

'15

前期日程

受験 番号		
----------	--	--

理 科 問 題

(医学部医学科)

注 意 事 項

問題〔1〕～〔6〕は全て解答してください。問題〔7〕、〔8〕は、どちらか一題を選択して解答してください。問題〔7〕、〔8〕では、選択した問題の解答用紙左上の選択欄に、○を記入してください。ただし、問題〔7〕、〔8〕の両方の選択欄に○を記入した場合、あるいはいずれの選択欄にも○の記入がない場合は、どちらの答案も0点となるので、十分注意してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子のページ数は26ページです。問題に落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
4. 下書きには下書用紙と問題冊子の余白を利用してください。
5. 解答用紙を持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

問題を解くにあたって、必要ならば次の値を用いよ。

原子量	C = 12.0	Ca = 40.1	Cl = 35.5	Cu = 63.5
	Fe = 55.8	H = 1.0	I = 127	K = 39.1
	Mg = 24.3	Mn = 54.9	N = 14.0	Na = 23.0
	O = 16.0	Pt = 195	S = 32.1	Sr = 87.6
	Zn = 65.4			

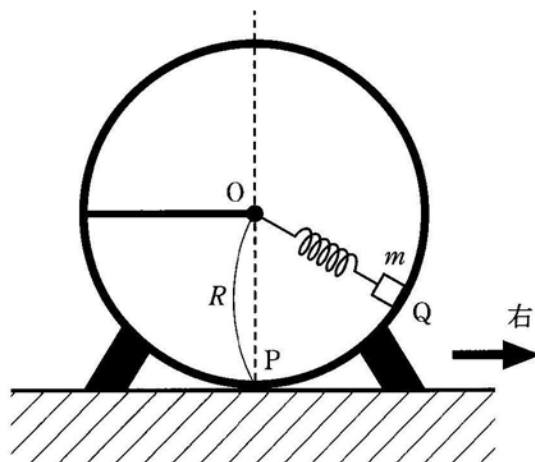
理想気体のモル体積 22.4 L/mol (0 °C, 1.01×10^5 Pa)

気体定数 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)

アボガドロ定数 6.02×10^{23} /mol

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

- 1 図のように、円筒の内側を運動する質量 m の小物体を考える。円筒は中心軸が水平になるように床に固定されており、小物体は、中心軸に垂直な鉛直面内を運動する。円筒内面の半径を R とする。小物体は、自然長 l 、ばね定数 k のばねにつながれており、ばねの他方の端は、円筒の中心軸上に支持棒で固定された点 O に、自由に回転できるようにつながれている。点 O から鉛直におろした直線と円筒内面との交点を点 P 、円筒内面上にある小物体の位置を点 Q とする。ばねの自然長は $l > R$ を満たすとする。また、ばねの質量は無視でき、ばねは常に直線 OQ 上にあるとする。重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。



図

- [I] 小物体と円筒内面の間に、静止摩擦力が働く場合を考える。静止摩擦係数を μ とする。小物体を円筒内面上で、ある角度 $\angle POQ = \theta_1$ ($0 \leq \theta_1 < \pi$ [rad]) の位置において静かに離れたところ、小物体はすべらずに静止した。
- (1) このときに、小物体がばねから受ける力の大きさを、 k 、 l 、 R を用いて表せ。
 - (2) このときに、小物体が受ける重力の、直線 OQ に平行な成分の大きさを、 m 、 g 、 θ_1 を用いて表せ。

(3) このときに、小物体が受ける重力の、直線 OQ に垂直な成分の大きさを、 m 、 g 、 θ_1 を用いて表せ。

(4) 以下の文章の $\boxed{\text{ア}}$ に入る適切な数式を、 l 、 R 、 m 、 g 、 θ_1 を用いて表せ。

角度 $\angle POQ = \theta_1$ の位置にある小物体が、円筒内面から離れないために、ばね定数が満たすべき条件を考える。角度 $\angle POQ = \theta_1$ が $0 \leq \theta_1 \leq \frac{\pi}{2}$ [rad] にある場合は、ばね定数 k の値によらず、小物体が円筒内面から離れることはない。一方、 $\frac{\pi}{2} < \theta_1 < \pi$ [rad] にある場合は、ばね定数 k は、

$$k \geq \boxed{\text{ア}}$$

を満たさなければならない。

(5) 以下の文章の $\boxed{\text{イ}}$ に入る適切な数式を、 k 、 l 、 R 、 m 、 g 、 θ_1 を用いて表せ。

小物体が角度 $\angle POQ = \theta_1$ ($0 \leq \theta_1 < \pi$ [rad]) の位置に静止していることから、小物体と円筒内面の間の静止摩擦係数 μ は、

$$\mu \geq \boxed{\text{イ}}$$

を満たしていることがわかる。

(6) 次の文章の $\boxed{\text{ウ}}$ 、 $\boxed{\text{エ}}$ に入る適切な数式を、 k 、 l 、 R 、 m 、 g 、 μ 、 θ_1 のうちの必要なものを用いて表せ。

小物体が角度 $\angle POQ = \theta_1$ ($0 < \theta_1 < \frac{\pi}{2}$ [rad]) の位置で静止していたとする。この状態から、円筒を床から静かに離して大きさ a の加速度で鉛直上方に等加速度運動させる。このとき、角度 θ_1 が、 $\tan \theta_1 \leq \boxed{\text{ウ}}$ を満たす場合は、加速度の大きさ a がどれだけ大きくても、小物体はすべりださない。一方、角度 θ_1 が、 $\tan \theta_1 > \boxed{\text{ウ}}$ を満たす場合は、加速度の大きさ a が $a > \boxed{\text{エ}}$ を満たすとき、小物体は円筒内面上をすべりはじめる。

[II] 次に、円筒を再び床に固定させたのち、円筒内面に潤滑剤を塗り、小物体と円筒内面の間の摩擦力が無視できるようにする。潤滑剤の厚さは無視でき、円筒内面の半径は R のままであるとする。小物体を点 P の位置から、速さ v で水平右向きに打ち出したところ、小物体は円筒内面上を反時計回りに円運動し、 $\frac{\pi}{2}$ [rad] より大きなある角度 $\angle POQ = \theta_2$ の位置で、円筒内面から離れた。

(7) 小物体が角度 $\angle POQ = \theta$ ($0 \leq \theta \leq \theta_2$) の位置にある瞬間に、小物体がもつ重力による位置エネルギーを、 R, m, g, θ を用いて表せ。ただし、点 P を重力による位置エネルギーの基準点とする。

(8) 小物体が角度 $\angle POQ = \theta$ ($0 \leq \theta \leq \theta_2$) の位置にある瞬間の、小物体の速さを、 R, v, g, θ を用いて表せ。

(9) 小物体と一緒に運動している観測者から見た、小物体が角度 $\angle POQ = \theta$ ($0 \leq \theta \leq \theta_2$) の位置にある瞬間に小物体にはたらく遠心力の大きさを、 R, m, v, g, θ を用いて表せ。

(10) 小物体が角度 $\angle POQ = \theta$ ($0 \leq \theta \leq \theta_2$) の位置にある瞬間の、小物体が円筒内面から受ける垂直抗力の大きさを、 k, l, R, m, v, g, θ を用いて表せ。

(11) 以下の文章の (オ) に入る適切な数式を、 k, l, R, m, g, θ_2 を用いて表せ。また、(カ) に入る適切な数式を、 l, R, m, g, θ_2 を用いて表せ。

小物体が角度 $\angle POQ = \theta_2$ の位置で円筒内面から離れるという現象が実現するために、ばね定数 k が満たすべき条件を考える。点 P における小物体の速さ v は、小物体が角度 $\angle POQ = \theta_2$ の位置で円筒内面から受ける垂直抗力が 0 になるという条件から、

$$v = \text{(オ)}$$

と表される。さらに、小物体が角度 $\angle POQ = \theta_2$ の位置の高さまで到達するという条件を考慮すると、ばね定数 k は、

$$k \leq \text{(カ)}$$

を満たさなければならないことがわかる。

- 2 電場あるいは磁場中の荷電粒子の運動に関する以下の[ア]，[イ]の問いに答えよ。ただし，荷電粒子の大きさ，および重力の影響は無視できるとする。また荷電粒子の運動する空間はすべて真空であるとする。

[ア] 図1のように， xy 平面を， $y \geq 0$ で定義される領域1，および $0 > y > -d$ で定義される幅 d [m]の領域2，ならびに $y \leq -d$ で定義される領域3にわける。領域1および領域3では紙面に垂直に裏から表に向かって磁束密度 B [T]の一樣な磁場を加え，電場は加えない。領域2では磁場は加えず，大きさ E [V/m]の一樣な電場を y 軸に平行に加える。その電場の向きは y 軸の正か負の向きに変えることができ，最初は負の向きであった。領域2の上端 $y = 0$ および下端 $y = -d$ の間の電位差の大きさを V [V]とする。

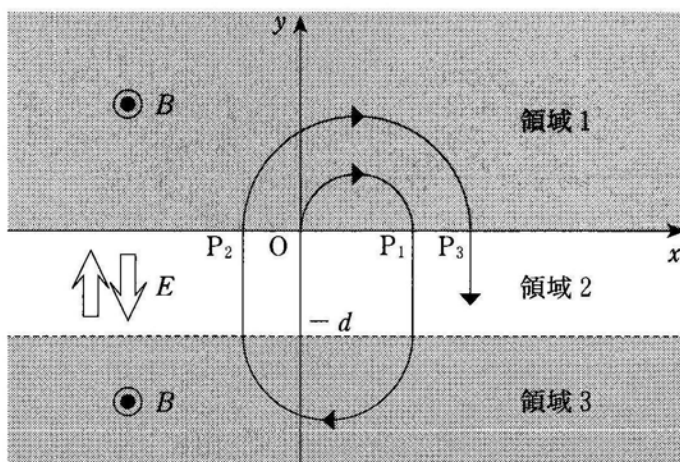


図1

- (1) V を E ， d を用いて表せ。

質量 m [kg]，正の電荷 q [C]をもつ粒子を原点 O から y 軸の正の向きに大きさ v [m/s]の初速度で入射させると，図1のように，粒子は領域1で等速円運動した。

- (2) 粒子の等速円運動の半径を， m ， q ， v ， B を用いて表せ。

その後、粒子は半周して x 軸上の点 P_1 を通過し、領域 2 に入ると、領域 2 のような電場によって加速され、領域 3 に進入した。その後、粒子が領域 3 で円運動して再度領域 2 に入る前に、領域 2 の電場の向きを反転させる。以後同様に、粒子が領域 2 を出てから、次に領域 2 に入るまでに、領域 2 の電場の向きを反転させるとする。すると、粒子は領域 2 を通過するたびに加速され、円運動の半径はしだいに大きくなる。

- (3) 粒子が領域 2 を通過するたびに、粒子の運動エネルギーは毎回 (あ) ずつ増える。 (あ) に入る適切な式を、 m, d, q, V のうち必要なものを用いて表せ。

粒子が領域 1 への 2 回目の進入をするときの x 軸上の点を点 P_2 とし、領域 2 への 3 回目の進入をするときの x 軸上の点を点 P_3 とする。

- (4) 点 P_2 と原点 O の間の距離を、 m, d, q, v, B, V のうち必要なものを用いて表せ。
- (5) 点 P_3 と原点 O の間の距離を、 m, d, q, v, B, V のうち必要なものを用いて表せ。

粒子が原点 O から入射した後、点 P_1 へ到達するまでの時間を T_1 [s]、点 P_2 から点 P_3 へ到達するまでの時間を T_2 [s] とする。

- (6) T_1 を、 m, d, q, v, B, V のうち必要なものを用いて表せ。
- (7) T_2 を、 m, d, q, v, B, V のうち必要なものを用いて表せ。
- (8) T_1 と T_2 の大小関係について、もっとも適切なものを次の①～③からひとつ選べ。

① $T_1 > T_2$

② $T_1 = T_2$

③ $T_1 < T_2$

[イ] 図2のように、 xy 平面を、 $y \leq 0$ で定義される領域Ⅰ、 $a > y > 0$ で定義される幅 a [m]の領域Ⅱ、 $y \geq a$ で定義される領域Ⅲにわける。領域Ⅰでは磁場は加えず、大きさ E' [V/m]の一様な電場を y 軸正の向きに加える。領域Ⅱでは、電場も磁場も加えない。領域Ⅲでは紙面に垂直に裏から表に向かって磁束密度 B' [T]の一様な磁場を加え、電場は加えない。

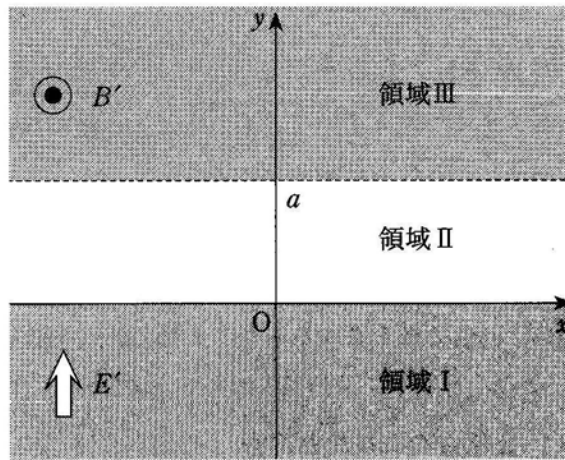


図2

質量 m [kg]、正の電荷 q [C]をもつ粒子を、原点 O から y 軸の負の向きに大きさ v [m/s]の初速度で入射させると、粒子は領域Ⅰ中を運動した後、原点 O を通過し領域Ⅱに進入した。

(9) この間に、領域Ⅰで粒子が原点から最も離れたときの、原点からの距離を、 m 、 q 、 v 、 E' のうち必要なものを用いて表せ。

その後、粒子は、領域Ⅱ中を運動した後、領域Ⅲ中で等速円運動して、領域Ⅱに再度進入した。ここで、磁束密度の大きさは調整されており、粒子が領域Ⅲ中を運動する時間は領域Ⅰ中を運動する時間と同じであった。

- (10) 領域Ⅲの磁束密度の大きさ B' を, a, m, q, v, E' のうち必要なものを用いて表せ。
- (11) 領域Ⅲでの円運動の半径 R_0 [m] を, a, m, q, v, E' のうち必要なものを用いて表せ。

その後, 粒子は運動を続け, 各領域への進入をくりかえした。

- (12) 粒子が入射してから, $-5R_0 \leq x \leq 5R_0$ の範囲を出るまでの運動の道筋の概形を解答欄に図示せよ。

3 光の屈折について考える。以下の設問に解答せよ。

屈折率 n_1 の媒質 1 と屈折率 n_2 の媒質 2 が、水平な境界面で接している。図 1 のように、媒質 1 内において速さ c_1 で伝わる平面波の光が、媒質 1 の側から入射角 θ で入射し、境界面で屈折する現象を考える。 $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ [rad] とする。図 1 は時刻 0 に波面 AA' の一端 A が境界面に達した様子を表す。その後の時刻 t_1 に、他端 A' が境界面に達する位置 B' も示してある。

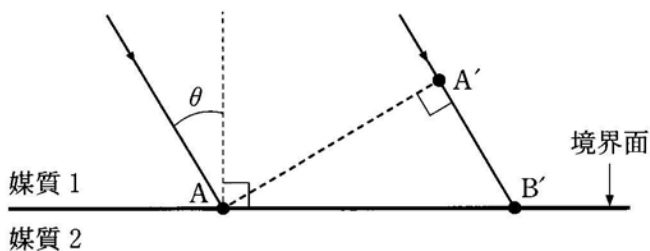


図 1

屈折率が $n_1 < n_2$ の関係を満たすとして屈折の様子を考える。時刻 0 の波面 AA' は、時刻 t ($0 \leq t < t_1$) に、波面 $C'ZZ'$ に達し、時刻 t_1 には波面 $B''B'$ に達しているとする(図 2 参照)。

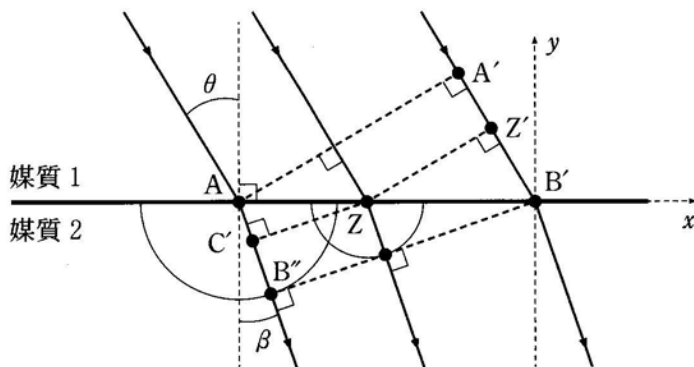


図 2

- (1) 媒質 2 内における光の伝わる速さを c_1, n_1, n_2 を用いて表せ。
- (2) 媒質 1 内と媒質 2 内における光の波長の差の絶対値を $\Delta\lambda$ としたとき、光の振動数を $c_1, n_1, n_2, \Delta\lambda$ を用いて表せ。
- (3) ホイヘンスの原理に基づき、波面を作図する方法を検討する。以下の文章の (ア) から (オ) までの空欄にあてはまる適切な式を答えよ。

時刻 $t (0 \leq t < t_1)$ に位置 Z から出た素元波を考える。位置 Z は、 ZB' 間の距離 $\overline{ZB'}$ で指定でき、 $\overline{ZB'}$ は t, t_1, c_1, θ を用いて $\overline{ZB'} = \text{ (ア)}$ と表せる。時刻 t に位置 Z を波源として生じた素元波は、時刻 t_1 において媒質 2 内に半球の波面を作る。これを媒質 2 内における『時刻 t に波源 Z から出た素元波の時刻 t_1 における波面』と呼ぼう。時刻 t_1 におけるこの波面の半径 r は、 c_1, t, t_1, n_1, n_2 を用いて $r = \text{ (イ)}$ と表せる。例として、図 2 には A と Z を波源とする素元波が半円で示されている。こうして『時刻 t に波源 Z から出た素元波の時刻 t_1 における波面』を、 0 から t_1 までの全ての t に対して考えると、それらが共通に接する面が時刻 t_1 における媒質 2 内の屈折波の波面 $B''B'$ となる。

図 2 に示したように、 B' を原点、水平右向きを x 軸の正の向き、鉛直上向きを y 軸の正の向きと定めると、波面 $B''B'$ は直線 $y = kx$ 上にある。ただし k は正の定数である。一方、図 2 のように屈折角を β で表すと、 k と β の間に成り立つ関係式 (ウ) が得られる。これより、定数 k を n_1, n_2, θ を用いて $k = \text{ (エ)}$ と表せる。

最後に、 $n_1 > n_2$ の場合を考察しておこう。ホイヘンスの原理に基づいて作図を進めると、 $\overline{ZB'}$ と r は、それぞれ (ア) と (イ) と表される。波面の線を実際に引けるかどうかを考えると、 r が $\overline{ZB'}$ より大きい場合には、 B' の位置から各波面に接線が引けないことがわかる。したがって、 $n_1 > n_2$ の場合、各波面に接線が引けるためには、 n_1, n_2, θ の間に不等式 (オ) が成り立つ必要がある。

4

(1) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

原子は、中心にある原子核と、そのまわりをとりまく から構成されている。原子核は、正の電荷をもつ陽子と電荷をもたない中性子から構成される。陽子の数と中性子の数の を質量数という。例えば、マグネシウム原子の原子核には 個の陽子が含まれており、原子核に含まれる中性子の数が12個であれば、その質量数は である。質量数44のカルシウム原子の原子核は、 個の陽子と 個の中性子からできている。

陽子の数が同じで中性子の数が異なる原子どうしを、互いに であるという。 の中には原子核が不安定で、自然に放射線を放出して他の原子に変わるものがあり、それらを という。ある が元の半分の量になるのに要する時間を半減期とよぶ。質量数89のストロンチウム ${}^{89}_{38}\text{Sr}$ は であり、医療に用いられている。これは、ストロンチウムがカルシウムと同族の元素であり、体内で骨に集積しやすい性質をもつことを利用したものである。

問1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 空欄 ～ に当てはまる数を記せ。

問3 マグネシウムやカルシウムは2価の陽イオンになりやすい。その理由をこれらの原子の電子配置に基づいて説明せよ。

問4 ある患者に治療のため ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ を40.0 mg 投与した。体内から ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ は排出されないものとして、投与後、体内に残っている ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ が2.50 mg になるのに要する日数を求めよ。また、計算過程も示せ。ただし、 ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ の半減期を50.5日とする。

(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

0.500 mol/Lの硫酸銅(Ⅱ)水溶液を、手順1～手順3により調製した。

手順1：硫酸銅(Ⅱ)五水和物 g を容量が500 mLのビーカーにはかりとり、約300 mLの純水を加えて完全に溶かした。

手順2：この水溶液を容量が500 mLの器具Aに移した。ビーカーの内壁に残った溶液を少量の純水で洗い、洗液も器具Aの中へ加えた。

手順3：器具Aの標線まで純水を加えた。その後、栓をしてよく振って濃度が均一になるようにした。

調製した0.500 mol/Lの硫酸銅(Ⅱ)水溶液を用いて、0.100 mol/Lの硫酸銅(Ⅱ)水溶液を手順4により調製した。

手順4：0.500 mol/Lの硫酸銅(Ⅱ)水溶液 mLを、器具Bを用いて容量が100 mLの器具Cにはかりとり、標線まで純水を加えた後、栓をしてよく振った。

問1 器具A～器具Cに当てはまる最も適切な器具名を以下の語群より選び答えよ。同じものを複数回選んでもよい。

【語群】 ビーカー、メスシリンダー、メスフラスコ、
ピュレット、ホールピペット、駒込ピペット

問2 空欄 , に当てはまる数字を、有効数字3桁で答えよ。

問3 手順2～手順4の操作において、器具A～器具Cのうち、内側が純水でぬれたまま使用してはならない器具を1つ選び、そのアルファベットを記せ。また、その器具の内側が純水でぬれているときに、器具を乾燥させずに使用する場合には、どのような処理を行えばよいかを記せ。

問 4 0.100 mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液をビーカーに少量とり、亜鉛の粉末を入ると、水溶液の青色がうすくなった。この色の濃さが変化した原因となる化学反応を、化学反応式で記せ。

問 5 硫酸銅(Ⅱ)五水和物 2.50 g をビーカーにはかりとり、大気中で 220 °C に加熱したところ、試料の質量は 1.60 g になり、さらに 220 °C で加熱し続けても質量の変化はなかった。試料の質量が減少した化学反応を推定し、その化学反応式を記せ。

5

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

塩素は、周期表の 族に属する元素である。塩素の単体は二原子分子として存在し、a 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱することで得られる。また、塩素の単体は水に溶け、b その一部が水と反応して次亜塩素酸を生じる。次亜塩素酸の塩である次亜塩素酸ナトリウムは強い を示し、水道水の消毒剤として用いられている。

酸素は、周期表の 族に属する元素である。その単体には O_2 の であるオゾンがあり、 O_2 に強い を当てると生成する。オゾンも強い を示すことから、次亜塩素酸ナトリウムと同様に水道水の消毒に利用されている。オゾンは、c 水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙が青紫色に変色することを利用して検出できる。

問1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な数字または語句を記せ。

問2 下線部aについて、塩素の単体が生成する反応を化学反応式で記せ。

問3 下線部bの反応を化学反応式で記せ。

問4 塩素のオキシ酸である次亜塩素酸、亜塩素酸、塩素酸、過塩素酸中の塩素原子の酸化数を記せ。また、これらのオキシ酸を、酸の強さが強い順に化学式で記せ。

問5 下線部cについて、オゾンの存在下で水に湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙が青紫色に変色する理由を40字以内で述べよ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

安定な鉄のイオンには鉄(II)イオンと鉄(III)イオンがある。a 鉄(II)イオンを含む水溶液は、鉄を希硫酸と反応させることで得られる。鉄(II)イオンを含む水溶液に の水溶液を加えると濃青色の沈殿が生じる。この反応は鉄(II)イオンの検出に利用されている。

鉄(II)イオンは酸化されやすく、b 鉄(II)イオンを含む酸性水溶液に酸素を吹き込むと、鉄(II)イオンは酸化されて鉄(III)イオンとなり、酸素は鉄(II)イオンによって還元されて水になる。

水溶液中の鉄(II)イオンは電気分解によっても酸化され、鉄(III)イオンに変化する。例えば、c 白金電極を用いて硫酸鉄(II)の希硫酸溶液を約1.0Vの電圧で電気分解すると、陰極から水素が発生し、陽極では鉄(III)イオンが生じる。一方、鉄(III)イオンを含む中性水溶液に硫化水素を通じると、鉄(III)イオンは還元され、黒色の の沈殿が生じる。

問1 下線部aの反応を化学反応式で記せ。

問2 空欄 , に当てはまる最も適切なものを下の①～⑦から選び、その番号を記せ。

- | | |
|----------------------|-----------|
| ① ヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム | ② 水酸化カリウム |
| ③ チオシアン酸カリウム | ④ 硫化鉄(II) |
| ⑤ 硫化鉄(III) | ⑥ 硫酸鉄(II) |
| ⑦ 硫酸鉄(III) | |

問3 下線部bの反応をイオン反応式で記せ。

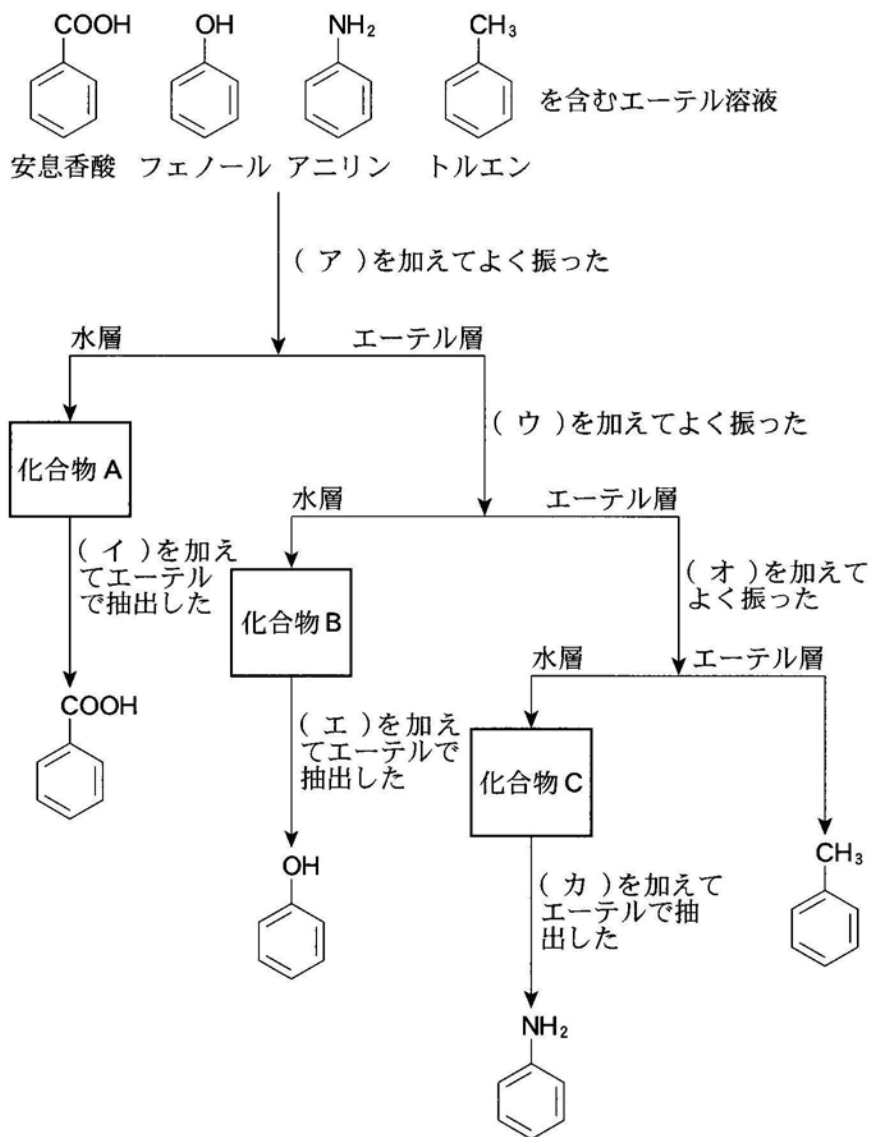
問4 下線部cについて、陰極および陽極で生じる反応を電子 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。

問 5 下線部 c について，硫酸鉄(Ⅱ)の希硫酸溶液を電気分解したところ，生成した水素は標準状態(0°C ， $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$)において 0.112 L であった。この電気分解によって生成した鉄(Ⅲ)イオンの物質量を，有効数字 3 桁で答えよ。また，計算過程も示せ。ただし，水素は理想気体とみなす。

6

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

安息香酸、フェノール、アニリン、トルエンの4種類の化合物を含むジエチルエーテル(エーテル)溶液について、分液漏斗を用いて、以下の分離操作を行った。



問 1 これら分離操作の分液漏斗内のエーテル層と水層のうち、上層になるものを記せ。

問 2 これら分離操作中の(ア)~(カ)に当てはまる最も適切な水溶液を①~④から選び、その番号を記せ。同じものを複数回選んでもよい。

① 希塩酸

② 炭酸水素ナトリウム水溶液

③ 水酸化ナトリウム水溶液

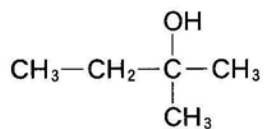
④ 食塩水

問 3 安息香酸、フェノール、およびアニリンは、分離される過程でそれぞれ化合物A、B、Cとして水層に溶解している。化合物A、B、Cの構造式を記せ。

問 4 分離操作前の4種類の化合物を含むエーテル溶液に、サリチル酸とニトロベンゼンを加えたエーテル溶液を調製した。この溶液について同様の分離操作を行ったとき、サリチル酸とニトロベンゼンのそれぞれは、安息香酸、フェノール、アニリン、トルエンのどの化合物と一緒に分離されるか、化合物名を記せ。

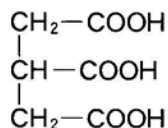
問 5 安息香酸、フェノール、アニリン、トルエンのうちから1つを選び、0.92 g はかりとった。これを完全燃焼させたところ、二酸化炭素が3.08 g、水が0.72 g 生成した。この化合物は何か、化合物名を記せ。また、その根拠となる計算過程を示せ。

- (2) エタノールが分子内で脱水反応を起こすと、エチレンが生じる。同様に次に示すアルコールの分子内脱水反応を行ったところ、2種類のアルケンが生成した。この2種類のアルケンの構造式を記せ。



アルコール

- (3) エステルAを加水分解したところ、次に示す3価カルボン酸BとともにアルコールCとフェノール類Dが生成し、他の生成物はなかった。この反応に関する問1～問5の答を解答欄に記入せよ。



3 価カルボン酸 B

- 問 1 アルコールCの分子式は $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ であった。この分子式をもつ構造異性体のうち、アルコールは全部でいくつあるか、その数を記せ。
- 問 2 アルコールCは硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えても酸化されなかった。化合物Cの構造式を記せ。
- 問 3 フェノール類Dの分子式は $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ であった。この分子式をもつ構造異性体のうち、フェノール類は全部でいくつあるか、その数を記せ。
- 問 4 フェノール類Dを酸化するとサリチル酸が生成した。化合物Dの構造式を記せ。
- 問 5 エステルAは不斉炭素原子を1つ有する。また、生成した化合物B、C、Dの物質量の比は1 : 2 : 1であった。化合物C、Dのヒドロキシ基以外の部分をそれぞれ R_C 、 R_D と略記して、化合物Aの構造式を記せ。

[選択問題] (7 , 8) のどちらか一題を選択して解答)

7

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

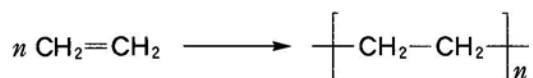
a 天然ゴムの主要な成分はイソプレン $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$ が ア 重合することにより形成されるポリイソプレンである。天然ゴム中の b ポリイソプレン鎖はシス形のC=C結合をもつため分子鎖が折れ曲がる。 そのため、ゴムには弾性があるが、天然ゴムを空气中に放置しておくと、分子中のC=C結合が イ され、ゴム弾性が失われる。また、c 天然ゴムに硫黄を数パーセント加えて加熱すると、分子のところどころに硫黄原子による ウ 構造が生じて、弾性が増す。

分子内に2個のC=C結合をもつ1,3-ブタジエンを重合させると合成ゴムをつくることができる。このとき、1,3-ブタジエンに少量のスチレンやアクリロニトリルを加えて エ 重合させると、重合体の中にスチレンではベンゼン環が、アクリロニトリルでは オ 基が導入され、耐熱性や耐摩耗性が改善される。

問1 空欄 ア ~ オ に当てはまる最も適切な語句を記せ。ただし、同じ語句を複数回使ってはならない。

問2 下線部aについて、イソプレンからポリイソプレンが生成するときの化学反応式を下の例にならって記せ。また、分子量 6.0×10^5 のポリイソプレンの重合度を、有効数字2桁で答えよ。

(例)



問 3 下線部 b について，2-ブテンにはシス形とトランス形の幾何異性体が存在する。シス-2-ブテンとトランス-2-ブテンの構造式を，幾何異性体の違いがわかるように記せ。

問 4 ポリイソブレンにおけるイソブレンのように，高分子化合物の構成単位となる小さな分子を一般に何と呼ぶか答えよ。

問 5 下線部 c の操作の名称を記せ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

セルロース $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ は多数の β -グルコースがつながった天然高分子化合物である。セルロース分子は直線状構造をしているために分子どうしが平行に並びやすく、分子間に多くの 結合が形成され、強い繊維状の物質となる。

セルロースを構成するグルコース構造単位には3個のヒドロキシ基がある。このヒドロキシ基を化学的に変化させて、有用な物質をつくることができる。例えば、セルロースを無水酢酸と反応させ、ヒドロキシ基をすべてアセチル化するとトリアセチルセルロースになる。トリアセチルセルロースは有機溶媒に溶けにくい、一部のエステル結合を加水分解させるとアセトンに溶解するようになる。このアセトン溶液を細孔から押し出し乾燥させると 繊維が得られる。

これに対し、セルロースを化学的処理によりビスコースとした後、繊維状に再生したものを という。また、ビスコースからセルロースを膜状に再生すると が得られる。

合成高分子を繊維状にしたものが合成繊維である。その中で、多数のアミド結合でつながった合成繊維は 系合成繊維といい、特に、脂肪族の 系合成繊維をナイロンという。 ϵ -カプロラクタムに少量の水を加えて加熱すると、 重合して ナイロン6が生成する。

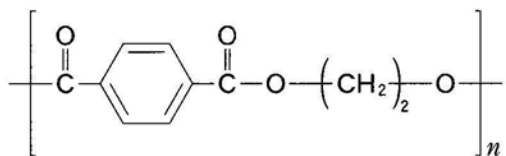
問 1 空欄 ア ~ カ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a について、トリアセチルセルロースの構造式を、本文中のセルロースの表記 ($[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$) にならって記せ。

問 3 下線部 a について、セルロース 16.2 g を無水酢酸と反応させて、すべてトリアセチルセルロースにするとき、必要な無水酢酸は理論上何 g か、有効数字 3 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 4 下線部 b のナイロン 6 の構造式を下の例にならって記せ。

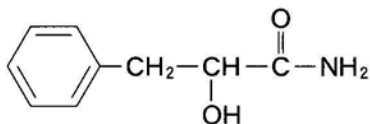
(例)



[選択問題] (7), (8) のどちらか一題を選択して解答)

8 次の文章を読んで、問1～問9の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は以下の例にならって記せ。

(例)



α -アミノ酸(アミノ酸)は、一般式 $R - CH(NH_2) - COOH$ で表される分子構造をもち、分子内に酸性を示す **ア** 基と塩基性を示す **イ** 基をもっている。酸と塩基の両方の性質を示す。アミノ酸は、水溶液中では、陽イオン、双性イオン、陰イオンの平衡状態にあり、a これらのイオンの割合は pH によって変化する。アミノ酸の水溶液が特定の pH になると、これらのイオンの電荷の総和が全体として0になる。この pH をそのアミノ酸の等電点という。アミノ酸の水溶液に電極を浸して直流電圧をかけると、双性イオンは移動しないが、陽イオンと陰イオンは互いに異なる電極側に移動する。b このようにイオンが移動する現象を **ウ** といい、アミノ酸の分離に用いられる。

あるアミノ酸の **ア** 基と別のアミノ酸の **イ** 基との間で **エ** 縮合させると、ペプチド結合が形成される。アミノ酸2分子が **エ** 縮合して結合した分子を c ジペプチド、3分子が結合した分子を d トリペプチド、多数のアミノ酸が結合した分子を e ポリペプチド という。

タンパク質はポリペプチドの構造をもつ鎖状の高分子化合物であり、その分子量は1万から数百万に及ぶ。タンパク質の中には生化学反応の触媒として働く酵素があり、酵素は反応の **オ** を下げて反応を起しやすくする。酵素反応では、ある温度までは温度が上昇するほど反応速度が増し、酵素が最もよく働く温度を最適温度という。しかし、f さらに高温になると、一般に反応速度は急激に低下する。また、g 酵素には最も高い活性を示す最適 pH が存在する。

- 問 1 空欄 ア ~ オ に当てはまる最も適切な語句を記せ。
- 問 2 一般式 $R - CH(NH_2) - COOH$ であらわされるアミノ酸の陽イオン，双性イオン，陰イオンの構造式を記せ。
- 問 3 下線部 a について，pH を等電点より小さくすると割合が増大するイオンは，陽イオン，双性イオン，陰イオンのいずれか，答えよ。
- 問 4 下線部 b について，等電点 6.0 のグリシンと等電点 3.2 のグルタミン酸を含む pH 4.0 の水溶液において，この 2 つのアミノ酸を分離するとき，それぞれのアミノ酸は陽極，陰極のどちらへ移動するか答えよ。
- 問 5 下線部 c について，グリシン 2 分子からなる鎖状のジペプチドの構造式を記せ。
- 問 6 下線部 d について，アラニン 1 分子とフェニルアラニン 2 分子からなる鎖状のトリペプチドの構造異性体の数を記せ。
- 問 7 下線部 e について，側鎖にヒドロキシ基を含む 1 種類の α -アミノ酸からなるポリペプチドを完全に加水分解したところ，側鎖に窒素原子を含まない α -アミノ酸が得られた。その α -アミノ酸を元素分析したところ，窒素の質量パーセントは 13.3% であった。この α -アミノ酸の構造式を記せ。また，その根拠となる計算過程を示せ。
- 問 8 下線部 f について，反応速度が急激に低下する理由を，タンパク質，立体構造の語を用いて説明せよ。
- 問 9 下線部 g について，ペプシンの酵素活性が最も高くなると考えられる pH 領域は，酸性，中性，塩基性のいずれかを答えよ。また，そのように考える理由を記せ。