

物 理 (一般問題用紙1)

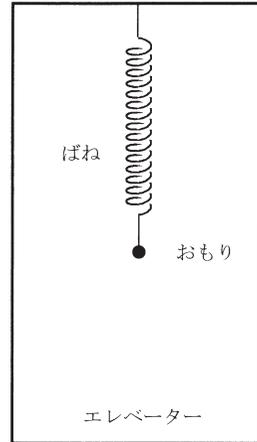
I 右図のように、エレベーター内の天井から軽いばねをつるし、その一端に小さいおもりをつけた。

エレベーターは初め鉛直上向きに速さ v_0 の等速度運動をしていた。そのとき、エレベーターに対するおもりの速さは0であった。この状態を状態①とする。

次に、エレベーターは鉛直上向きに大きさ a ($a > 0$) の加速度でしばらく上昇した。この状態を状態②とする。

そして、エレベーターは加速を終え、等速度での上昇に戻った。この状態を状態③とする。

おもりの質量は m 、ばねは自然長が l_0 、ばね定数が k である。おもりの大きさ、ばねの質量は無視でき、重力加速度の大きさを g 、円周率を π とする。また、ばねは常にフックの法則で表される弾性力をおもりに及ぼすものとする。これについて、次の問いに答えよ。



[i] 状態①について、以下の問い(1)、(2)に答えよ。

- (1)ばねの長さはいくらか。
- (2)ばねに蓄えられている弾性力による位置エネルギーはいくらか。

[ii] 状態②では、エレベーターに対するおもりの運動は単振動となった。エレベーターに固定した y 座標を考え、振動の中心の座標値を $y = 0$ とし、鉛直上向きを y の正の向きとする。状態①から状態②に切り替わる瞬間の時刻を $t = 0$ として、その後のエレベーターに対するおもりの y 方向の単振動について、以下の問い(3)～(6)に答えよ。

- (3) $y = 0$ におけるばねの長さはいくらか。
- (4)単振動の振幅はいくらか。
- (5)時刻 t におけるおもりの位置 y はいくらか。
- (6)エレベーターに対するおもりの速度が初めて正の向きで最大になるときの時刻はいくらか。

[iii] 状態③でのエレベーターに対するおもりの運動は、状態②のときと異なる単振動になるか、静止を続けるかのどちらかになる。状態②から状態③に切り替わる瞬間の時刻を t_1 として、以下の問い(7)～(10)に答えよ。

- (7)状態③でおもりがエレベーターに対して静止するのは、状態②から状態③に切り替わる時刻 t_1 がいくらのときか。 $n = 1, 2, 3, \dots$ として、 n も用いて答えよ。

以下の(8)～(10)では、状態③でおもりがエレベーターに対して静止することなく単振動になるものとして答えよ。

- (8)時刻 t_1 で、おもりの位置が状態②でのエレベーターに対するおもりの単振動の最下点であったとすると、時刻 t_1 以降の時刻 t におけるおもりの位置 y はいくらか。

物 理 (一般問題用紙2)

- (9)時刻 t_1 でのおもりの位置が $y = y_1$ であったとすると、その瞬間のエレベーターに対するおもりの速さはいくらか。 y_1 を用いて表せ。
- (10) (9)で、状態③でのエレベーターに対するおもりの単振動の振幅はいくらか。

物 理 (一般問題用紙 3)

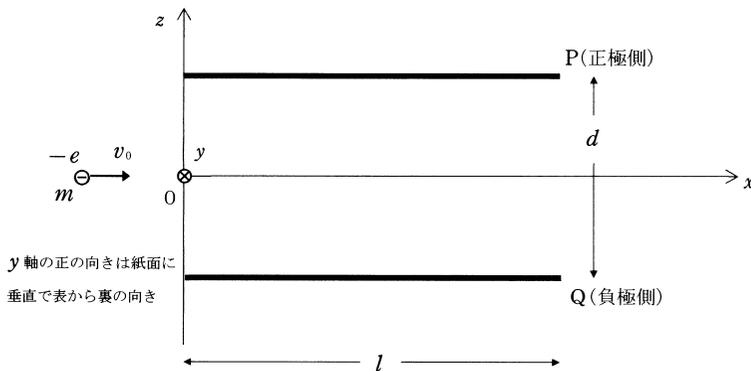
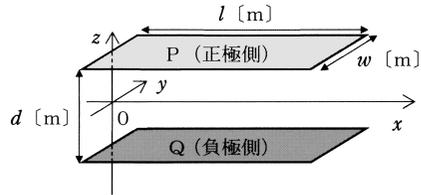
II 右図のように真空中に間隔 d [m] だけ隔てて平行におかれた、同じ形の長方形の極板 P, Q があり、極板間に、P を正極側、Q を負極側とする V [V] の直流電圧がかけられている。

長方形の2辺の長さは w [m], l [m] であり、両極板間の、体積 wld [m³] の直方体の空間には一様な電場(電界)ができており、その直方体の空間からの電場のもれはないものとする。

図のように、極板 P, Q の、長さ l [m] の辺に平行に x 軸、長さ w [m] の辺に平行に y 軸、両極板の長さ w [m] の辺の中点を結ぶ線に沿って z 軸をとり、極板間の中点を原点 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ とする。

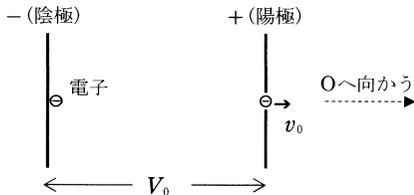
いま、電子が原点 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ から x 軸の正の向きに速さ v_0 [m/s] で電場に入射したとする。下図は、極板を y 軸の負の向きから見たときの図である。

電子の質量を m [kg], 電気量を $-e$ [C] とし、電子の運動に重力の影響はないものとして、次の問いに答えよ。



[i] 以下の問い(1)に答えよ。

(1) 電子が電場に入射する前については、下図のように平行な極板間にかけられた電圧 V_0 [V] による電場中を、初速度がほとんど0で陰極を出た電子が加速され、陽極を速さ v_0 [m/s] で通過して原点 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ に向かって進んだものとする。 v_0 を、 m, e, V_0 で表せ。



なお、これ以降の問いでは電子が電場に入射するときの速さは v_0 [m/s] だけを用い、(1)での V_0 を用いずに答えよ。

物 理 (一般問題用紙4)

[ii] 平行極板P, Q間の電場に速さ v_0 [m/s] で入射した電子は xz 平面内を極板に衝突することなく極板間を通過することができたとする。以下の問い(2)~(5)に答えよ。

- (2) 電子が極板間を通過するのにかかった時間はいくらか。
(3) 電子が極板間を通過し終わる, $x = l$ [m] における電子の速さはいくらか。
(4) 電子が極板に衝突することなく極板間を通過できたということから, 極板間に加えた電圧 V [V] が満たしている条件を不等式で表せ。ただし, 電子が $(x, y, z) = (l, 0, \frac{1}{2}d)$ を通過する軌道を進む場合は衝突と見なすものとする。

- (5) 電子が $(x, y, z) = (l, 0, \frac{1}{2}d)$ を通過する軌道を進んだとする。 $(x, y, z) = (l, 0, \frac{1}{2}d)$ を通過する直前での電子の速度の①向き, ②大きさ, を答えよ。

なお, ①については, x 軸の正の向きから z 軸の正の向きへの傾きの角を θ としたときの, $\tan \theta$ の値を答えよ。また, ①②ともに v_0, l, d の中から必要なものを用いて表せ。

[iii] 平行極板P, Q間に最初と同じ電圧をかけると同時に一様な磁場(磁界)も加え, 原点 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ から x 軸の正の向きに速さ v_0 [m/s] で電子を極板間に入射させたところ, 電子が, 極板間で x 軸に沿って直進した。これについて以下の問い(6)~(8)に答えよ。

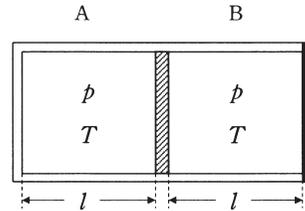
- (6) 極板間に加えた磁場の向きを答えよ。
(7) 極板間に加えた磁場の, 磁束密度の大きさはいくらか。
(8) 単位時間当たり n 個の電子が入射しているとすると, x 軸に沿って流れている電流の大きさはいくらか。

物 理 (一般問題用紙5)

III 断面積が S のシリンダーがあり、両端は密閉され、内部は気密な壁によってAとBに仕切られている。B側の端の部分(図の右端の壁)では熱の出入りが可能であるが、それ以外の容器の壁も仕切りの壁も断熱材でできている。

A, Bには同じ種類の理想気体が入っており、最初、図のようにシリンダーを水平に置いた状態で、仕切りの壁は端からの距離が l の中央の位置で静止し、A, B内の気体の、圧力は p 、絶対温度は T 、体積は $S l$ と等しくなっていた。

仕切りの壁の質量は m で、なめらかに動くものとする。重力加速度の大きさを g 、気体定数を R とし、A, B内の気体の定積モル比熱が $a R$ (a は正の定数) と表されるものとして、次の問いに答えよ。



[i] シリンダー内の気体について、以下の問い(1), (2)に答えよ。

- (1) 気体の定圧モル比熱はいくらか。
- (2) 気体の比熱比はいくらか。

[ii] B側の端の部分の壁からB内の気体に熱を加えながら、シリンダーをゆっくり傾けていく。仕切りの壁が中央の位置のままとなるように加熱を調節し、最終的にB側が下になりシリンダーが鉛直になった状態で傾けるのを止めるのと同時に加熱も止めた。この状態について以下の問い(3), (4)に答えよ。

- (3) B内の気体の絶対温度はいくらか。
- (4) 最初の状態からこの状態になるまでにB内の気体が吸収した熱量はいくらか。

[iii] シリンダーを最初の状態に戻し、B側の端の部分の壁からB内の気体にゆっくり熱を加え、壁が左に

$\frac{1}{3} l$ 移動したとき加熱を止めた。この状態について以下の問い(5)~(8)に答えよ。

- (5) A内の気体の絶対温度はいくらか。

以下の(6)~(8)では、(5)の値を T' とし、また、 $a p S l = U$ として、 T, T', U の中から必要なものを用いて表せ。

- (6) B内の気体の絶対温度はいくらか。
- (7) 最初の状態からこの状態になるまでにA内の気体がされた仕事はいくらか。
- (8) 最初の状態からこの状態になるまでにB内の気体が吸収した熱量はいくらか。

化 学 (問題用紙 1)

I

次の問(1)、問(2)に答えよ。

問(1) 芳香族化合物に関する設問(a)～(f)に答えよ。

図1は、芳香族化合物A～Mの反応を示す。化合物Aの分子式は C_6H_6 である。化合物Fの水溶液は酸性を示す。化合物Gは解熱鎮痛作用を示す。化合物Iはヒドロキシ基を持ち、水に不溶である。化合物Kはメチル基を持つ。化合物Lは爆薬としても用いられる。

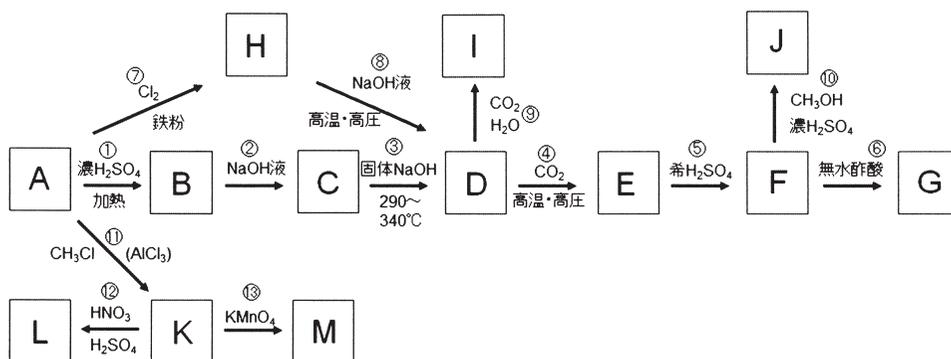


図1. 芳香族化合物の反応

- (a) 図1内の化合物A～Mに塩化鉄(III)水溶液を加えると4個の化合物が紫色の呈色反応を示す。図中の該当する化合物のA～Mの記号とそれぞれに対応する化合物の名称を全て答えよ。
- (b) 図1内の化合物A～Mに炭酸水素ナトリウムを加えると3個の化合物が塩を産生し CO_2 を発生する。図中の該当する化合物のA～Mの記号とそれぞれに対応する化合物の名称を全て答えよ。
- (c) 下記の(ア)～(キ)の各項目に該当する図中の化学反応はどれか。図中の①～⑬の該当する番号を答えよ。
 (ア) アセチル化 (イ) アルカリ融解 (ウ) エステル化 (エ) 酸化 (オ) スルホン化
 (カ) ニトロ化 (キ) ハロゲン化
- (d) 化合物Fから化合物Gができる過程の化学反応式を答えよ。
- (e) 化合物Lの名称と構造式を答えよ。
- (f) 化合物Iとホルムアルデヒドとの付加縮合による重合反応でベークライト(樹脂)ができる。この付加縮合の酸触媒による付加反応と縮合反応の化学反応式を答えよ。

化 学 (問題用紙 2)

I (つづき)

問(2) 天然有機化合物に関する設問(a)～(f)に答えよ。

- (a) フルクトースは結晶中で主に六員環構造を形成するが、水に溶解するとその一部が鎖状構造を經由して五員環構造となり、その後平衡状態となる。この三者の平衡状態の構造（環状は β -構造）について図2内の六員環構造の構造式にならって鎖状構造と五員環構造の構造式を答えよ。

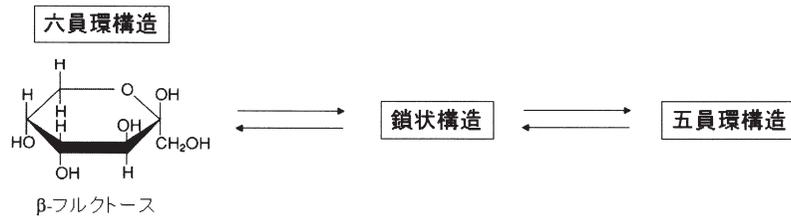


図2. フルクトースの水溶液中での平衡

- (b) デンプンを加水分解して42.8gのマルトースを得た。全てのデンプンがマルトースに分解したとすると、デンプンは何gか答えよ。また、このマルトースをさらに加水分解し単糖にして、酵母によりアルコール発酵させた。生じたすべての単糖がアルコールに代謝された場合、何gのアルコールができるか。それぞれの計算式と答えを書け。有効数字は3桁とする。(原子量 H=1.0、C=12.0、O=16.0)
- (c) タンパク質合成に使われるアミノ酸の中で鏡像異性体のないアミノ酸の名称と構造式を答えよ。
- (d) タンパク質の立体構造の安定化には、その分子内のシステインの結合が関与している。その結合の名称と結合によって形成される二量体の構造式を答えよ。
- (e) DNA (デオキシリボ核酸) は、デオキシリボースがリン酸ジエステル結合によってつながったポリヌクレオチド鎖で構成される。それぞれのデオキシヌクレオチドには4種類のいずれかの塩基が結合している。また、DNAは、2本のポリヌクレオチド鎖が相補的な塩基対の間で引き合い二重らせん構造を形成する。この引き合う力を何というか。また、この引き合う力ほどの組み合わせの塩基同士で起きているのか。引き合う力の名称とその塩基の組み合わせ(塩基対)を答えよ。
- (f) 脂肪酸の融点は、炭素数や不飽和の程度などにより変わる。下記の5種類の脂肪酸の中で最も融点の高い脂肪酸はどれか。(ア)～(オ)の記号で答えよ。

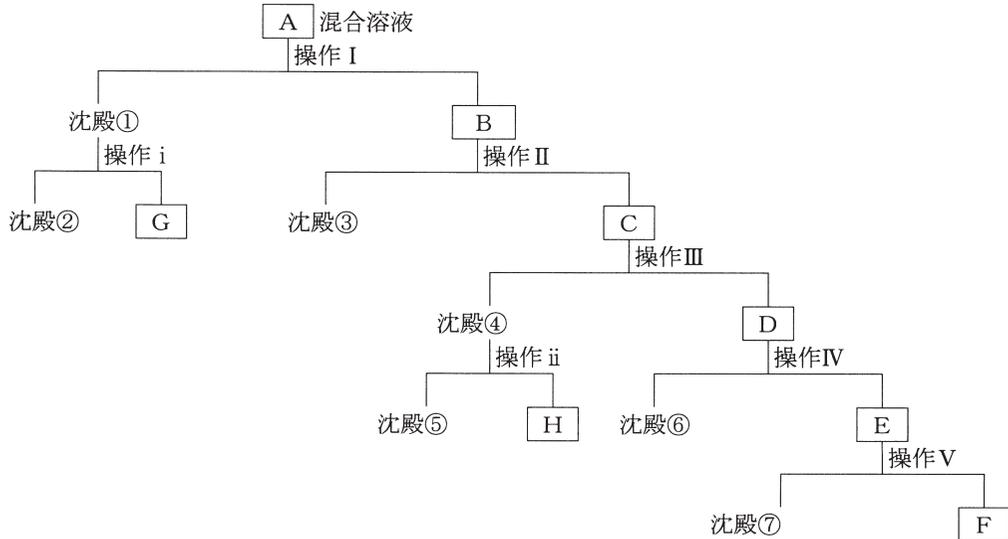
(ア) $C_{19}H_{31}COOH$ (イ) $C_{17}H_{29}COOH$ (ウ) $C_{17}H_{31}COOH$ (エ) $C_{17}H_{33}COOH$ (オ) $C_{17}H_{35}COOH$

化 学 (問題用紙 3)

II

次の文を読み、以下の問(1)～(7)に答えよ。

以下の操作で金属イオンの定性分析を行った。Aは Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Al^{3+} 、一価の陽イオン X^+ の混合溶液、B～Hはろ液であり、ろ液Fには X^+ が残った。各操作において、金属元素は完全に分離できたものとする。



操作 I 混合溶液Aに希塩酸を加えた。

操作 II ろ液Bに硫化水素を通じた。

操作 III ろ液Cを煮沸し、Yを加えた。その後、多量のZを加えた。

操作 IV ろ液Dに硫化水素を通じた。

操作 V ろ液Eに炭酸アンモニウム水溶液を加えた。

問(1) 沈殿①は混合物であるので、操作 i によって沈殿②とろ液Gに分離させた。操作 i とその後に行った操作について説明したつぎの文中の(ア)～(キ)に適する語句をそれぞれ答えよ。

沈殿①は(ア)と(イ)の混合物であり、沈殿①に(ウ)を加えると(イ)のみが溶解するため、分離させることができる。この場合、(ア)が沈殿②となる。この操作後、沈殿②に(エ)を加えると錯イオンである(オ)になって溶解し、ろ液Gにクロム酸カリウム水溶液を加えると(カ)色沈殿が生じる。なお、(オ)は陽イオンであり、その水溶液の色は(キ)色である。

化 学 (問題用紙 4)

II (つづき)

問(2) 沈殿③は硝酸と反応し、金属イオンの溶液になる。その後、アンモニア水を加えると沈殿 a を生じ、更にアンモニア水を加えると沈殿 a は錯イオンとなって溶解し、溶液 b となる。沈殿 a および溶液 b の色をそれぞれ答えよ。また、溶液 b に溶解している錯イオンの化学式および構造(配位しているアンモニア分子の配置により形成される形)をそれぞれ答えよ。

問(3) 操作Ⅲで加えた Y および Z をそれぞれ答えよ。また、操作Ⅲについて説明したつぎの文中の(ク)~(コ)に適する語句をそれぞれ答えよ。

操作Ⅱを行った後のろ液 C には、硫化水素との反応によって(ク)イオンが(ケ)イオンに変化して溶解している。そのため、煮沸により硫化水素をろ液 C から除き、(コ)剤である Y により(ケ)イオンを(ク)イオンに戻した後、多量の Z を加えて沈殿④とろ液 D に分離する。なお、Y の工業的製法において、Z に溶けている物質が原料として用いられている。

問(4) 沈殿④は混合物であるので、操作 ii によって沈殿⑤とろ液 H に分離させた。操作 ii とその後に行った操作について説明したつぎの文中の(サ)~(ソ)に適する語句をそれぞれ答えよ。

沈殿④は(サ)と(シ)の混合物であり、沈殿④に水酸化ナトリウム水溶液を加えると(ス)性化合物の(シ)のみが溶解するため、分離できる。このとき、沈殿⑤は(セ)色であり、ろ液 H には錯イオンである(ソ)が溶解している。

問(5) 沈殿⑥が操作Ⅱでは生じない理由を、解答欄の枠(12文字以内)に合わせて答えよ。

問(6) 沈殿②、③、⑥、⑦の中で、1つのみ沈殿の色が異なる。その沈殿の番号と色を答えよ。

問(7) ろ液 F を白金線につけてガスバーナーの外炎に入れると、炎の色が赤紫色に変化した。このような現象を何反応というか答えよ。また、X⁺の名称を答えよ。

化 学 (問題用紙 5)

Ⅲ

次の問(1)、問(2)に答えよ。必要があれば次の値を用いよ。アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 、 $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2}$ 、 $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2}$ 、原子量 $\text{Ir} = 192$ 、 $\text{Pt} = 195$

問(1) 次の文章を読み、以下の設問(a)~(f)に答えよ。

白金 90%とイリジウム 10%からなる合金では、白金原子とイリジウム原子が均一に混ざり合い、ともに面心立方格子の構成要素となっている。その単位格子の一边の長さの平均値は $3.9 \times 10^{-8} \text{ cm}$ であった。Aこの合金 1.0 kg を一边の長さが 3.0 cm の正方形を底面にもつ直方体に成形したが、B表面を研磨した際に、直方体のすべての面からそれぞれ単位格子の一边に相当する厚さの原子層が剥ぎ取られたため、質量がごくわずかに減少した。有効数字 2 桁で計算し、数値と単位を答えよ。

- (a) 面心立方格子の単位格子に含まれる原子数はいくつか。
- (b) 下線部 A の合金に含まれる 2 種類の金属の物質量の合計はいくらか。
- (c) 下線部 A の合金の密度はいくらか。
- (d) 下線部 A の直方体の高さはいくらか。
- (e) 下線部 B の操作によって剥ぎ取られた表面原子の物質量はいくらか。
- (f) 下線部 B の操作によって合金 1.0 kg から剥ぎ取られた表面原子の質量はいくらか。

問(2) 次の文章を読み、以下の設問(a)~(d)に答えよ。

太さが均一の U 字管が垂直に立てられており、底の部分において水分子は通すがタンパク質分子は通さない半透膜によってその内部が仕切られている。U字管の一方にタンパク質 10 mg を溶かした水溶液を入れ、もう一方に純水を同じ高さまで入れた。しばらくすると、タンパク質水溶液の液面が純水の液面より 1.5 cm 高くなったところで液面の高さが変化しなくなった。このときのタンパク質水溶液の体積は 10 mL であり、温度は 27°C であった。純水の液面より下の部分にあるタンパク質水溶液には、純水の液面より突出した部分にはたらく重力を U 字管の内側の断面積で割った圧力が付加的にかかっている。タンパク質水溶液の密度を 1.0 g mL^{-1} とし、1 kg の物体にはたらく重力の大きさを 9.8 kg m s^{-2} として計算せよ。有効数字 2 桁で答えよ。

- (a) 下線部の現象においてタンパク質水溶液にかかる付加的な圧力を何と呼ぶか。
- (b) 下線部のタンパク質水溶液にかかる付加的な圧力は何 Pa か。
- (c) 下線部のタンパク質水溶液のモル濃度はいくらか。
- (d) このタンパク質の平均分子量はいくらか。

生 物 (問題用紙 1)

< 問題用紙は3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。

ヒトの循環系は心臓と血管系から構成される。左心室から拍出された血液は、① 動脈系 → ア → 静脈系 → 右心房 → 右心室 → 肺動脈 → 肺 ア → 肺静脈 → 左心房 → 左心室と流れる。血圧は、流れる血液が血管を押す力で定義され、心臓のポンプ作用の強さや血管の イ によって変わる。血管の イ は、ア のすぐ上流にあたる動脈の ウ が減少すると増加する。運動時には、エ 神経の働きが優位になる結果、右心房にある オ で作られる心拍リズムが カ なり、心筋の収縮力が キ する。このため、ク の血流量は、安静時の最大20倍にも変化する。② 血管外 に出て、静脈系を通して心臓に戻れない血液の液体成分(血しょう)は、リンパ管を通じて体循環に戻る。

血液をガラスの試験管に採取し、室温に放置すると凝固する。一方、③ クエン酸ナトリウムを加えた試験管に血液を採取し、遠心分離すると、赤血球・白血球・血小板からなる有形成分と血しょうに分離することができる。

- 問 1. 文章中の ア ~ ク に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。
- 問 2. 下線部①について、肺静脈に比べて、肺動脈の血液の酸素ヘモグロビンの割合は高いか低いのか。
- 問 3. 下線部①について、右心室と左心室の間に穴が開いたとすると、肺循環血液量はどうなるか。
- 問 4. 血管の イ が急激に減少した際に、心臓に戻ってくる血液量はどうなるか。
- 問 5. 運動時には、グルコースの需要が高まる。この時、どのようなしくみでグルコースが供給されるか、75字以内で述べよ。
- 問 6. 下線部②について、リンパ管に入った血しょうが体循環に戻るのに重要な役割を果たすものは何か。
- 問 7. 下線部③について、クエン酸ナトリウムを添加することにより、血しょうを分離できる理由は何か。
- 問 8. 血しょうと血清の違いを述べよ。
- 問 9. ガラスの試験管に採取した血液を、4℃に保つと、血液凝固はどうなるか。

II.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

生体を維持するためには多くの化学反応が必要とされる。細胞内で起こるほとんど全ての化学反応では酵素が ア として働き、① 反応が促進される。個々の化学反応で、酵素が作用する物質を イ と呼び、② イ は、酵素の立体構造上の特定の部位である ウ に結合する。③ 酵素活性は反応系の pH(水素イオン指数)、温度、塩濃度などの影響を受けるが、その程度は酵素により異なる。

酵素は生体内で多様な役割を果たしている。例えば、カタラーゼは赤血球、肝臓などに多く含まれ、④ 生体内の過酸化水素を無毒化する反応を ア する。また、酵素は生体内でさまざまな調節を受ける。その例として、イ と立体構造が似た物質により酵素反応が阻害される場合がある。これを エ 阻害と呼ぶ。実際に、このような阻害物質が医薬品に用いられている。

アスパラギン酸カルバモイルトランスフェラーゼ(ATCアーゼ)は、アスパラギン酸を材料としてピリミジン合成を行う経路の最初の反応を ア する酵素であり、最終的にシチジン三リン酸(CTP)のようなピリミジンヌクレオチドを生成する。John GerhartとArthur Pardeeは、⑤ ATCアーゼがCTPにより調節されることを発見した。この例ではアスパラギン酸とCTPの立体構造は全く異なり、CTPはATCアーゼの ウ とは別の部位に結合する。このような調節を、酵素反応の オ 調節と呼ぶ。

- 問 1. 文章中の ア ~ オ に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。
- 問 2. 下線部①のように、酵素が存在すると化学反応が促進される。生体内物質は安定したものが多く、化学反応が進行するためには、物質は反応しやすい状態(遷移(せんい)状態)となる必要がある。解答欄の図は、一般的な化学反応における酵素非存在下の イ、遷移状態、生成物の持つエネルギーの変化を破線で示している。酵素存在下の、イ、イ と酵素の複合体、および生成物のエネルギーの変化を、その特徴が明確となるように、解答欄の図に実線で記入せよ。また、図のΔGで示された、イ と遷移状態の間のエネルギーの差を何と呼ぶか。

(次頁に続く)

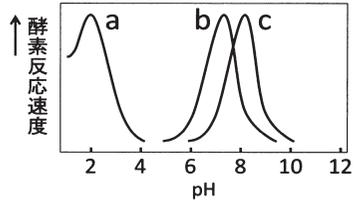
生 物 (問題用紙 2)

(Ⅱの続き)

問 3. 下線部②に関して、ほとんどの酵素は結合する イ に対して高い選択性を示す。酵素の持つこの特性を何と呼ぶか。

問 4. 下線部③に関して、それぞれの酵素反応速度が最大の時のpHを何と呼ぶか。

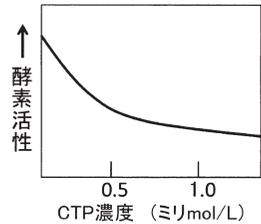
右上の図は、唾液アミラーゼ、ペプシン、トリプシンの酵素反応速度とpHとの関係を模式的に示している。図の a ~ c に相当する酵素はそれぞれどれか、解答欄に名称を記入せよ。



問 5. 下線部④に関して、試験管内で過酸化水素水にカタラーゼを加えると気体が発生する。過酸化水素水に肝臓から抽出したカタラーゼを加え、10秒間に発生する気体の体積を測定したところ、標準状態で 72.0 mL (ミリリットル) であった。

過酸化水素水にカタラーゼを加えた際に起こる反応の反応式を解答欄に書け。また、上の実験で発生した気体の生成速度を mol/sec (モル/秒) で示せ。ただし、標準状態における気体 1 mol の体積は 22.4 L とする。

問 6. 下線部⑤に関して、ATCアーゼの酵素活性とCTPの濃度との関係を右の図に示す。反応経路の最終産物であるCTPにより、ATCアーゼの酵素活性が図のような調節を受けることに、どのような生物学的意義があるか。60字以内で答えよ。



Ⅲ.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

被子植物の花は、同心円状の4領域からなり、外側から順に ア、花弁、おしべ、めしべがつくられる。めしべの基部では、将来種子になる イ が、果皮となる ウ に包まれている。おしべでは、先端にある エ の中で多く花粉が形成される。花粉は雄原細胞とそれを包む花粉管細胞からできている。これがめしべに運ばれて柱頭に付着すると、発芽して花柱内部に花粉管を伸ばす。やがて、雄原細胞から生じる2個の精細胞が、花粉管の先端から胚のう中に放出される。このうち1個は オ と融合して受精卵となり、もう1個は カ 細胞と融合して キ 細胞となる。こうした現象は ク と呼ばれ、被子植物だけにみられる特徴である。

サクランボなどバラ科の果樹では、自家受精せず他品種の花粉によるのみ受精・結実する、いわゆる ケ 性を示す種が多い。そのため果樹栽培では花粉を提供する受粉樹を混植する。①受粉樹としての適性は主にS遺伝子座にある対立遺伝子によって決まる。例えば、二倍体のサクランボのS遺伝子型は、右の表に示した対立遺伝子 ($S_1, S_2, S_3 \dots$) 2つの組み合わせで表される。佐藤錦のめしべは、佐藤錦のほか南陽の花粉も自己とみなして花粉管の伸長を阻害し、受精を妨げる一方、ナポレオンや高砂の花粉のうち異なるS遺伝子をもつものを非自己として受け入れる。S遺伝子座には、めしべの花柱の細胞(染色体数 $2n$)

品 種	S遺伝子型
高砂	S_1S_6
ナポレオン	S_3S_4
ステラ	S_3S_4'
佐藤錦	S_3S_6
南陽	S_3S_6

で発現する分泌タンパク質Pの遺伝子と、花粉管細胞(染色体数 n)で発現する細胞内タンパク質Qの遺伝子がセットで存在している。例えば、ナポレオンのめしべには S_3 がつくるタンパク質Pと S_4 がつくるタンパク質Pが共に発現し、花粉には S_3 か S_4 のいずれか一方がつくるタンパク質Qが発現している。

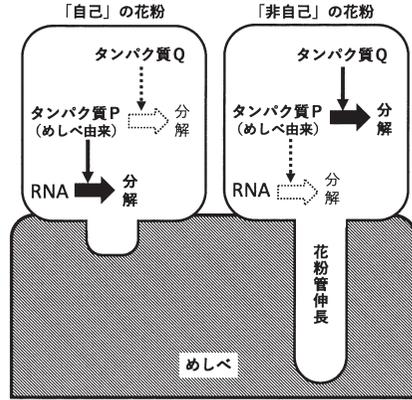
次頁の図は、タンパク質PとQの働きを模式的に示したものである。タンパク質PはRNA分解酵素であり、花粉管に取り込まれて細胞内のRNAを分解することで花粉管の伸長を阻害し、受精できなくする。一方、タンパク質Qは花粉管内でタンパク質Pの分解を促し、結果として花粉管の伸長を助ける。しかし、花粉管がもつと同じS遺伝子がつくるタンパク質Pだけは、タンパク質Qにより認識されずに分解を免れる。そのため、自家受精した花粉管内ではタンパク質Pの活性が維持され、花粉管の伸長が阻害されると考えられている。

(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 3)

(Ⅲの続き)

こうしたしくみの理解は、有用な品種の開発に役立つ。例えば、ステラは② サクランボの花粉形成の減数分裂第1分裂中期に放射線を照射することで生み出された品種で、変異 S_4 遺伝子 S_4 を持ち、変異したタンパク質Qが非自己のタンパク質Pだけでなく自己のタンパク質Pも認識して分解を促すことで、自家受精する。



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

問 2. 下線部①に関し、受粉樹となる品種を選定する際には、 S 遺伝子型以外にも重要視すべき性質がある。自然に結実させるために受粉樹がもつべき性質として最も重要と思われることを15字以内で答えよ。

問 3. 佐藤錦の受粉樹として高砂を混植した場合に得られる種子の S 遺伝子型の分離比を答えよ。ただし、 S 遺伝子型の違いは、めしべと花粉管による自己・非自己の認識だけに関わり、その他の形質に影響はないため、例えば高砂とナポレオンを掛け合わせた場合にできる種子の S 遺伝子型の分離比は、 $S_1S_2 : S_1S_3 : S_2S_3 : S_4S_5 : S_4S_6 = 1:1:1:1$ となる。

問 4. 下線部②の時期にあてはまる記述を、次の a ~ fの中から全て選び、解答欄に記号を記せ。

- a. 二価染色体が赤道面に並ぶ
- b. 細胞のDNA量は分裂前の4倍になっている
- c. 2つの相同染色体は、コヒージンによって対合している
- d. 各相同染色体の動原体領域のコヒージンは解離しない
- e. 頻繁な染色体の乗換えが起こる
- f. 中心体から伸びた紡錘糸が染色体の動原体に結合する

問 5. ステラが自家受精して得られる種子の S 遺伝子型の分離比を答えよ。

問 6. もしも佐藤錦の遺伝子に変異が起こり、 S_3 がつくるタンパク質Qと S_6 がつくるタンパク質Qの両方をひとつの花粉管細胞に発現するような花粉が生じたとしたら、自家受精するだろうか。結果を予想し、その理由を120字以内で答えよ。

(以上)