

令和3年度・個別学力検査

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25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. 試験開始後、全科目の解答用紙4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。

令和3年度個別学力検査

医学部 前期日程
理科 問題

名古屋国立大学 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。**

理 科 問 題

物	理	問題 1	3 ページ
		" 2	5 "
		" 3	7 "
		" 4	10 "

化	学	問題 1	13 ページ
		" 2	16 "
		" 3	19 "
		" 4	23 "

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	2 枚

物 理

物理問題 1

図1のように、水平面上の固い板の上に質量 M の台が載せてあり、台の右端にはばね定数 k 、自然長 Y のばね(質量は無視できる)の一端が固定されている。また、ばねの他端には質量 m の物体 A が接続されている。物体 A の左側には質量 m の物体 B が置かれている。ばねと物体 A、B は一直線上に配置されている。板と台との間には静止摩擦係数 μ_0 の摩擦力が働くが、物体 A、B と台との間には摩擦は無いものとする。重力加速度を g とする。台および物体は回転することなく板に対して平行に動くものとする。最初、台および両物体は板に対して静止しているものとする。

物体 B を物体 A に向かって速さ V まで加速させたのち、物体 A に衝突させた。

- (1) 物体 B を加速する際に与えた仕事の大きさを求めよ。
- (2) 両物体は衝突したのち一体となって運動をする。衝突直後の物体 B の速さ V_1 を求めよ。
- (3) 物体 B の初速度の大きさが V_2 より大きくなると衝突後に縮んだばねの作用により台は動き出す。このときの V_2 を求めよ。

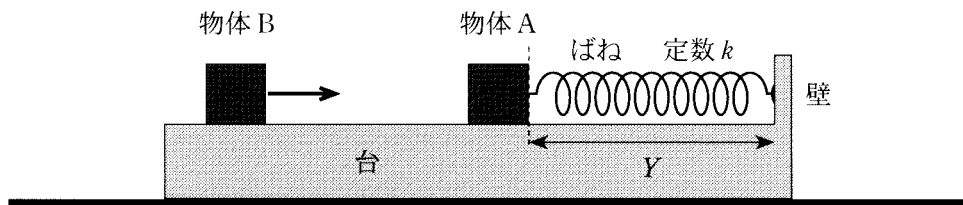


図 1

図2のように、物体Bを台に対して固定したまま、図1の装置を水平面から角度 θ だけ傾けたのち、全体が静止した状態を考える。物体Bから物体Aまでの距離を H とする。このとき台は板との摩擦力により静止しているものとする。

(4) ばねは自然長から縮んだ状態で静止する。このときのばねの縮みの大きさを求めよ。

次に、物体Bの固定を解くと、物体Bは物体Aに向かって動き始め、物体Aに衝突したのち、物体Aと一体となって運動をする。はじめに、 H が小さく衝突後に台が動かない状態を考える。

(5) 衝突直後の物体Bの速さを求めよ。

(6) 物体Aと物体Bの重力による位置エネルギーの和が、衝突直後からばねの縮みが最大となるまでの間にどれだけ減少するかを求めよ。ただし、(4)で求めた釣り合いの位置からのばねの縮みの最大値 X_{\max} を用いること。

(7) X_{\max} を求めよ。

H を H_1 より大きくすると台は動くようになる。

(8) 台が板から受ける最大摩擦力 F を求めよ。

(9) H_1 を求めよ。ただし、解答に X_{\max} や F を用いないこと。

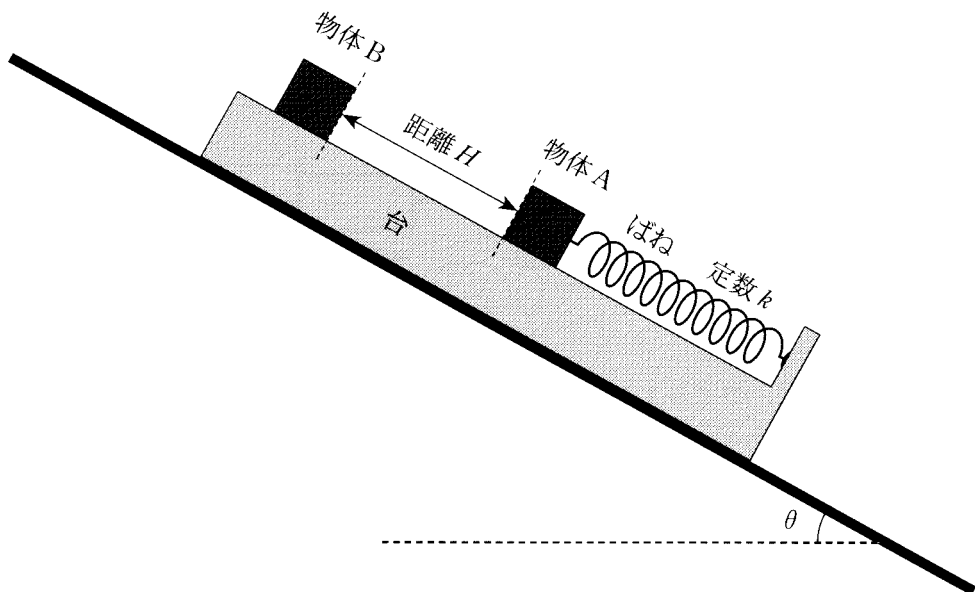


図2

物理問題 2

図1のように、任意の電圧 E を発生できる直流電源と電気抵抗 R の抵抗、および巻数 N 、長さ l 、断面積 S のコイル1を接続した回路が真空中に置かれている。電圧 E を時間 t に対して、(i) $t < 0$ のとき $E = 0$ 、(ii) $0 \leq t \leq t_a$ のとき E は t に対して単調に増加、(iii) $t > t_a$ のとき $E = 0$ となるように変化させた。このとき、回路を流れる電流 I は $0 \leq t \leq t_a$ において t に比例して増大し、 $t = t_a$ において $I = I_a$ となった。図の矢印の向きを正とする。真空の透磁率を μ とし、抵抗以外の回路の電気抵抗は無視できるものとする。

- (1) コイル1の自己インダクタンスを L_1 としたとき、 $0 \leq t \leq t_a$ の範囲について点Bを基準としたときの点Aの電位 V を求めよ。
- (2) $0 \leq t \leq t_a$ の範囲について、コイル1内部の磁場の強さ H は t に比例する。このときの比例係数を求めよ。なおコイル1は十分に長く、内部の磁場の強さは一様であるとする。
- (3) $t = t_a$ においてコイル1の内部を貫く磁束 ϕ を、 l 、 μ 、 N 、 S 、 I_a を用いて示せ。
- (4) コイル1の自己インダクタンス L_1 を、 l 、 μ 、 N 、 S を用いて示せ。

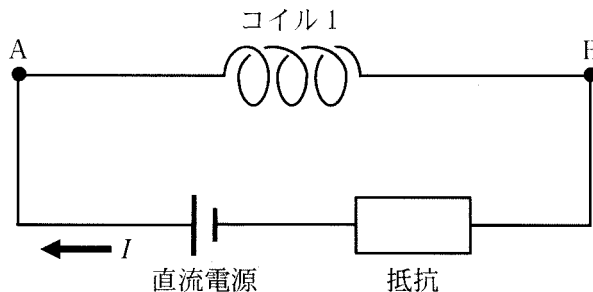


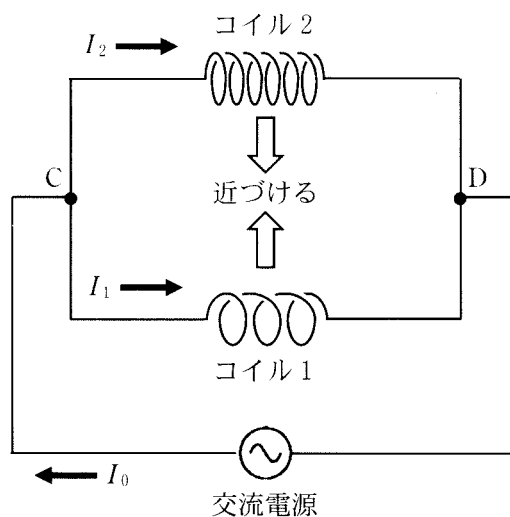
図1

図2のように、コイル1と、巻数 $2N$ 、長さ l 、断面積 S のコイル2を交流電源につないだ。図の矢印の向きを正として、交流電源を流れる電流を I_0 、コイル1を流れる電流を I_1 、コイル2を流れる電流を I_2 とする。また、微小時間 Δt における電流の変化をそれぞれ ΔI_0 、 ΔI_1 、 ΔI_2 とする。コイル1とコイル2は十分に離れており、一方の磁束変化が他方のコイルに影響を与えることはない。問(5)、問(6)では l 、 μ 、 N 、 S 、 I_1 、 I_2 、 ΔI_1 、 ΔI_2 、 Δt のうち必要なものを用いて示せ。

- (5) コイル1に生じる誘導起電力 V_1 を、点Dを基準としたときの点Cの電位の値として求めよ。
- (6) I_0 が時間変化するとき、 ΔI_1 は ΔI_2 の何倍になるか求めよ。

さらに、白抜き矢印のように、コイル1とコイル2を近づけ、一方のコイルが作る磁束の一部が他方のコイルを貫くようにする。コイル1とコイル2の自己インダクタンスをそれぞれ L_1 、 L_2 とし、ある一定の距離まで近づけたときの2つのコイル間の相互インダクタンスの大きさを M とする。

- (7) コイル1とコイル2に生じる誘導起電力を、それぞれ、点Dを基準としたときの点Cの電位の値として、 L_1 、 L_2 、 M 、 ΔI_1 、 ΔI_2 、 Δt のうち必要なものを用いて示せ。
- (8) I_0 が時間変化するとき、 ΔI_1 、 ΔI_2 は、 ΔI_0 のそれぞれ何倍か。導出過程を記述して L_1 および M を用いて示せ。
- (9) $M = (1/10)L_1$ のとき、 ΔI_1 は ΔI_2 の何倍になるか求めよ。



(コイルの巻きの向きに注意すること)

図 2

物理問題 3

海中では浮力が作用するため、潜るためには推進力が必要である。だが、ある水深以上まで潜ると、水圧によって身体(肺)が押しつぶされることで浮力が減少し、推進力を加えなくても自重のみで潜っていくことができる。この状態を「フリーフォール状態」とよぶことにする。これを簡単な物理モデルで表現してみよう。

図1のように、シリンダと軽いフタからなる容器があり、容器内には n モルの単原子分子理想気体が封入されている。フタの面積は S 、シリンダの質量は M である。フタは薄い平板で、シリンダの壁と垂直を保ちながら、容器内の気体をもらすことなく、上下になめらかに動くことができる。シリンダ上面とフタとの距離を x とする。封入気体の温度は常に T_0 で一定とする。大気圧を P_0 、気体定数を R 、重力加速度を g 、海水の密度を ρ とする。封入気体の質量、シリンダの壁やフタの厚さ、フタの質量、フタが動くときの摩擦は無視できる。以下の問いに答えよ。

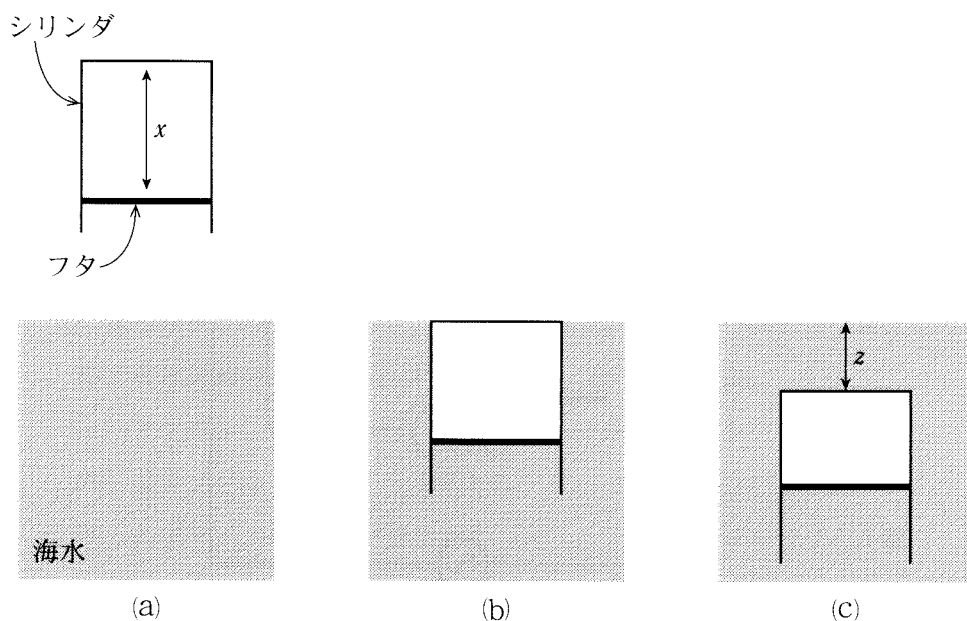


図1

- (1) まず、図 1 (a)のように、容器全体を海水面の上で静かに保持した。以下の文章の空欄を埋めよ。

フタの質量は無視できるので、容器の向きによらず、封入気体の圧力は である。よって、フタの位置は $x =$ と求められる。このときの x を L としよう。

次に、図 1 (a)の状態のフタに鉛直上向きの力 F_1 を静かに加えて、フタを $x = x_1$ の位置で静止させた。このときの封入気体の圧力は、 x_1 を用いて となる。これより、フタに作用する力の釣り合いの式は と表される。これを x_1 について解くことで、フタに外力が加わったときのフタの位置が求められる。

- (2) 次に、図 1 (b)のように、容器を海水中に静かに沈めて、シリンダ上面の位置を海水面と一致させた。以下の文章の空欄を埋めよ。

静止しているフタの位置を $x = x_2$ とする。封入気体の圧力は、 x_2 を用いて となる。また、フタには海水から単位面積あたり の水圧がかかっている。これより、フタに作用する力の釣り合いの式は と表される。これを x_2 について解くと、フタの位置の解として $x_2 =$ を得る。

- (3) 次に、図 1 (c)のように、容器を完全に海水中に沈めた。シリンダ上面と海水面との距離を水深とよぶこととし、 z で表す。以下の文章の空欄を埋めよ。

水深が z のとき、フタが x の位置で静止しているとすると、フタに作用する力の釣り合いの式は と表される。水深が深くなり、 z に対して x が十分に小さくなると、力の釣り合いの式において x/z の項が無視できる。このとき、フタの位置は近似的に $x \approx$ と求められる。

水深が $z = z_3$ のとき、容器に作用する重力と浮力が釣り合ったとする。このときのフタの位置を $x = x_3$ とする。容器に作用する重力は

である。一方、容器に作用する浮力は \square (シ) である。容器に作用する力の釣り合いより、 $x_3 = \square$ (ス) を得る。このときの水深を上で求めた近似解を用いて求めると、 $z_3 \doteq \square$ (セ) を得る。

この容器がフリーフォール状態になるときの水深を計算してみよう。 $P_0 = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, $\rho = 1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とする。また、ヒトの身体全体を容器とみなして、 $S = 1.00 \times 10^{-1} \text{ m}^2$, $L = 1.70 \text{ m}$, $M = 60.0 \text{ kg}$ とする。これらの値を用いて、m(メートル)の単位で一の位まで計算すると、 $z_3 \doteq \square$ (ソ) m となる。

ただし、この物理モデルはかなり単純化されているため、より正確な z_3 の値を求めるには、今回のモデルでは考慮しなかった他の要素を検討する必要があるだろう。

- (4) 封入気体が断熱的に変化する場合、問(3)で求めた z_3 の値は大きくなるか、小さくなるか、理由とともに答えよ。

物理問題 4

人間の眼の構造の模式図を図1に示す。ある物体を眼で観察するとき、物体からの光は、角膜・瞳孔を通して眼球の内部に入る。瞳孔は絞りの役割を持ち、その直径は、光量が大きいと小さくなり、光量が小さいと大きくなる。瞳孔を通った光は水晶体により屈折され、硝子体を通ったのち、網膜上で焦点を結ぶ。水晶体はレンズの役割を持ち、その焦点距離は、水晶体を厚くすると短くなり、薄くすると長くなる。硝子体は眼球の形状を保つ役割を持ち、無色透明で屈折率が一樣な光の媒質である。網膜は眼球の内壁上にあり、光刺激を電気信号に変えて視神経に伝える。以下の問に答えよ。なお、 x が1より十分小さいときに成り立つ近似式 $\sin x \approx \tan x \approx x$ を指示に従って用いること。

- (1) 網膜上に結像される物体の像は正立像か、倒立像か、正しい方を示せ。
- (2) 眼から遠ざかっていく物体を常に網膜上に正しく結像させて観察するとき、水晶体の厚さは、厚くなっていくか、薄くなっていくか、正しい方を示せ。
- (3) 眼から物体までの距離がある長さを超えたときに、水晶体の焦点距離を調節できず網膜上に焦点を結べない場合、近視とよばれる。近視のとき、水晶体の焦点は網膜上よりも眼球の内側にあるか、外側にあるか、正しい方を示せ。

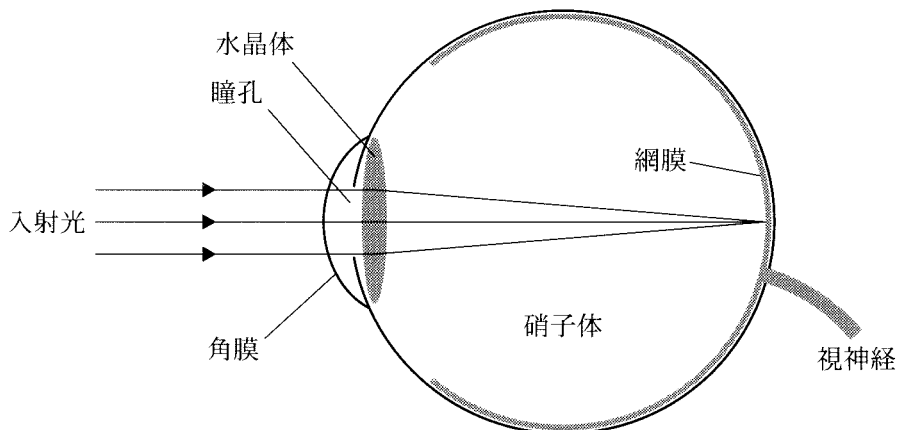


図1

- (4) 近視でない場合でも，人間の視力には上限がある。人間の眼の光学的な分解能について考える。まず瞳孔から十分遠い位置にある点光源 S_1 から発せられた波長 λ の光を見る場合について考える。入射光は平行光線で近似でき(図1)，瞳孔に垂直に入射するものとする。単純化のため瞳孔を，幅が d (d は一定) のスリットで近似する。光がスリットを通るとき，図2のように回折が生じる。図中に示したスリット内の点 a, b, c は，それぞれスリットの上の端から $0, x, x + \frac{d}{2}$ 離れた位置にあるとする。点 a, b の各点で回折され，入射方向と角 α をなす方向に進み網膜上の1点に達するほぼ平行な2つの光線の経路差 Δl を示せ。
- (5) 点 b, c の各点で回折された光を網膜上の1点で重ね合わせて得られる光(回折光)を考える。この回折光の強さ I_{bc} は，回折光の進行方向 α に依存し， α が特定の角度のとき $I_{bc} = 0$ である。 α を0から大きくしていったとき，最初に $\alpha = \alpha_{bc}$ で $I_{bc} = 0$ になるとする。 α_{bc} と λ, d との関係を表す数式で示せ。
- (6) スリット内の各点で回折された光をすべて網膜上の1点で重ね合わせて得られる回折光を考える。この回折光の強さ I は，回折光の進行方向 α に依存し， α が特定の角度のとき $I = 0$ である。 α を0から大きくしていったとき，最初に $\alpha = \alpha_0$ で $I = 0$ になるとする。 α_0 と α_{bc} の関係を数式で示せ。
- (7) 人間の眼は波長 $\lambda = 555 \text{ nm}$ の光に対して最も感度が高く，瞳孔の直径 d は数 mm である。 $\lambda = 555 \text{ nm}, d = 3.50 \text{ mm}$ とすると α_0 は何度になるか，有効数字2桁で示せ。三角関数が必要な場合，前述の近似式を用いて計算せよ。

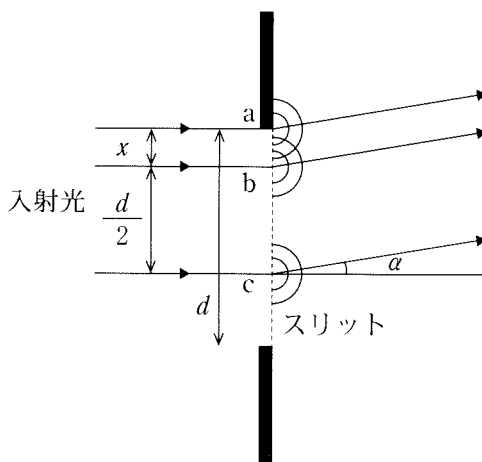


図2

- (8) 図3に示すように網膜を平面で近似し、S1から幅 d のスリットで近似した瞳孔までの距離を L 、瞳孔から網膜までの距離を f 、硝子体の屈折率を n とする。回折が起きない場合、点光源S1から発せられた光は、瞳孔を通った後、水晶体により屈折され硝子体を通り、網膜上の一点(点O)に結像される。回折が起きる場合、入射方向と角 α をなす方向に進む回折光は、網膜上の点Aに結像されるため、点光源S1の像は主として $|\alpha| \leq |\alpha_0|$ の範囲に広がって結像される。点Oから点Aまでの距離を X_A とし、 $\alpha = \alpha_0$ のとき $X_A = X_0$ であるとする。 X_0 を λ, d, f, n を用いて示せ。三角関数が必要な場合、前述の近似式を用いて計算せよ。
- (9) 点光源S1から入射方向と垂直な方向に h だけ離れた位置に点光源S2を置く(図3)。回折が起きない場合、S2から発せられた光は、網膜上の一点(点B)に結像される(図3)。点Oから点Bまでの距離を X_B とすると、 $X_B \geq X_0$ であるとき、S1から発せられた光とS2から発せられた光を、網膜上の離れた2点に分解して結像できるであろう。 $X_B = X_0$ のとき $h = h_0$ とする。 h_0 を α_0, n, L を用いて示せ。
- (10) 視力検査では、被験者から L 離れた位置にあるC字型の環(ランドルト環)の向きを識別できるかどうかで視力を測定する。認識できた最小のランドルト環の開いている部分の間隔を t とすると、 $t \geq h_0$ であると考えられる。 $t/L = \tan \theta \cong \theta$ は視角とよばれ、視力は単位に分を用いた視角(1度 = 60分)の逆数 $1/\theta$ として与えられる。例えば $\theta = 0.50$ 分の時、視力は2.0である。 $\lambda = 555 \text{ nm}$, $L = 5.00 \text{ m}$, $d = 3.50 \text{ mm}$, $f = 24.0 \text{ mm}$, $n = 1.30$ とした場合の人間の視力の光学的な上限を有効数字2桁で示せ。

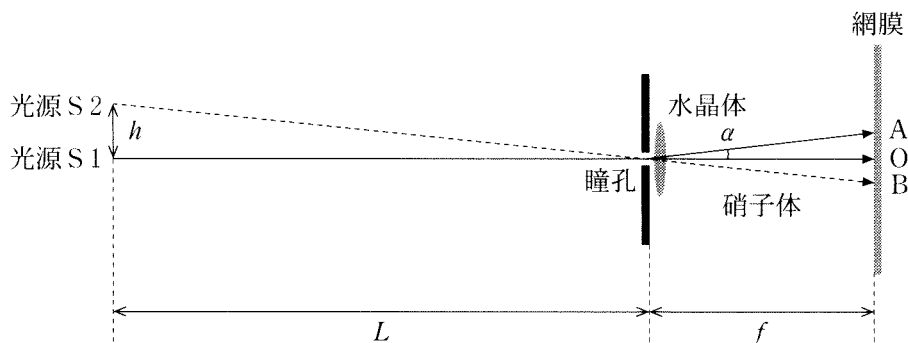


図3

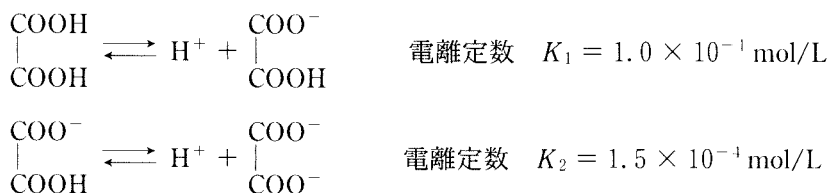
化 学

化学問題 1

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。ただし、25℃における氷酢酸の密度を1.05 g/mLとし、酢酸やギ酸の電離度は1に比べて十分に小さく、酢酸の電離定数を $K_a = 2.7 \times 10^{-5}$ mol/L、水のイオン積を $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)² とする。有効数字は2桁とする。ただし、pHは小数第3位を四捨五入して小数第2位まで求めよ。必要であれば、以下の数値を用いよ。 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, 原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0

まず、25℃において、氷酢酸 5.72 mL を水で薄めて 500 mL とした。この水溶液を水溶液 A とする。10 mL の水溶液 A を正確にコニカルビーカーにとり、pHメーターを使用して、0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定した。中和に要する水酸化ナトリウム水溶液の体積の半分の量を加えたときのコニカルビーカー内の水溶液を水溶液 B とし、過不足なく中和したときの水溶液を水溶液 C とする。

次に、25℃において、ある濃度のシュウ酸水溶液を、水酸化ナトリウム水溶液^①で中和滴定した。シュウ酸は水溶液中で次のように2段階に電離する。



シュウ酸は、酸化還元滴定でも用いられる。質量 y (g) のシュウ酸二水和物を水^②に溶かしてその体積を 100 mL とした。これを水溶液 D とする。水溶液 D を正確に 10 mL とり、硫酸酸性にして温め、0.10 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、気体が発生して、2.0 mL を加えたところで完全に反応が終了

した。一方、シュウ酸とギ酸をともに含む 100 mL の水溶液(これを水溶液 E とする)を、同様に 0.10 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、2.8 mL を加えたところで完全に反応が終了した。なお、100 mL の水溶液 E を過不足なく中和するためには、0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が 9.0 mL 必要であった。

問 1. 次の設問に答えよ。

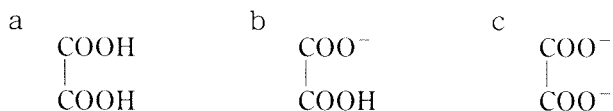
- (1) 水溶液 A, B, C のうちで、少量の水酸化ナトリウム水溶液を外部から加えたときに pH の変化がもっとも少ないのはどれか。記号で答えよ。
- (2) (1)のように、外部から少量の塩基もしくは酸を加えても pH がほぼ一定に保たれる働きを何と呼ぶか。
- (3) (2)のように、外部から少量の塩基もしくは酸を加えても pH がほぼ一定に保たれる理由を 100 字程度で説明せよ。

問 2. 水溶液 A の pH を求めよ。

問 3. 水溶液 C の pH を求めよ。

問 4. 下線部①において、次の設問に答えよ。

なお、下記の分子もしくはイオンを a, b, c と定義する。



ここで、a, b, c のモル濃度をそれぞれ $[a]$, $[b]$, $[c]$ とすると、その和 $[a] + [b] + [c]$ は一定に保たれ、a, b, c の存在割合 x_a , x_b , x_c は、それぞれ、 $x_a = \frac{[a]}{[a] + [b] + [c]}$, $x_b = \frac{[b]}{[a] + [b] + [c]}$, $x_c = \frac{[c]}{[a] + [b] + [c]}$ と表される。

- (1) $[c]$ を、 K_1 , K_2 , $[a]$, $[\text{H}^+]$ を用いて表せ。
- (2) x_b および x_c を、 K_1 , K_2 , $[\text{H}^+]$ を用いてそれぞれ表せ。
- (3) $x_b = x_c$ のときの pH を求めよ。
- (4) pH = 5 のときに、 x_a , x_b , x_c のうち最も大きいものはどれか。

問 5. 下線部②について、次の問いに答えよ。

- (1) シュウ酸二水和物の質量 y (g) を求めよ。
- (2) 発生した気体は何か。分子式で答えよ。

問 6. 水溶液 E における、ギ酸の濃度 (mol/L) を求めよ。

化学問題 2

次の[I]および[II]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桁で答えよ。必要であれば次の数値を使用せよ。原子量は $H = 1.0$, $O = 16.0$, $S = 32.0$, $Cu = 63.5$, $Zn = 65.4$, 気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$, 25°C における水の蒸気圧は $3.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ 。

[I]

8種類の金属(Ag, Al, Au, Fe, K, Na, Ni, Pt)を化学的性質に基づいてグループ(A), (B), (C)に分類した。イオン化傾向の大きいグループ(A)は、常温で水と激しく反応して ア(分子式) を発生し、陽イオンとなって水に溶ける。水に溶けないがイオン化傾向が水素より大きなグループ(B)は、希塩酸に溶けて ア を発生する。また、グループ(B)のいずれの金属も、濃硝酸に浸すと不動態^②になる。水素よりもイオン化傾向の小さいグループ(C)は、酸化力の強い酸と反応して溶けるが、希塩酸とは反応しない。

金属イオンを中心として、それに非共有電子対を持った分子や陰イオンが配位結合してできたイオンを、錯イオンという。水中の亜鉛イオンは、水分子が イ(数字) 個配位し水和した錯イオンを形成することがある。pHが大きくなると、配位した水分子にかわり ウ(イオン式) が配位する。さらに続けて ウ が配位し、亜鉛イオンの価数と配位した ウ の数が等しくなると、錯体としての電荷がゼロになり、水に溶けなくなり沈殿^③する。さらに pHが大きくなり ウ が配位すると、負の電荷をもつ錯イオンとなり、再び水に溶ける。

問 1. 下線部①のグループ(A), (B), (C)の元素をそれぞれ元素記号で記せ。

問 2. 文中の ア ~ ウ に、括弧内の指示に従って最も適切な分子式などを記せ。

問 3. 下線部②について、一般的に不動態とはどのような状態か 40 字以内で説明せよ。

問 4. 以下のうち、周期表において亜鉛と同じ族に属する金属元素をすべて記せ。

Cd, Cu, Hg, Mn, Pb

問 5. 下線部③の沈殿の化学式を記せ。ただし、配位している H_2O は省略してよい。

[II]

塩化亜鉛を含む水溶液に少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、白色沈殿④が生成した。さらに水酸化ナトリウム水溶液を加えると、白色沈殿は溶けて無色の水溶液になった。

銅と亜鉛の粉末の混合物 0.10 g に希硫酸を加え、発生した気体を水上置換で⑤捕集したところ、 25°C 、 $1.03 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 12.4 mL の気体を得られ、反応は完全に終了した。

銅の粉末を空気を通じながら加熱したのち、希硫酸を加えたところ、完全に溶けた。この溶液を濃縮すると、青色の結晶⑥が得られた。この結晶をすべて取り出し、 300°C まで加熱すると温度の上昇とともに質量が減少し、すべて白い粉末⑦となった。つづけて加熱すると黒い粉末となり、さらに加熱すると 1100°C 以上ですべて赤い粉末⑧になった。

問 6. 下線部④について、

(1) 白色沈殿が生成したときの反応式を記せ。

(2) 白色沈殿が溶けたときの反応式を記せ。

(3) 上記(2)でできた水溶液に硫化水素を通したところ、沈殿が生じた。この沈殿の化学式を記せ。

問 7. 下線部⑤について,

- (1) 得られた気体の物質量(mol)はいくらか。
- (2) この混合物中に含まれる銅の質量の割合は何%か。

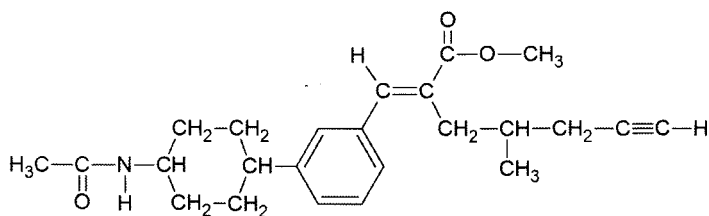
問 8. 下線部⑥~⑧について,

- (1) 下線部⑥の物質の化学式を記せ。
- (2) 下線部⑥の物質に対する下線部⑦の物質の質量の割合は何%か。
- (3) 下線部⑥の物質に対する下線部⑧の物質の質量の割合は何%か。

化学問題 3

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。なお、すべての気体は理想気体とし、その標準状態における1 molの体積は、22.4 Lとする。構造式を解答する際には、例にならって書け。また、必要であれば、次の値を使用せよ。原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, K = 39.1

[例]



化合物 A, B, C, D, E は、炭化水素もしくは、炭素、水素、酸素の3種の元素のみからなる有機化合物であり、いずれも、炭素数は4以上で分子量は100.0である。化合物 A, B, C, D の分子式はすべて互いに異なっており、化合物 E は化合物 A の構造異性体である。化合物 A, B, C は不斉炭素原子を1つもつが、化合物 D, E はもたない。

これらの有機化合物に対し、以下の実験を行った。

実験1：化合物 A, B, C の混合物をジエチルエーテルに溶かしたのち、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えてよく振り混ぜた。エーテル層と水層を分離したのち、エーテル層のエーテルを蒸発させると、化合物 B と C の混合物が得られた。この混合物を加熱したところ、沸点の差によって化合物 B と C を分離することができた。一方、水層に希硫酸を加えて中和したのちジエチルエーテルで抽出し、このエーテル層を濃縮したところ、化合物 A が得られた。

実験2：10.0 mg の化合物 A を完全燃焼させると、水 7.2 mg と二酸化炭素 22.0 mg が生成した。

実験3：触媒存在下で、化合物 B に十分な量の水素を反応させたところ、分子量が 102.0 で、不斉炭素原子を2つもつ化合物 P が得られた。

実験 4 : 化合物 B には幾何異性体は存在しなかった。また、化合物 B に臭素水を加えたところ、臭素水の色が消失した。

実験 5 : 化合物 B を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると、特異臭をもつ黄色沈殿が生じた。

実験 6 : 化合物 Q は枝分かれがある鎖状構造の炭化水素であり、その末端部分のうち 2 つに C≡C 三重結合 をもつことがわかっている。化合物 Q を、触媒存在下で ^② 十分な量の水素と反応させたところ、化合物 C が得られた。

実験 7 : 化合物 E は六員環をもつ化合物である。触媒存在下で 10.0 mg の化合物 E に十分な量の水素を反応させたところ、標準状態で 2.24 mL の水素分子が消費され、化合物 R が得られた。化合物 R は不斉炭素原子をもたないことがわかった。一方、化合物 E に臭素水を加えても、臭素水の色に変化はみられなかった。

実験 8 : 10.0 mmol の化合物 B あるいは化合物 R を溶かしたジエチルエーテル溶液にそれぞれ十分な量の単体のナトリウムを加えたところ、どちらの溶液からも標準状態で 112 mL の水素がそれぞれ発生した。一方、化合物 E を溶かしたジエチルエーテル溶液からは水素は発生しなかった。

実験 9 : 化合物 D と R の混合物を加熱したところ、分子量が 202.0 で エステル結合 ^③ をもつ化合物 S が得られた。化合物 S は不斉炭素原子をもたない。化合物 S に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えたところ、二酸化炭素が発生した。

問 1. 化合物 A, C, D の分子式を書け。

問 2. 下線部①に関して、化合物 B と C のうち沸点が低いのはどちらか記号で答え、その理由を簡潔に述べよ。

問 3. 「実験 2」に関して、この実験は下に示す図の装置を用いて行った。次の問いに答えよ。



図

- 1) 図中の I ~ IV は、下記の選択肢(ア)~(カ)のうちどの物質が該当するか。それぞれ最も適切なものを選び、記号で答えよ。

(ア) 化合物 A	(イ) ソーダ石灰	(ウ) 酸化銅 (II)
(エ) 硫酸バリウム	(オ) マグネシウム	(カ) 塩化カルシウム
- 2) 図中の I ~ IV のうち、加熱する必要がある部分をすべて選び、番号で答えよ。
- 3) 図中 II の物質はどのような働きをしているか、簡潔に説明せよ。
- 4) 図中の III と IV の物質を入れ替えた場合、生成した水や二酸化炭素の質量を正しく求めることができない。その理由を簡潔に説明せよ。

問 4. 「実験 5」に関して、

- 1) この特異臭をもつ黄色沈殿は何か。化学式で答えよ。
- 2) 次の選択肢(ア)~(ク)のうち、このような水酸化ナトリウムとヨウ素による反応で黄色沈殿が生じるものをすべて選び、記号で答えよ。

(ア) アセトン	(イ) アセトアルデヒド
(ウ) エタノール	(エ) 1-プロパノール
(オ) 2-ブタノン(エチルメチルケトン)	(カ) アセチルサリチル酸
(キ) 乳酸	(ク) 酢酸メチル

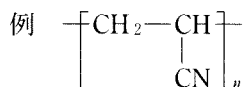
問 5. 下線部②に関して，炭化水素における炭素骨格の末端部分に存在する三重結合の有無を調べる方法として，銀アセチリドの白色沈殿を形成させる方法がある。アセチレンにアンモニア性硝酸銀を作用させたときの反応をイオン反応式で書け。ただし，有機化合物は構造式を用いて記すこと。

問 6. 下線部③に関して，油脂はグリセリンに脂肪酸がエステル結合したものである。ある 1 種類の脂肪酸 3 分子とグリセリン 1 分子からなる油脂のけん化価は，189 であった。この脂肪酸の分子式を書け。

問 7. 化合物 E, S の構造式を書け。

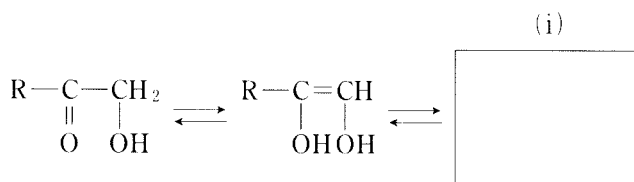
化学問題 4

次の文を読み、問1～問8に答えよ。ただし、原子量は $H = 1.00$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, 気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とする。重合度は n とし、高分子化合物は例を参考にして書け。



多糖類に分類されるデンプンやセルロースは、多数のグルコース(ブドウ糖)が縮合重合した構造をもつ天然高分子化合物である。単糖類に分類されるグルコースは、生体内ではエネルギー源として重要である。自然界の単糖類では、炭素原子を6個もつヘキソースや炭素原子を5個もつペントースが多い。二糖類に分類されるスクロース(ショ糖)は、希硫酸または酵素であるスクラーゼやインベルターゼによって加水分解され、グルコースと を等量生じる。このとき得られた混合物は とよばれる。これら糖類の性質に還元作用の有無がある。 もグルコースと同様にその水溶液は還元作用を示す。この理由は、 の鎖状構造の末端が図に示すような平衡状態にあり、 は、還元作用の要因となる官能基をもつからであると考えられる。また、細胞の主要な成分であるタンパク質は、多数のアミノ酸分子が脱水縮合してできたポリペプチド構造をもつ高分子化合物であり、食品では肉類や豆類に多く含まれる。

一般に、鎖状の合成高分子を繊維状にしたものを合成繊維という。 ϵ -カプロラクタムに少量の水を加えて加熱すると、開環重合が起こり、ナイロン6が生成する。これは、日本で開発された合成繊維であり、強度や耐久性に優れる。分子式 $C_8H_4O_2Cl_2$ のテレフタル酸ジクロリドと分子式 $C_6H_8N_2$ の *p*-フェニレンジアミンを縮合重合させると高分子化合物が生成する。これを繊維状にするとアラミド繊維が得られる。この繊維は、強さと弾力性を持ち、耐熱性に優れているため、防弾服・防護服などに用いられる。



図

問 1. 核酸には DNA と RNA がある。下線部 a) のペントースについて、DNA と RNA に含まれる糖の名称をそれぞれ書け。さらに、これらの糖の構造上の違いを簡潔に述べよ。ただし、構造上の違いが存在する炭素原子の位置(1位～5位)を特定して述べること。

問 2. ～ に最も適切な語句を記せ。

問 3. R を用いて、図の に該当する構造式を書け。ただし、図の R は置換基とする。

問 4. 64.3 g のデンプンを溶かした水溶液に希硫酸を加えて長時間加熱し、完全に加水分解することで得られるグルコースは何 g か。有効数字 3 桁で答えよ。ただし、デンプン全量がグルコースに加水分解されたとする。

問 5. 牛乳に含まれるタンパク質について次の実験を行った。牛乳 24.0 mL をとり、含まれるタンパク質を分解して、タンパク質中の窒素をすべてアンモニア (NH₃) とし、発生したアンモニアを 0.50 mol/L の硫酸水溶液 40.0 mL に吸収させた。残っている硫酸を、メチルオレンジを指示薬として 1.00 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和したところ 30.4 mL を要した。

(1) 牛乳 24.0 mL に含まれる窒素(N)の質量(mg)はいくらか。整数で答えよ。

(2) この牛乳 100 g には、何 g のタンパク質が含まれるか。ただし、タンパク質には窒素が質量%で 16 % 含まれているものとし、牛乳 1.00 mL の質量は 1.03 g であるとする。答えは有効数字 2 桁で書け。

問 6. 下線部 b) を化学反応式で表せ。

問 7. ある高分子化合物の 3.00 g を適当な溶媒に溶かして 200 mL とした溶液の浸透圧が、27 °C において 1.56×10^2 Pa であった。この高分子化合物の平均分子量を求めよ。ただし、答えは有効数字 2 桁とし、 3.1×10^2 のように記せ。

問 8. 下線部 c) について、得られたアラミド繊維の構造式を書け。

問題訂正 1

科目名 : 物理 (前)

<訂正1> 物理問題 2

5ページ 本文 下から5行目

(誤) 図の矢印の向きを正として …

(正) 図の黒矢印の向きを正として …

6ページ 本文 上から4行目

(誤) コイル1とコイル2を近づけ …

(正) コイル1とコイル2をある一定の距離まで近づけ …

問題訂正 2

科目名 : 物理 (前)

<訂正2> 物理問題 4 12ページ 本文

上から2行目

(誤) … 屈折率を n とする。

(正) … 屈折率を 1 とする。

上から8行目

(誤) … を λ , d , f , n を用いて示せ。

(正) … を λ , d , f を用いて示せ。

下から9行目

(誤) … を α_0 , n , L を用いて示せ。

(正) … を α_0 , L を用いて示せ。

下から2行目

(誤) … $f = 24.0 \text{ mm}$, $n = 1.30$ とした場合…

(正) … $f = 24.0 \text{ mm}$ とした場合…

下から1行目

(誤) … を有効数字2桁で示せ。

(正) … を有効数字2桁で示せ。三角関数が必要な場合、前述の近似式を用いて計算せよ。