v_A - v_B$ も時間と共に小さくなり、十分時間が経過すると、 $v_A - v_B = 0$ とみなせる。このとき、回路 abcd にはたらく起電力の大きさは [V]、A の加速度の大きさは [m/s^2]、B の加速度の大きさは [m/s^2] になる。

物 理 (一般問題用紙3)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

III 以下の問題 (1) の空欄 ~ に適切な表式、字句や値を入れよ。また、問題 (2) に答えよ。

(1) ボーアの原子模型をド・ブロイの電子波 (電子の物質波) の考えを参考にしながら見てみよう。電子の質量を m [kg], 電荷を $-e$ [C], また、距離 r_{12} [m] 離れた 2 個の電荷 q_1 [C], q_2 [C] の間にはたらく静電気力を表す位置エネルギーを $\frac{k_0 q_1 q_2}{r_{12}}$ とする。電子が陽子を中心とする半径 r [m] の円周上を速さ v [m/s] で動くとき、電子にはたらく静電気力が

向心力であること (2 つの力が釣り合っていること) を示す式を m, e, k_0, r, v を使って表すと である。電子の

運動エネルギーと位置エネルギーの和 E [J] を を使って e, k_0, r で表すと $E =$ である。ド・ブロイ

に従って電子波の波長 λ [m] を m, v とプランク定数 h [J·s] を使って表すと $\lambda = \frac{1}{mv} \times h^a$ である。ここで h のべき乗の指数 a はこの式の両辺の量の単位が等しいことから $a =$ である。電子波が安定に存在する条件を正の整数 n と r, λ を使って表すと $n =$ である。

, , を使って r と の E を

m, e, k_0, h, n で表すと $r =$, $E =$ である。 $m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg, $e = 1.60 \times 10^{-19}$ C, $k_0 = 8.99 \times 10^9$

N·m²/C², $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J·s として $n = 1$ での r の値を $r = 5.3 \times 10^b$ [m] と表すと、整数 b の値は $b =$

である (計算過程も示せ)。電子が $n = 1$ の状態から $n = 2$ の状態に遷移したとき、光の放出、吸収のうち、

(“放出”, “吸収” から選択) がおこる。その光の振動数 ν [Hz] を m, e, k_0, h で表すと $\nu =$ である。

(2) 条件 $n =$ は電子波に対するどんな条件と解釈できるか? 「定常波」という言葉を使って簡潔に述べよ。

化 学 (問題用紙 1)

必要があれば、次の値を使用せよ。気体定数 $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ，原子量：H = 1.00，C = 12.0，O = 16.0，Na = 23.0，Mg = 24.3

I 次の問(1)と問(2)に答えよ。

問(1) 中和滴定法で食酢中の酢酸濃度を決定するために次の実験を行った。以下の設問(a)～(e)に答えよ。有効数字3桁で答えよ。

(実験) シュウ酸結晶 $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を (A) g 秤量し、これを 100 mL ビーカーに移した後、蒸留水約 50 mL で溶解させた。これを 100 mL メスフラスコに移し、標線まで蒸留水を加え、0.100 mol/L のシュウ酸標準溶液を調製した。このシュウ酸標準溶液を、15.00 mL ホールピペットを用いて三角フラスコに移し、フェノールフタレインを指示薬として 3 滴加えた。濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液をビュレットに入れ滴定したところ、16.70 mL を要した。次に、食酢を 10.00 倍に薄めた溶液 15.00 mL を、この水酸化ナトリウム水溶液を用いて同様に滴定したところ 5.40 mL を要した。

- (a) 0.100 mol/L のシュウ酸標準溶液 100 mL を調製するには、シュウ酸結晶は何 g 必要か。(A) にあてはまる数値を答えよ。
- (b) この実験で用いる 5 つのガラス器具の中で、使用前にその内壁が蒸留水で濡れている場合に、そのまま使用して良いガラス器具はどれか。あてはまるものに○をつけよ。それ以外のガラス器具については、乾燥させないで用いるとすれば、どのような操作が必要か。必要な操作を記述せよ。
- (c) 実験の精度を高める上で、下線部 B の操作において、気をつけなければならないことを記述せよ。
- (d) この水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度はいくらか。
- (e) 食酢の密度を 1.05 g/mL とし、この食酢中に含まれる酸が全て酢酸 CH_3COOH であるとして、その含有量(質量パーセント濃度)を求めよ。

問(2) 次の説明(a)～(h)は、原子番号36までの元素のうち、8種類の元素(あ)～(く)の性質を表したものである。これらをもとにして、元素名をそれぞれ答えよ。

- (a) (あ)にはいくつかの同素体が存在する。(あ)の酸化物は白色粉末で、水に溶け酸性を示す。
- (b) (い)を空气中で加熱すると黒色の酸化物が生成し、これをさらに1000°C以上に加熱すると赤色の酸化物が生成する。
- (c) (う)の酸化物は白色粉末で、酸にも強塩基の水溶液にも溶ける。
- (d) (え)と(お)からなる化合物は水によく溶け、強酸性を示す。
- (e) (か)と(お)からなる化合物は水によく溶け、弱酸性を示す。
- (f) (き)と(お)からなる化合物は水によく溶け、弱塩基性を示す。
- (g) (く)は常温の水とは反応しないが、熱水と反応して気体を発生する。
- (h) これらの元素の中で(か)、(う)、(あ)、(い)、(え)の原子番号はこの順に増加する。

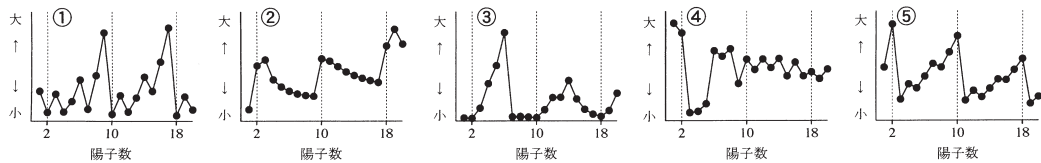
化 学 (問題用紙2)

II 次の問(1)と問(2)に答えよ。

問(1) 原子構造に関する次の文章を読み、以下の設問(a)～(c)に答えよ。

原子には、陽子の数が同じで中性子の数が異なるものが存在する場合があります、これらを互いに元素の (ア) という。原子に含まれる陽子の数と中性子の数の和を、原子の (イ) という。原子の相対質量は、(イ) が12である炭素原子の質量の12分の1を基準として表される。ある元素について、各 (ア) の相対質量に存在比をかけて平均した値を、元素の (ウ) という。マグネシウムには、相対質量が24.0、25.0、26.0である ^{24}Mg 、 ^{25}Mg 、 ^{26}Mg の3種類が存在し、1.00 molのマグネシウムの質量は24.3 gである。マグネシウムに占める ^{25}Mg の存在比が10.0%であるとする、 ^{24}Mg の存在比は (A) %である。

原子は電子を放出して正に帯電したイオンを生成する。真空中で原子から電子を1個取り去るのに必要なエネルギーを (エ) という。同じ電子殻に収容されている電子で比較すると、原子核との間に働く静電的な引力は、陽子の数とともに大きくなるため、(エ) の値は、同周期の元素の中で第 (オ) 族が最も小さく、第 (カ) 族が最大となる。(エ) の値を縦軸にとり、陽子の数に対してプロットしたグラフが (B) である。一方、原子が真空中で電子を1個受け取って負に帯電したイオンを生成するとき放出するエネルギーを (キ) といい、この値が大きい原子ほど陰イオンになりやすい。(キ) の値を縦軸にとり、陽子の数に対してプロットしたグラフが (C) である。



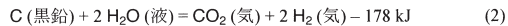
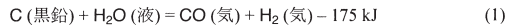
- (a) (ア) ～ (キ) にあてはまる最も適切な語句または数字を答えよ。
 (b) (A) にあてはまる数値を計算し、有効数字2桁で答えよ。
 (c) (B) と (C) にあてはまるグラフを①～⑤から1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

問(2) 次の文章を読み、以下の設問(a)～(c)に答えよ。気体はすべて理想気体として振る舞い、体積は標準状態 ($0^\circ\text{C} = 273\text{ K}$, $1.01 \times 10^5\text{ Pa}$) での値を表すものとする。反応の途中で水に溶けて失われる気体はないものとして考えよ。必要ならば、黒鉛の燃焼熱 394 kJ/mol 、一酸化炭素の燃焼熱 283 kJ/mol 、メタノールの燃焼熱 726 kJ/mol 、メタノールの密度 0.792 g/cm^3 を用いよ。

水性ガスは、木炭や石炭から生成される可燃性ガスとして、かつては都市ガスに使われた。現在は、メタノールの化学合成などに利用されている。いま、高温に熱した黒鉛に水を反応させたところ、 A 水性ガス1000 Lが得られ、その体積組成は次の通りであった。

H_2 51.6%, CO 45.2%, CO_2 3.2% (水性ガス)

この過程で、一酸化炭素は次に示す(1)式の反応から、二酸化炭素は(2)式の反応からそれぞれ生じたものとする。



この水性ガスを、水とともに高温に熱した鉄を含む触媒に接触させると、 B 一酸化炭素を二酸化炭素に変化させることができる。

一方、鉄以外の化合物を含む触媒を用いると、水性ガスに含まれる C 一酸化炭素と水素からメタノールを生成することができる。

- (a) 下線部 A の水性ガスについて、(1)式および(2)式の反応で消費された黒鉛の重量はそれぞれいくらか。
 (b) 下線部 A の水性ガスに含まれる水素のうち、(2)式の反応で生じた水素は何パーセントか。
 (c) 下線部 B の反応の熱化学方程式を記せ。
 (d) 下線部 C の反応の熱化学方程式を記せ。
 (e) 下線部 A の水性ガスから、下線部 C の反応で得られる液体のメタノールの体積は、最大でいくらか。

化 学 (問題用紙 3)

Ⅲ 次の問(1)と問(2)に答えよ。有機化合物の構造式は、右の例にならって示せ。

問(1) 染料に関する次の文章を読み、以下の設問(a)と(b)に答えよ。

可視光線の一部を吸収し、残りの光を透過して固有の色を示す物質を (ア) という。

(ア)のうち、水などの溶媒に溶け、繊維の染色に用いられるものを (イ) といい、溶媒に溶けず、絵の具などに用いられるものを (ウ) という。(イ)には、天然の植物や動物などから得られる (エ) と、石炭や石油などを原料に化学的に作られる (オ) がある。現在使用されている (イ) のほとんどが (オ) であり、分子内に (カ) 基 (-N=N-) をもつ (キ) が大部分を占める。

図1にオレンジⅡの合成経路を、図2にその染色のしくみを示してある。繊維が染色されるためには、有機化合物が繊維のすき間に入り込むだけでなく、繊維と結合をすることが必要である。これを染着という。染着は、図2に示されるような (ク) 結合、(ケ) 結合、ファンデルワールス力などによって起こる。

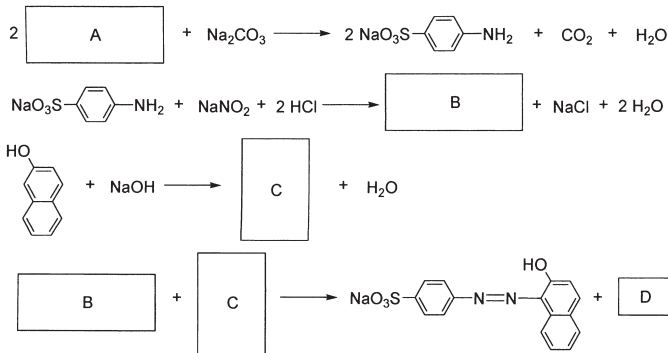
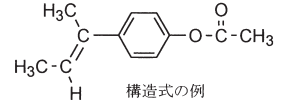


図1. オレンジⅡの合成経路.

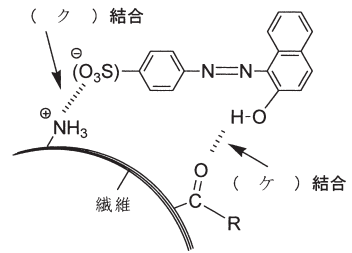


図2. オレンジⅡの染色のしくみ.

- (a) (ア) ~ (ケ) にもっとも適切な語句を入れよ。
 (b) 図1のA ~ Dに構造式を入れ、化学反応式を完成させよ。

<問(2)は問題用紙4にある>

化 学 (問題用紙 4)

問(2) イオン交換樹脂に関する次の文章を読み、以下の設問(a)~(c)に答えよ。

溶液中のイオンを別のイオンと交換するはたらきをもつ合成樹脂を、イオン交換樹脂という。図3に示すように、スチレンに少量の*p*-ジビニルベンゼンを加えて共重合させると、2本のポリスチレン鎖が*p*-ジビニルベンゼンによって架橋され、立体網目構造の高分子ができる。この中のベンゼン環の-Hを、酸性または塩基性の官能基(-X)で置換すると、イオン交換樹脂が得られる。

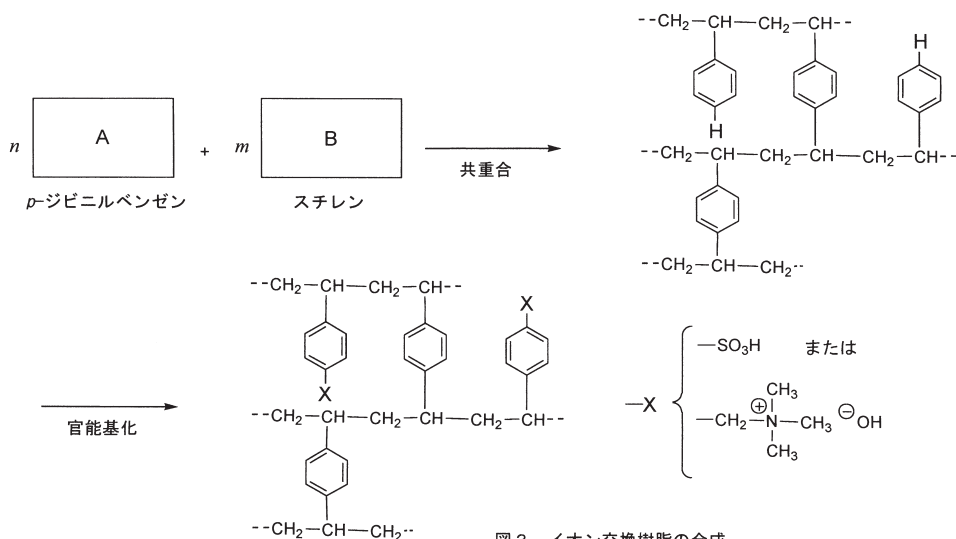
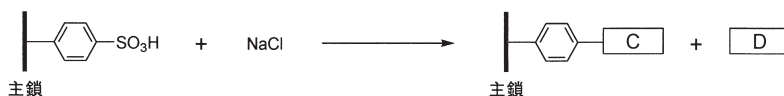


図3. イオン交換樹脂の合成.

官能基(-X)として(ア)基(-SO₃H)などの酸性の官能基を導入したものを、(イ)交換樹脂(樹脂1)という。樹脂1に、塩化ナトリウム水溶液を入れると次式のような反応が起こり、1:1の割合で(イ)が交換される。



一方、官能基(-X)として次式のような塩基性の官能基を導入したものを、(ウ)交換樹脂(樹脂2)という。樹脂2に塩化ナトリウム水溶液を入れると次式のような反応が起こり、1:1の割合で(ウ)が交換される。



いま、筒状のガラス容器(カラム)に十分な量の_Aイオン交換樹脂をつめ、_B濃度不明の硫酸マグネシウム水溶液20 mLを通した。その後、樹脂を純水で完全に水洗いし、得られた流出液をすべて集めた。集めた溶液に0.20 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を50 mL加えたところ、水溶液は塩基性になった。この水溶液を0.10 mol/Lの塩酸で中和滴定したところ、中和までに52 mLを必要とした。

- (a) 図3のAとBに構造式を入れよ。
- (b) (ア)~(ウ)に適切な語句を入れよ。
- (c) C~Fに適切な官能基、分子式、または、部分構造式を入れ、化学反応式を完成させよ。
- (d) 下線部Aに示すイオン交換樹脂は、実験結果から判断すると、樹脂1または樹脂2のどちらかと考えられるか。
- (e) 下線部Bに示す濃度不明の硫酸マグネシウム水溶液のモル濃度を求めよ。答えは、有効数字2桁で示せ。

生 物 (問題用紙 1)

< 問題用紙は 4 枚ある >

< 漢字の生物用語は、原則として正しい漢字を用いて解答すること。 >

I.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ヒトの培養がん細胞(HeLa細胞)を適切な条件で培養すると、細胞周期を繰り返しながら増殖を続ける。細胞周期は、間期と分裂期に大別される。増殖しているHeLa細胞を一つ一つに分離し、フローサイトメーターと呼ばれる分析機にかけて、個々の細胞のDNA量を測定した。下の図 A は、その結果を、細胞1個あたりのDNAの相対量と細胞数の関係として、グラフ(DNAヒストグラム)で表したものである。HeLa細胞を通常の条件で培養すると、ある時点における細胞周期の時期は一つ一つの細胞で異なるが、どの細胞も細胞周期が約16時間で一回転していた。

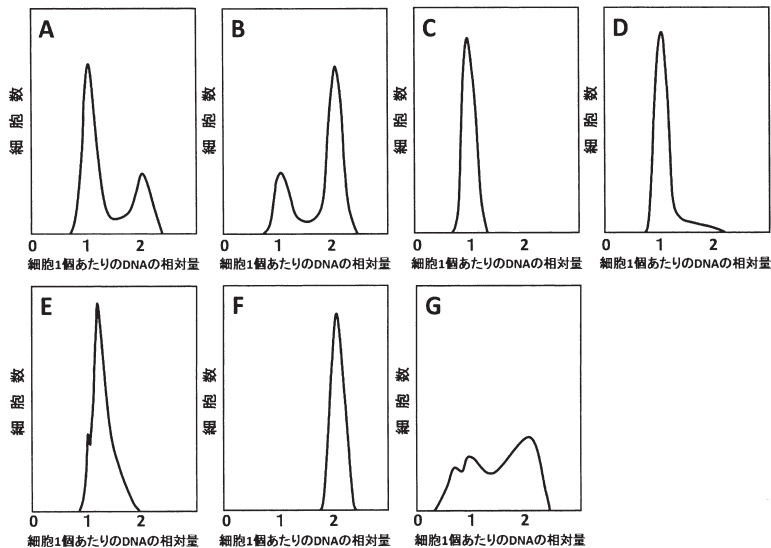
問 1. 細胞周期の分裂期は、さらに前期、中期、後期、終期に分けることができる。細胞に以下の(ア)～(オ)の変化が生じる時期は、それぞれ分裂期の何期か。解答欄に記入せよ。

- (ア) 染色体が凝縮して太く短くなる。
- (イ) 核膜が消失する。
- (ウ) 核膜が現れ始める。
- (エ) 各染色体は分かれ、両極に移動する。
- (オ) 紡錘体が完成し、各染色体が赤道面に並ぶ。

問 2. アフィジコリンという化合物は、DNAポリメラーゼを阻害する。適切な濃度のアフィジコリンを加えた培養液で、HeLa細胞を16時間培養後、アフィジコリンを含む培養液を洗い流し、新たにアフィジコリンを含まない培養液を加えて、さらに16時間培養した。この時、DNAヒストグラムはどのようになるか。図 A ～ G から最も適切なものを選び、記号で答えよ。

問 3. アフィジコリンとは異なる化合物 H が存在すると、紡錘糸を作るために集まった微小管が短くならない。HeLa細胞を培養している培養液に、化合物 H を加えて16時間培養したところ、DNAヒストグラムは図 F のようになった。この状態の細胞を顕微鏡で観察すると、どのように見えるか。25字以内で答えよ。

問 4. 化合物 H を加えたままさらに25時間培養すると、DNAヒストグラムは図 G のようになった。この時、細胞で生じていることを20字以内で答えよ。



生 物 (問題用紙 2)

II.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

神経組織は、神経細胞とそれを取り囲む [ア] 細胞などによって構成される。神経細胞は、核の存在する [イ] と、そこから長く伸びた1本の軸索、複雑に枝分かれしながら突き出している多数の [ウ] からなる。[ウ] には、アクチンが蓄積した [エ] と呼ばれる突出物が見られる。軸索は、それを包む [オ] の有無で、有髄神経繊維と無髄神経繊維とに区別される。軸索の末端は神経終末と呼ばれ、神経伝達物質を含む [カ] が多数存在する。神経終末は、[キ] をはさんで、他の神経細胞や筋細胞などに接している。神経細胞の興奮が神経終末に到達すると、神経終末から神経伝達物質が [キ] に放出される。放出された神経伝達物質は、シナプス後細胞に存在する神経伝達物質の受容体に結合し、作用を及ぼす。

運動神経が筋細胞と接する部分では、運動神経の神経終末から、神経伝達物質として [ク] が放出される。[ク] が筋細胞の受容体に結合すると、受容体自体がもつイオンチャネルが開く。イオンチャネルが開くと、細胞外から [ケ] イオンが細胞内に流入し、[コ] 性の膜電位変化が生じる。この電位変化は [サ] を越えるので、筋細胞に活動電位が発生する。このように、運動神経と筋細胞との間のシナプスは、興奮性シナプスである。

神経系には、抑制性シナプスも存在する。ある種の抑制性シナプスでは、神経伝達物質がシナプス後細胞の受容体に結合しイオンチャネルが開くと、細胞外から [シ] イオンが細胞内に流入し、[ス] 性の膜電位変化が生じる。一般に中枢神経系では、単一の神経細胞に興奮性シナプスと抑制性シナプスの両方が接続している。

問 1. 文章中の [ア] ~ [ス] に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. [ア] 細胞の働きを一つ、10字以内で述べよ。

問 3. 有髄神経繊維における特徴的な興奮伝導を何と呼ぶか。

問 4. 伝達物質の結合により開くイオンチャネルを何と呼ぶか。

問 5. 下線部のような抑制性シナプスで作用する神経伝達物質を、一つ挙げよ。

問 6. 抑制性のシナプス伝達により生じる膜電位変化は、シナプス後細胞にどのような影響を及ぼすか。15字以内で説明せよ。

III.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ヒトの血管系は [ア] と [イ] の間が [ウ] でつながれ、間に切れ目のない [エ] 血管系である。心臓から出た [ア] はしだいに枝分かれして細くなり、網目状の [ウ] につながる。[ウ] はしだいに集まって [イ] となり、さらに合流して心臓に戻る。全ての血管の最も内側は、[オ] 細胞と呼ばれる一層の扁平な細胞で埋めつくされており、[ア] と [イ] ではその周囲に筋肉の層があって、血液の流れを調節している。[ア] の枝から [ウ] に流れ込んだ血液の液体成分である [カ] は、その一部が [オ] からしみ出して周囲の細胞の間を流れる [キ] となり、酸素やグルコースなどの栄養分を細胞に運び、二酸化炭素や老廃物が溶け込んだ状態で [イ] 側に戻る。[キ] の一部は、細胞と細胞の間で閉じた管として始まり、しだいに合流していく [ク] に流れ込む。[ウ] から細胞間に出て [キ] となった液体成分のうち、[イ] 側に戻らず [ク] に入るものを [ケ] と呼ぶ。全身の [ク] は合流をくり返して胸管と呼ばれる太い管になり、[コ] [イ] に合流する。こうして、[ケ] は再び [カ] に戻る。これに対して、昆虫やエビなど無脊椎動物の血管系は [ウ] を持たず、[ア] の末端から出た血液は全身組織の細胞の間を流れ、心臓に相当する組織に戻る。これを [サ] 血管系という。[サ] 血管系では、血液・[キ]・[ケ] の区別はない。

ヒトの体内にも、部分的に [サ] 血管系の構造が認められる組織がある。一つは脾臓であり、もう一つは妊娠時に受精卵に由来する組織と母体に由来する組織によって構成される [シ] である。受精後数日目に子宮に達した胚は、子宮内膜に結合して [ス] する。この段階のヒトの胚は、将来胎児となる [セ] と、周囲をおおう [ソ] と呼ばれる細胞層とに分化している。[ソ] の細胞は厚くなった子宮側の組織にもぐり込み、[シ] の基となる組織を形成する。完成した [シ] では、[タ] を通って胎児と [シ] をつなぐ胎児側の [ア] が枝分かれして、ブドウの房のような [チ] と呼ばれる構造を形成し、[チ] の先端部の [ウ] 網を通った胎児側の血液は、[イ] に集まって [タ] を通り、胎児に戻る。一方、子宮の中で枝分かれた母体側の [ア] は、[チ] と [チ] の間に形成された [チ] 間腔と呼ばれる隙間に開き、母体血は激しいジェット噴流となって [チ] の周りを流れたのち、母体側の [イ] に戻る。この間に、母体血側の酸素や栄養素が胎児側の血液に取り込まれ、二酸化炭素や老廃物が母体側の血液に渡される。

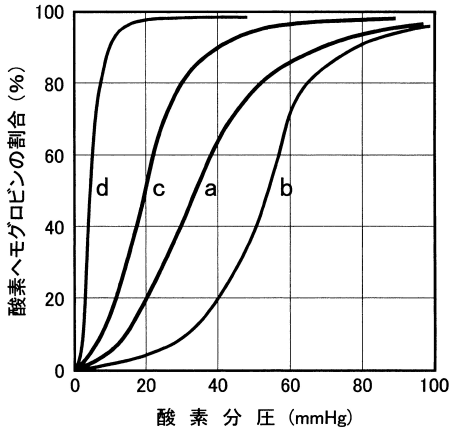
(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 3)

問 1. 文章中の [ア] ~ [チ] に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. 右の図の a は、成人の赤血球に含まれるヘモグロビン分子の酸素解離曲線である。この曲線は、ヒトの [シ] における二酸化炭素分圧の条件で得られたものとする。[シ] は母体の子宮中に形成された組織であり、[シ] 組織における酸素分圧は30mmHgである。一方、[チ] 間腔に解放する直前の母体の [ア] 血における酸素ヘモグロビンの割合は、95%である。[チ] 間腔で酸素を放出する母体血中のヘモグロビンの割合はどれくらいか。次の選択肢から一つを選び、数値で答えよ。

20% 30% 40% 50% 55% 65%



問 3. [チ] に流れ込む直前の、胎児側の血液の酸素分圧は15mmHgである。もしも胎児の赤血球に含まれるヘモグロビンが成人のものと同じであるとする、[シ] で酸素を取り込めるヘモグロビンの割合はどれくらいか。問2の選択肢から一つを選び、数値で答えよ。

問 4. 下線部を効率良く実現するため、実際には、胎児の赤血球に含まれるヘモグロビンは成人の赤血球に含まれるヘモグロビンとは異なっている。胎児の赤血球に含まれるヘモグロビンの酸素解離曲線は、どのようであればならないか。右上の図から選び、記号で答えよ。

問 5. 問4の答えとなる酸素解離曲線から、問2と問3の条件の下、実際に [シ] で酸素を取り込む胎児のヘモグロビンの割合はどのくらいか。問2の選択肢から一つを選び、数値で答えよ。

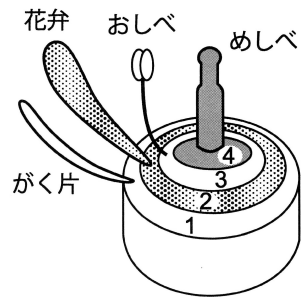
問 6. 酸素ヘモグロビンの割合が高い母体の [ア] 血をそのまま胎児に送り込むには、[シ] において母体の [ア] が胎児の [イ] に直接つながり、[タ] を通ってきた胎児側の [ア] が、母体の [イ] に直接つながる方が有利であると考えられる。[シ] を通じて母体の血液がそのまま胎児に流れ込むとどのような不都合が生じるか。母体の血液型がO型で、胎児の血液型がA型である場合を例に、[カ] 成分によって起こる反応と、血液の細胞成分によって起こる反応を、それぞれ50字以内で答えよ。

問 7. 実際には、母体の血液がそのまま胎児に流れ込むことはない。同様に、母体が感染した細菌やウイルスなどの微生物が、そのまま胎児に移行することも極めて少ない。このように、子宮内は病原微生物がいない環境であるにも関わらず、生まれた直後の新生児の血液を調べると、母体の血液と同じように多種類の病原微生物に対する抗体が検出される。それはどのようなしくみによると考えられるか。また、それにはどのような利点があるか。それぞれ75字以内で答えよ。

IV. 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

アブラナの仲間にシロイヌナズナがある。形態形成についての研究を、飛躍的に発展させた植物である。日長を感知する器官である [ア] で作られたフロリゲンが、[イ] を通って [ウ] に運ばれることにより、花芽の形成が誘導されて花ができる。シロイヌナズナおよびイネを材料とした研究によって、フロリゲンの実体は、[エ] タンパク質であることが明らかになった。

シロイヌナズナの花には、中心にめしべが1本、そのまわりにおしべが6本あり、おしべのまわりには白い花弁が4枚、そして花の一番外側には4枚のがく片がある。これを模式的に表したのが右の図である。図中の数字は、野生型においてがく片、花弁、おしべ、めしべの各花器官が作られる領域を表している。



(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 4)

花が作られるときに、各花器官の配置パターンがどのようにして決まるのかが、異常な花をつける突然変異体の研究によって明らかにされた。その際、種々の変異体の中から、ある花器官が別の花器官に置き換わるという特徴をもつ変異体に注目し、研究が進められた。その結果、表のようにA、B、Cの三つのクラスの遺伝子が、花芽の各領域にそれぞれ特異的に働くことにより、各花器官の配置パターンが決まることがわかった。これらの遺伝子は、いずれも調節遺伝子であり、それぞれ異なる調節タンパク質を合成することによって、花の形成に必要な他の遺伝子群の働きを制御している。

三つのクラスの遺伝子の中で、Aクラス遺伝子とCクラス遺伝子の間には、次のような関係がある。Aクラス遺伝子が働く領域ではCクラス遺伝子の発現が抑制され、これとは逆にCクラス遺伝子が働く領域ではAクラス遺伝子の発現が抑えられる。また、どちらか一方の遺伝子の働きが失われた場合には、抑制されていた遺伝子が発現するようになる。さらに、Cクラス遺伝子には次のような特別な働きがある。花の形成の過程では、各花器官の形成に必要な細胞が未分化な細胞の増殖によって供給される。しかし、めしべが作られるときに、Cクラス遺伝子の働きによってそれ以後の未分化な細胞の補充が行われなくなる。このようなCクラス遺伝子の働きにより、いつまでも未分化細胞を作り続けることはなく、めしべの完成とともに花の形成を終わる。

花器官	領域	遺伝子 (クラス)		
		A	B	C
めしべ	4			○
おしべ	3		○	○
花弁	2	○	○	
がく片	1	○		

注) 遺伝子の列の○印は、それぞれの遺伝子が働く領域を表している。

- 問 1. 文章中の ア ~ エ に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。
- 問 2. 下線部のような特徴をもつ変異体の原因となる遺伝子は、一般に何と呼ばれるか。
- 問 3. Aクラス遺伝子が働かない変異体では、どのような花が形成されるか。領域 1 ~ 4 のそれぞれに形成される花器官の名称を解答欄に答えよ。
- 問 4. Bクラス遺伝子が働かない変異体では、どのような花が形成されるか。領域 1 ~ 4 のそれぞれに形成される花器官の名称を解答欄に答えよ。
- 問 5. Cクラス遺伝子が働かない変異体では、どのような花が形成されるか。領域 1 から順に花器官の名称を挙げ、100字以内で説明せよ。

(以上)