

平成 23 年度

後 期 日 程

理 科 (90 分)

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。
また、別冊の解答用紙についても同じです。
2. 問題は、「物理」が 1 ページから 11 ページまで、「化学」が 12 ページから 23 ページまであります。解答用紙は、「物理」は 後 1 , 後 2 , 後 3 の 3 枚、「化学」は 後 4 , 後 5 , 後 6 , 後 7 の 4 枚からなっています。ページの脱落等に気付いたときは、手をあげて監督者に知らせなさい。「化学」Ⅲの B, C は選択問題です。解答用紙の所定の欄に選択した問題の記号(B または C)を記入すること。記入のあった記号の問題を解答したのものとして採点します。
3. 解答は、以下の指示に従い解答用紙の指定された欄に記入しなさい。
 - (ア) 生命・物質工学科, 環境材料工学科, 電気電子工学科, 建築・デザイン工学科, 都市社会工学科を志望するものは、「物理」, 「化学」のうちから 1 科目を選択し、解答しなさい。
 - (イ) 機械工学科, 情報工学科を志望するものは、「物理」を解答しなさい。
4. 監督者の指示に従って、選択した科目のすべての解答用紙の該当欄に志望学科名及び受験番号(2 か所)を記入しなさい。
5. 解答用紙の※を付した欄には、何も記入してはいけません。
6. 問題冊子の白紙と余白は、下書きに適宜利用してもよろしい。
7. 試験終了後、この問題冊子及び下書き用紙は持ち帰りなさい。

物 理

注 意 問題はⅠ、Ⅱ、Ⅲの3題である。

Ⅰ なめらかで水平な床面に置かれた発射台から斜め上方に小物体が発射されたときの運動について、以下の問1、問2に答えよ。ただし、重力加速度を $g[\text{m/s}^2]$ とし、発射台と小物体の高さや大きさ、空気による抵抗、発射の反動による床の運動は無視できるものとする。

問 1 まず、図1のように、発射台が床面に固定され、質量 $m[\text{kg}]$ の小物体が床面および発射台に対して初速度 $v_0[\text{m/s}]$ 、角度 $\theta[\text{rad}]$ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) で斜め上方に発射された場合について考える。

- (1) 発射直後の小物体の運動エネルギーを示せ。
- (2) 小物体が発射されてから床面に落下するまでの時間を求めよ。
- (3) 発射台の位置から小物体の落下地点までの距離を求めよ。
- (4) $\theta = \frac{\pi}{4}$ のとき、発射台の位置から小物体の落下地点までの距離はいくらか。

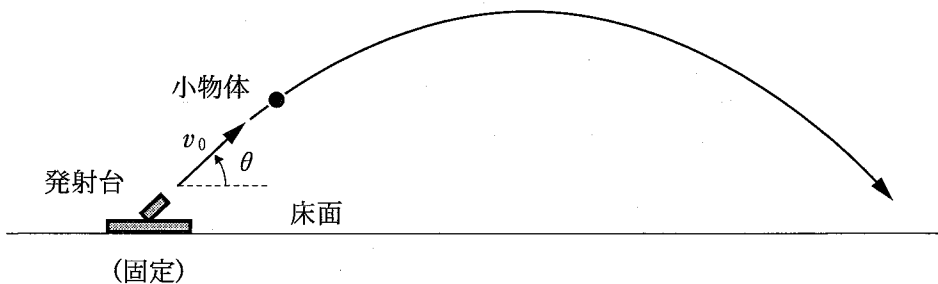


図 1

問 2 次に、図2のように、床面との固定が外された質量 $3m$ [kg] の発射台から質量 m [kg] の小物体が、床面に対して初速度 v_0' [m/s]、角度 θ' [rad] ($0 < \theta' < \frac{\pi}{2}$) で斜め上方に発射された場合について考える。小物体の発射と同時に発射台は図の左向きに床面を離れることなく並進運動を始め、発射直後に発射台からみた小物体の運動方向の角度は ϕ [rad] であった。

(5) 小物体発射前後の水平方向の運動量保存を考えることにより、発射後の床面に対する発射台の速度の大きさを、 v_0' 、 θ' を用いて表せ。

(6) 発射直後の小物体の運動エネルギーと発射台の運動エネルギーの和を、 m 、 v_0' 、 θ' を用いて表せ。

(7) $\tan \phi$ を θ' を用いて表せ。

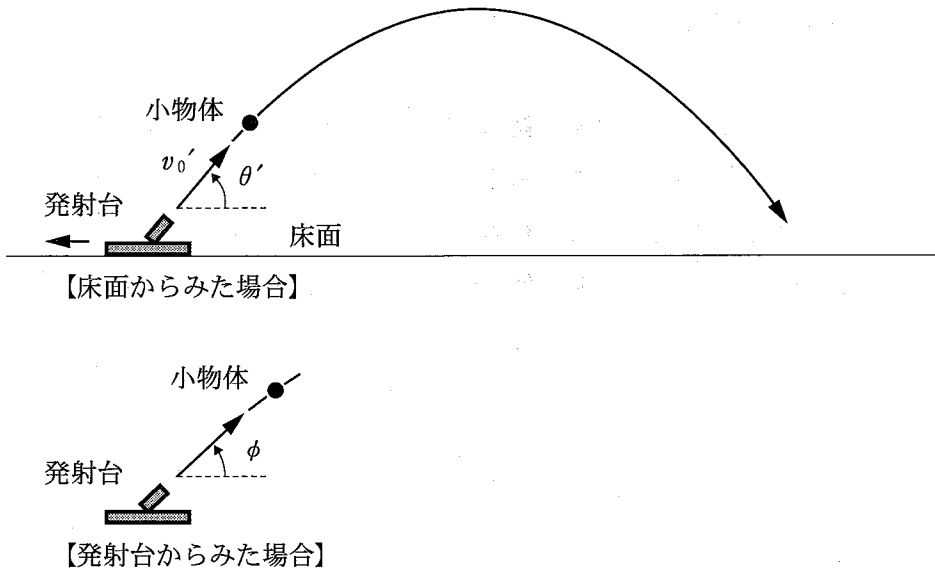


図 2

さらに、発射直後に発射台からみた小物体の運動方向の角度 ϕ が $\frac{\pi}{4}$ で、かつ発射に際し小物体と発射台に与えられた運動エネルギーの和が問 1 (1) で示した発射直後の小物体の運動エネルギーと等しい場合について、小物体の到達距離を考える。

(8) 問 2 (7) の ϕ と θ' の関係を用いて、以後の計算に必要となる $\cos \theta'$ および $\sin \theta'$ の値を数値(分数)で求めよ。

(9) $v_0'^2$ は v_0^2 (但し、 v_0 は問 1 における小物体の初速度) の何倍か。数値(分数)で示せ。

(10) 発射時の発射台の位置から小物体の落下地点までの距離は、問 1 (4) で求めた距離の何倍か。数値(分数)で示せ。

Ⅱ 電磁場中の物体の運動に関する以下の問1，問2に答えよ。ただし運動は真空中で行われるものとし，重力加速度を g [m/s²] とする。

問1 正の電荷 q [C] を帯電させた質量 m [kg] のおもりが長さ l [m] の電気を通さない軽い糸で天井からつり下げられている。糸が鉛直方向のときのおもりの位置を点 L とする。ここで，図1のように水平方向に右向きの一様な電場(電界)を加えると，糸が鉛直方向から右側へ角度 α [rad] 傾いたところで静止した。

- (1) この一様電場の大きさを求めよ。また，おもりの静止位置での一様電場による電位を求めよ。ただし電位の基準は点 L にとる。
- (2) 上の静止位置から糸を紙面内でわずかに傾けて放すと，おもりは静止位置を中心として振り子運動を始めた。振幅の小さい振り子の運動は単振動とみなせることを用いて，この振り子運動の周期を求めよ。

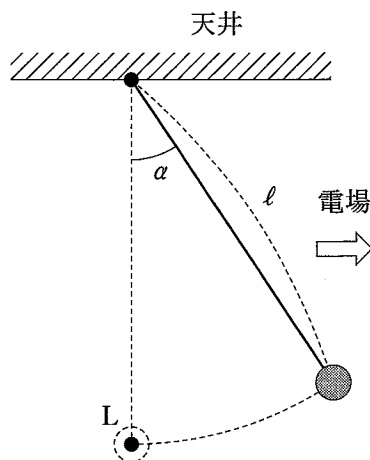


図1

次に、糸の角度 α の位置におもりを静止させた状態から、電場の大きさはそのまま電場の向きを水平方向左向きに瞬間的に反転させると、おもりは図2のように、糸をたるませることなく振り子運動を始めた。

(3) 鉛直方向から左側への糸の最大振れ角 β [rad] を求めよ。

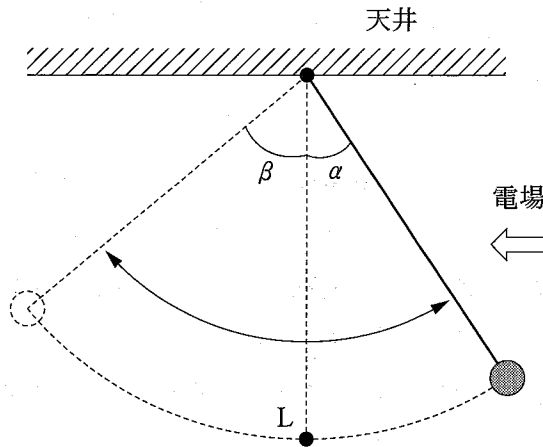


図 2

問 2 図 3 のように、水平からの傾きが $\frac{\pi}{6}$ rad のなめらかな斜面上を一辺の長さ a [m] の 1 巻きの正方形コイル ABCD がすべり落ちる。図 3 に示すように斜面に沿って下向きに x 軸をとり、斜面上の位置を座標 x [m] で表す。 $0 < x < a$ の幅 a の領域には、斜面に対して垂直上向きに磁束密度 B (T) の一様な磁場 (磁界) が加えられている。コイルの質量を m [kg]、抵抗を R (Ω) として以下の問に答えよ。ただしコイルを流れる電流による磁場は無視する。

- (1) コイルの辺 AB が位置 x ($0 < x < a$) にあるとき、コイルを貫く磁束はいくらか。
- (2) コイルの辺 AB が位置 x ($0 < x < a$) を速度 v [m/s] で下向きに通過する瞬間に、コイルに生じている誘導起電力の大きさはいくらか。またこの誘導起電力によりコイルに流れる電流の向きは、図 3 の矢印①、②のどちらか。
- (3) このとき磁場中のコイルの各辺は磁場から力を受ける。これらの力の合力の大きさはいくらか。

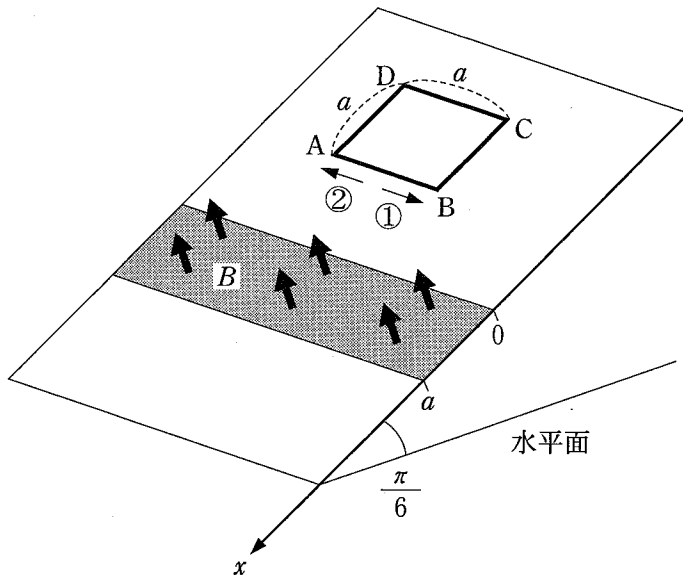


図 3

辺 AB が位置 $x = 0$ をある速度 v_c [m/s] で下向きに通過すると、その後、辺 CD が位置 $x = a$ を通過するまでの間コイルは一定の速度 v_c ですべり落ちた。

(4) この速度 v_c の大きさを求めよ。

(5) この間にコイルに流れる電流の変化を、辺 AB の位置 x ($0 < x < 2a$) の関数としてグラフに表せ。ただし、解答用紙のグラフ中の I_0 [A] は電流の大きさの最大値を表し、電流の符号は図 3 の矢印①の向きを正とする。

材質や線の太さの異なる 3 つの正方形 1 巻きコイル X, Y, Z を用意する。コイルの 1 辺の長さ a は 3 つのコイルですべて等しい。各コイル線の断面積および材質は一樣で、それぞれの断面積、密度および抵抗率の値は以下の表にまとめられている。

コイル	断面積 [mm ²]	密度 [g/cm ³]	抵抗率 [$10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$]
X	0.5	8.0	2.5
Y	1.0	4.0	2.5
Z	1.0	8.0	5.0

これらのコイルを図 3 の斜面上方からすべり落とすと、コイルは磁場の領域にさしかかった直後にそれぞれある速度 v_c まで急激に減速し、その後、磁場の領域から抜け出すまでの間、一定速度 v_c ですべり落ちた。

(6) 3 つのコイルのうち、速度 v_c の大きさが最小のものと最大のものを、それぞれ記号 X, Y, Z で答えよ。ただし、等しいものが 2 つある場合はその両方を記すこと。

Ⅲ 音や光の波の性質を利用して、重力加速度 g [m/s^2] を測定する方法を考える。

いま、水平面から傾斜角 θ [rad] の斜面で台車が重力によって下っているとしよう。台車と斜面の間の摩擦および台車にはたらく空気抵抗は無視できるものとして、以下の問 1、問 2 に答えよ。

問 1 図 1 に示すように、斜面のある地点 O に振動数 f [Hz] の音源 S を置き、斜面を下っている台車の上に設置されたマイク M で音を観測する。空気中の音速は V_s [m/s] である。

(1) 台車が初速度 0 で下り始めてから時間 t [s] 後の台車の速度の大きさを重力加速度 g を用いて表せ。

(2) 台車の速度の大きさを v [m/s] ($v < V_s$) として、観測者が運動し、音源が静止している場合のドップラー効果について考える。

(ア) 観測者が波長 λ [m] の音と同じ向きに一定速度 v で運動しているとす
る。この観測者を時間 Δt [s] の間に通過する音の波の個数を示せ。

(イ) 振動数 f の音波の波長を示せ。

(ウ) この観測者が観測する音の振動数 f' [Hz] は単位時間あたりに観測者
を通過する波の個数に等しい。 f' を f , V_s , v を用いて示せ。

(3) 観測者の速度 v が時間とともに変化する場合、上問(2)一(ウ)で得られた
関係に従って観測者の観測する振動数 f' も時間とともに変化する。マイ
ク M で観測される音の振動数が f' のときの台車の速度 v を f , f' , V_s を
用いて表せ。

(4) 台車が斜面を初速度 0 で下り始めてから時間 t [s] 後にマイク M で観測さ
れる振動数を f' とする。台車の速度は直接測定できないものとして、重
力加速度 g を f , f' , V_s , t , θ を用いて表せ。

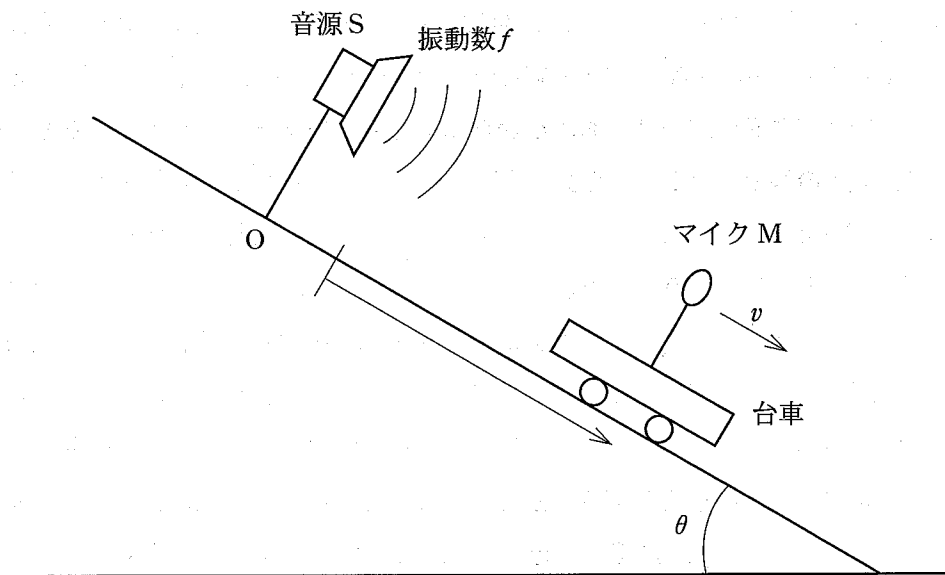


図 1

問 2 光の半分を透過し、半分を反射するハーフミラーという鏡を用いると、同じ光源から出た光を二つに分離してそれらの干渉を測定することができる。図 2 に示すように、台車の上にミラー M1 を置く。レーザー光源 S から発した波長 λ (m) のレーザー光はハーフミラー P で光線 A と B に分離され、二通りの経路を経由して点 O に達する。ハーフミラー P で反射された光線 A は、台車上のミラー M1 で反射された後、ハーフミラー P を通過して点 O に達する。一方、ハーフミラー P を通過した光線 B は、斜面上に置かれたミラー M2 で反射され、ハーフミラー P で反射されて点 O に達する。これら二つの光線 A, B の干渉光を点 O で観測する。干渉光の強度は、点 O での光線 A と B が同位相のとき極大となり、逆位相のとき極小となる。ここで光線 B の光路長は変化しないが、光線 A の光路長は台車の移動によって変化することに注意せよ。

いま、時刻 0 に台車が初速度 0 で斜面を下り始めた。以下では、台車の速度は光速に比べて十分に小さく、ミラー M1 での反射による光の波長の変化は無視できるものとする。

- (1) 時刻 t [s] までの台車の移動距離 x [m] を重力加速度 g を用いて表せ。
- (2) ある時刻で干渉光の強度が極大となった。次に干渉光の強度が極大となるまでに台車が移動する距離を示せ。
- (3) ある時刻 t_1 [s] で干渉光の強度が極大となり、次に干渉光の強度が極大となった時刻が t_2 [s] ($t_2 > t_1$) であった。このとき、重力加速度 g を t_1 , t_2 , λ , θ を用いて表せ。

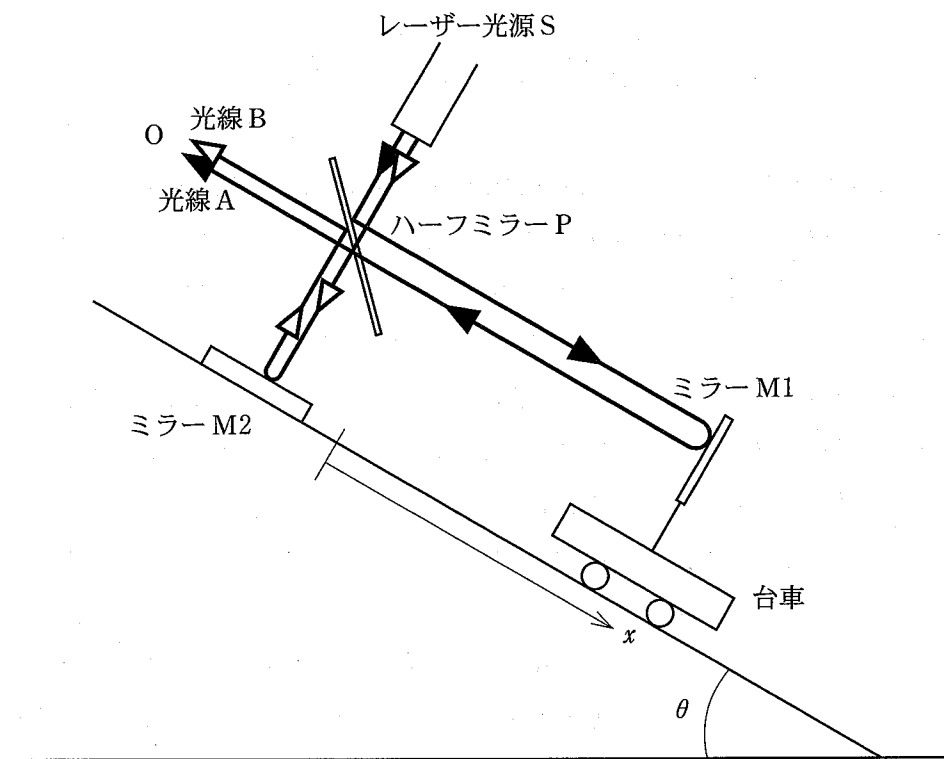


図 2

化 学

注 意 問題はⅠ、Ⅱ、Ⅲの3題である。解答に単位が必要なものには単位をつけて記すこと。ⅢのAは全員解答し、ⅢのBとCはどちらか一方を選択して解答すること。また、問題文中の体積の単位記号Lは、リットルを表す。

Ⅰ 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。なお、解答に至る導出過程も記すこと。必要であれば、下の値を用いよ。

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

27℃における飽和水蒸気圧： $3.57 \times 10^3 \text{ Pa}$

海水には様々なアルカリ土類金属イオンが含まれている。その中で最も量が多いのはマグネシウムイオンであり、次に多いのはカルシウムイオンである。海水は、人間活動によって大気中に放出された二酸化炭素の約30%を吸収していると推定されている。海水が吸収する二酸化炭素の量は、ヘンリーの法則に従った溶解量だけで決まるわけではなく、海水中のイオンとの反応、海洋生物の光合成の量など様々な要因が関係している。海水のpHは8.2前後であるが、大気中の二酸化炭素の増加による海水酸性化が起り始め、新たな環境問題になっている。海水酸性化とは、二酸化炭素の海水への溶解量が増えることにより、海水のpHが中性に近づくことである。海水のpHが中性に近づくことにより、様々な生態系への影響があると考えられている。

問 1 アルカリ土類金属の水酸化物の中では、水酸化マグネシウムは最も水に溶けにくい。海水中のマグネシウムイオンの濃度は $5.30 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ である。 $5.30 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の塩化マグネシウム水溶液 600 mL に、濃水酸化ナトリウム水溶液を少量加えて十分にかき混ぜたところ、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ の沈殿が生じた。それ以上沈殿が生成しなくなるまで待ってから、溶液の pH の値を測定したところ 9.50 であった。沈殿生成後の溶液中の Mg^{2+} のモル濃度 (mol/L) および生じた $\text{Mg}(\text{OH})_2$ の物質量 (mol) を求め、3 桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。解答に至る導出過程も記すこと。ただし、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ の溶解度積 K_{SP} は $1.20 \times 10^{-11} (\text{mol/L})^3$ であるとし、この実験を通して溶液の体積は変化しなかったものとする。

問 2 海水中のバリウムイオンの量は、カルシウムイオンの量よりもかなり少ない。その要因の 1 つとして、炭酸バリウムの溶解度積の値が炭酸カルシウムの溶解度積の値よりもかなり小さいことがあげられる。

容積可変の容器に 0.150 mol/L の水酸化バリウム水溶液 1.00 L、二酸化炭素 0.100 mol、窒素 0.250 mol を入れて、容器の容積を 2.00 L にした。容器内には、水酸化バリウム水溶液、二酸化炭素、窒素以外の物質は存在していなかった。この状態で容器をよく振り混ぜたところ、炭酸バリウムの沈殿が生じた。十分な時間がたち、それ以上沈殿が生じなくなったときの、容器内の水溶液中のバリウムイオンと炭酸イオンのモル濃度 (mol/L) を求め、3 桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。解答に至る導出過程も記すこと。ただし、 BaCO_3 の溶解度積 K_{SP} は $5.00 \times 10^{-9} (\text{mol/L})^2$ とする。また、水の体積変化および溶液内の $[\text{HCO}_3^-]$ は無視できるほど小さいものとする。

問 3 新しく用意した容積可変の容器に 0.100 mol の二酸化炭素と 0.250 mol の窒素を入れ、 27°C において容積を 6.00 L にした。このときの各気体の分圧 (Pa) を求め、3 桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。解答に至る導出過程も記すこと。

問 4 27℃において問3の容器に水1.00 Lを加え、容器の容積を7.00 Lにした。この操作において、水以外の物質の出入りはなかった。その後、二酸化炭素と窒素の水への溶解が平衡に達するまで放置した。水に溶けている二酸化炭素と窒素の物質質量(mol)を求め、3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。ただし、水の蒸発による液体の体積変化は無視できるものとし、各気体の水への溶解はヘンリーの法則に従うものとする。また、27℃、 1.01×10^5 Paにおける各気体の水への溶解度は、二酸化炭素： 3.30×10^{-2} mol/L、窒素： 6.54×10^{-4} mol/Lとする。

問 5 問4の状態での容器内の気体の全圧(Pa)を求め、3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。解答に至る導出過程も記すこと。

II 次のA, Bに答えよ。

A 次の文章を読み、以下の問1～問3に答えよ。問3(2)は、解答に至る導出過程も記すこと。

我々の周りには多くの化学物質が存在しており、それらは様々な化学結合により構成されている。たとえば、もっとも身近な無機化合物の1つである水の酸素原子と水素原子は、互いに電子1つずつを供与する 結合で結合している。また水溶液中においては、水分子は単独では存在しておらず、酸素原子と他の水分子の水素原子が 結合で会合し、複数の分子があたかも1つの分子のようにふるまっている。この 結合により、水は分子量から予想される温度よりも高い沸点を示す。また、多くの有機化合物においては、近接する分子間でファンデルワールス力が働いている。 結合やファンデルワールス力により形成される結晶を 結晶という。塩化カリウムの結晶は 結合で形成されており、このような結晶を 結晶という。塩化カリウムは結晶状態では導電性を示さないが、水溶液や 状態では導電性を示す。すべての金属結晶は導電性をもつが、これは価電子が特定の原子に固定されず、結晶中を動きまわることができるからである。^(a) また金属の特徴として、たたくと薄く広がる性質や、^(b)引張るとのびる性質があり、これらの性質を利用して金箔や銅線が^(c)つくられている。

問1 文中の空欄 ～ に当てはまる適当な語を記せ。

問2 下線部(a)で示された性質をもつ電子の名称を記せ。また、下線部(b), (c)で表される金属の性質の名称を記せ。

問 3 クロムは常温常圧で体心立方格子構造をとり、単位格子の一辺の長さは 2.9×10^{-8} cm である。

- (1) 単位格子中に含まれるクロム原子の数を記せ。
- (2) クロムの結晶の密度 (g/cm^3) を求め、3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。解答に至る導出過程も記すこと。必要であれば下の値を用いよ。

原子量 Cr : 52 アボガドロ定数 : $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

B 第3周期の元素に関する次の文章を読み、以下の問4～問10に答えよ。

有色かつ有毒の気体である **A** は、水と反応して **カ** と酸化力のある **キ** を生成する。**B** の塩は炎色反応で **ク** 色を示すが、その単体は水と容易に反応してしまうため石油中で保存する。**B** の水酸化物は工業的に重要な化合物であり、**ケ** 水溶液の電気分解^(d)で製造される。**C** には、常温常圧で8個の原子からなる2種の同素体と、ポリマー状の同素体が存在する。この**C** のオキソ酸で強酸である **コ** は、工業的に重要な酸であり **C** の二酸化物から接触法(接触式 **コ** 製造法)^(e)により製造される。**D** は酸とも強塩基とも反応するが、濃硝酸と反応させると、表面に^(f)ち密な酸化被膜が形成され、反応が進みにくくなる。**D** の水酸化物は、酸とも塩基とも反応するため、^(g)**サ** 水酸化物と呼ばれる。

問4 文中の空欄 **A** ～ **D** に当てはまる適当な元素名を記せ。

問5 文中の空欄 **カ** ～ **サ** に当てはまる適当な語を記せ。

問6 下線部(d)の電気分解は、陽極付近の液と陰極付近の液が混ざらないようにするため、陽イオン交換膜などの隔膜で電解槽を仕切って行われる。隔膜を用いないで電気分解を行うと、隔膜を用いた場合よりも流れた電子1 molあたりの **B** の水酸化物の生成量が少なくなる。その理由を2行以内で記せ。

問7 希 **コ** が木綿の布についたときに、そのままにしておくと布がこげて、穴があくことがある。その理由を2行以内で記せ。

問8 下線部(e)の接触法で用いられる触媒の化学式を記せ。

問9 下線部(f)の状態の名称を記せ。

問10 下線部(g)の **D** の水酸化物と塩酸および水酸化ナトリウム水溶液との反応のイオン反応式を記せ。

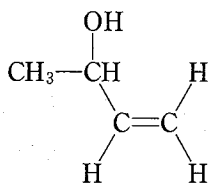
Ⅲ Aについては全員が解答すること。B, Cについてはいずれか一方を選択し、解答用紙の所定の欄に選択した問題の記号(BまたはC)を記入すること。

A 次の文を読み、以下の問1～問6に答えよ。必要であれば、原子量は次の値を用いよ。

H : 1.0 C : 12 O : 16

構造式は下の例にならって記すこと。

[例]



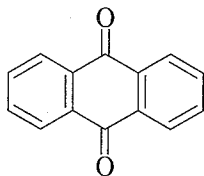
アリザリンは古くから使われている赤色染料の成分のひとつであり、人工的に合成された最初の染料でもある。

問1 アリザリンはアントラセンから合成されるC, H, Oからなる化合物である。元素分析の結果、炭素が70.0%, 水素が3.36%であり、分子量は240であった。アリザリンの分子式を記せ。

問2 下に示す化合物Xはアリザリンの基本骨格である。アリザリンは、Xの水素原子2つを同一の官能基Wで置換した構造である。

- (1) Xの2つのベンゼン環のうち、右側のベンゼン環の2つの水素原子をWに置換した場合に生じる異性体の数を記せ。
- (2) Xの右側のベンゼン環と左側のベンゼン環の水素原子をそれぞれ1つずつWに置換した場合に生じる異性体の数を記せ。

化合物X



問 3 アリザリンは、**X** のベンゼン環の隣り合った 2 つの水素原子をそれぞれ官能基 **W** に置換したものである。アリザリンのベンゼン環の 1 つの水素原子をさらに **W** で置換すると、異性体が 6 種類生成する。アリザリンの構造式を記せ。

問 4 アリザリンは鉄(Ⅲ)イオンによって著しく色調が変化し、この現象は染色において利用されている。この鉄(Ⅲ)イオンの呈色によって官能基 **W** が検出できる。官能基 **W** のもつ性質として正しいものを下の(a)~(e)からすべて選び、その記号を記せ。

- (a) 水酸化ナトリウム水溶液を加えると、ナトリウム塩になる。
- (b) 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、ナトリウム塩になる。
- (c) 金属ナトリウムと反応して水素を発生する。
- (d) メタノールと反応してエステルを生成する。
- (e) 無水酢酸と反応してアセチル基を有する化合物になる。

問 5 アリザリンのベンゼン環にスルホ基を導入した化合物のナトリウム塩は染料として使用されている。ベンゼン(C_6H_6)のスルホン化反応の化学反応式を記せ。ただし、有機化合物は化合物 **X** の例にならった構造式を用いて記すこと。

問 6 芳香族アゾ化合物は一般に黄色から赤色を示し、アゾ染料として用いられている。例えば、アニリンの希塩酸溶液に亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、塩化ベンゼンジアゾニウムの水溶液が得られ、これをナトリウムフェノキシド **Y** の水溶液に加えると橙色の化合物 **Z** が生じる。化合物 **Y**、**Z** の構造式を記せ。

B 次の文章を読み、以下の問1～問4に答えよ。

ナイロンは [ア] 結合により連なった高分子化合物であるポリ [ア] の一種である。6,6-ナイロン(ナイロン6,6)は、アジピン酸とヘキサメチレンジアミンとの [イ] 重合により得られる。一方、6-ナイロン(ナイロン6)は ϵ -カプロラクタムの [ウ] 重合により合成される。6-ナイロンには、高分子の繰り返し単位中にカルボニル炭素を含めて6つの炭素原子が含まれる。 x -ナイロンという名称の x は、繰り返し単位の主鎖に含まれる炭素原子の数を示している。ラクタムとは環状 [ア] 化合物の総称であるが、カルボニル炭素の隣の炭素を α 炭素といい、 ϵ -カプロラクタムはその α 炭素原子から4個隣の炭素原子(ϵ 炭素原子)と窒素原子が結合している化合物である。また、 ϵ -カプロラクタムよりも歪みが大きい β -ラクタム類の [ウ] 重合も知られている。 β -ラクタムは [エ] 員環構造を持ち、その重合により [オ] -ナイロンが得られる。

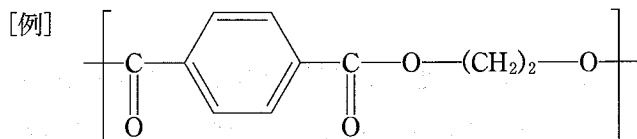
[イ] 重合や [ウ] 重合以外にもナイロンを合成する方法が知られている。単量体によっては、炭素-炭素二重結合の付加重合と同じように、炭素-窒素間の二重結合の開裂を利用した付加重合を行うことができる。この反応を利用して、単量体Aから1-ナイロンを合成することができる。1-ナイロンでは、[ア] 結合の窒素原子に付いた水素原子を様々な置換基に置き換えたものが合成されている。

問1 文中の空欄 [ア] ~ [ウ] に当てはまる適当な語、および空欄 [エ] , [オ] に当てはまる適当な数を記せ。

問2 付加重合により得られる高分子を下記の中からすべて選び、記号で記せ。

- | | | |
|-----------|------------|---------|
| ア) ポリエチレン | イ) タンパク質 | ウ) デンプン |
| エ) アクリル繊維 | オ) フェノール樹脂 | カ) 合成ゴム |

問 3 (A)6,6-ナイロン, (B) ϵ -カプロラクタムの構造式を例にならって記せ。



問 4 単量体 A はイソシアネートと呼ばれる化合物である。イソシアネートは窒素原子に様々な置換基を結合させることができる。C, H, N, O からなる単量体 A を付加重合させて得られた 1-ナイロンの元素分析を行なったところ、炭素：60.58%，水素：9.15%，窒素：14.13% であった。この単量体 A には枝分かれは存在しておらず、窒素原子は 1 つであった。この単量体 A の分子式を記せ。また、単量体 A の構造式を問 3 の例にならって記せ。必要であれば、原子量は下の値を用いよ。

H : 1.0 C : 12 N : 14 O : 16

C 次の文章を読み、以下の問1～問3に答えよ。

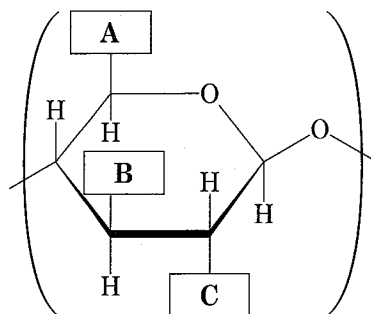
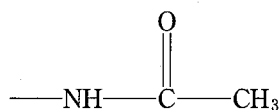
多糖類であるセルロースとデンプンとの相違点が多い。植物細胞壁の主成分であるセルロースは、がグリコシド結合によりつながり、分子間で結合を形成することにより強固なシート状構造をとっている。そのため、ほとんどの溶媒には溶解しない。セルロースでは、デンプンとは異なりヨウ素デンプン反応は起こらない。デンプンは構造をとっており、その内部にヨウ素が入り込むことにより発色するが、セルロースは構造をとっていないのでヨウ素が入り込まない。また、人間が食物からデンプンを摂取すると、により体内で消化することができるが、食物繊維であるセルロースは消化できない。これは、セルロースを分解する消化をもっていないためである。セルロースを繊維の原料として用いるために、化学修飾を行うことがある。代表例である酢酸セルロースは、無水酢酸によるセルロースのアセチル化反応により得られる。^(a)

セルロースの2-位のヒドロキシ基をアセトアミド基($-\text{NHCOCH}_3$)に置換した構造をもつキチンは、カニやエビの殻や菌類の細胞壁など広く天然に存在する。セルロースと同様に、キチンを化学修飾する様々な方法が検討されている。その中で代表的な反応は、アセトアミド基の加水分解(脱アセチル化)反応を利用したキトサンへの変換である。キトサンは2-位にアミノ基が付いた化合物である。^(b)水酸化ナトリウム水溶液中で加熱することによってキチンの加水分解反応は進むが、完全に加水分解(脱アセチル化)したキトサンを容易に得ることはできない。

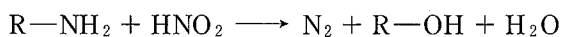
問1 文中の空欄～に当てはまる適当な語を記せ。

問 2 下線部(a)および(b)の酢酸セルロースとキトサンについて、下図右側の **A** , **B** , **C** に当てはまる適切な官能基を構造式で記せ。構造式はアセトアミド基の例にならって書け。ただし、酢酸セルロースにおいてはセルロースのアセチル化が、キトサンにおいてはキチンの加水分解(脱アセチル化)反応が完全に進行したとする。

[例] アセトアミド基



問 3 キチンの繰り返し単位の式量は 203 である。キチンを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解したところ、一部がアセトアミド基のまま残ったポリマーが 0.50 g 得られた。これを亜硝酸と反応させたところ、すべてのアミノ基が下の反応式に示す反応を起こし、窒素が生じた。この反応式では、キトサンを R—NH_2 と表している。



この反応で生成した窒素は、 0°C 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1 atm) で 63.0 mL であった。加水分解反応後に得られたキトサン中のアミノ基の物質質量 (mol) を求め、3桁目を四捨五入して有効数字 2桁で記せ。また、この加水分解反応におけるアセトアミド基からアミノ基への変換率 (%) を求め、3桁目を四捨五入して有効数字 2桁で記せ。ただし、窒素は理想気体であり、高分子の末端構造は考慮する必要はない。必要であれば、原子量は下の値を用いよ。

H : 1.0 C : 12 N : 14 O : 16