

'25

前期日程

理 科

(医学部医学科)

注 意 事 項

問題(1)～(7)の全てに解答してください。

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. 問題冊子は1冊(33頁)、解答用紙は7枚、下書用紙は3枚です。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. 氏名と受験番号は解答用紙の所定の欄に記入してください。
4. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
5. 解答用紙は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。

4～**7**の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	H = 1.0	C = 12.0	N = 14.0	O = 16.0
	F = 19.0	Na = 23.0	S = 32.1	Cl = 35.5
	K = 39.1	Ca = 40.1	Cr = 52.0	Cu = 63.5
	Zn = 65.4	Ag = 107.9		

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

気体定数 8.31×10^3 Pa·L/(mol·K)

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

【I】 図1のように光源から出た単色光が単スリット P_0 および複スリット P_1 , P_2 を通過する。スクリーン中央付近で明るい線および暗い線が交互に、つまり明線および暗線のしま模様ができた。これを干渉じまと呼び、この実験をヤングの干渉実験という。図1のように単スリットおよび複スリットの面はそれぞれスクリーンと平行である。また、経路 P_0P_1 と経路 P_0P_2 の経路差はない。実験は空気中でおこなった。空気の屈折率は1とする。以下の問(1)～(5)に答えよ。

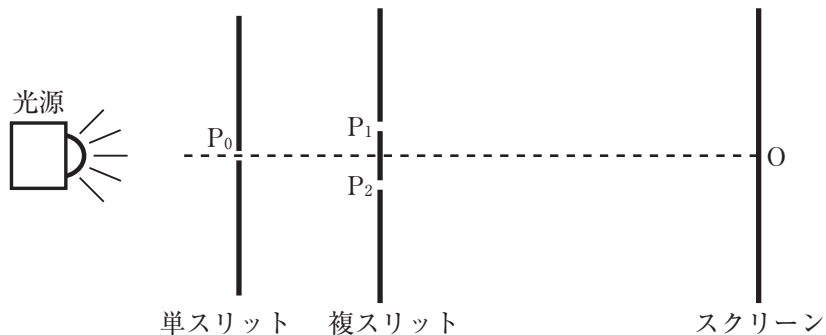


図1

(1) スクリーン中央にある点 O では経路 P_1O と経路 P_2O の経路差はない。

点 O では明線または暗線のどちらが見えるか。以下の選択肢(あ), (い)から適切なものを一つ選べ。

(あ) 明線

(い) 暗線

スクリーン上のある点 Q の明暗について考える。経路 P_1Q と経路 P_2Q の経路差の大きさを d とする。光源から出る光の波長を λ とする。

- (2) 点 Q で明線が見える条件として最も適切なものを、以下の選択肢(あ), (い), (う)から一つ選べ。ただし m は 0 以上の整数 0, 1, 2, ... とする。

(あ) $\frac{d}{\lambda} = m$ (い) $\frac{d}{\lambda} = m + \frac{1}{2}$ (う) $\frac{d}{\lambda} = m + \frac{1}{4}$

- (3) 点 Q で暗線が見える条件として最も適切なものを、以下の選択肢(あ), (い), (う)から一つ選べ。ただし m は 0 以上の整数 0, 1, 2, ... とする。

(あ) $\frac{d}{\lambda} = m$ (い) $\frac{d}{\lambda} = m + \frac{1}{2}$ (う) $\frac{d}{\lambda} = m + \frac{1}{4}$

光源から出る光の波長は $6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$, スリット P_1 と P_2 の間隔は 0.50 mm , 複スリットとスクリーンの距離は 2.0 m であったとする。

- (4) スクリーン中央付近での干渉じまの間隔, つまり隣り合う明線の間隔を有効数字 2 桁でもとめよ。 $|L|$ が $|D|$ より十分大きい場合, $\sqrt{L^2 + D^2}$ は $|L| + \frac{D^2}{2|L|}$ と近似できることを用いよ。
- (5) 次に, スリット P_1 と P_2 の間隔を狭くすると干渉じまの間隔はどう変わるか。簡単に述べよ。

- 【Ⅱ】 図2のように同じ屈折率 n ($n > 1$) の平面ガラスと平凸レンズを重ねる。平面ガラスは平凸レンズと点 O で接している。平凸レンズは平面と半径 R の球面を組み合わせた構造である。真上から波長 λ の単色光を平面ガラスに垂直に入射し、その反射光を観測する。実験は空気中でおこなった。空気の屈折率は1とする。平凸レンズの下面で反射した光と平面ガラスの上面で反射した光が干渉して、同心円状に明暗の輪が観測された。これをニュートンリングという。以下の問(6)～(10)に答えよ。

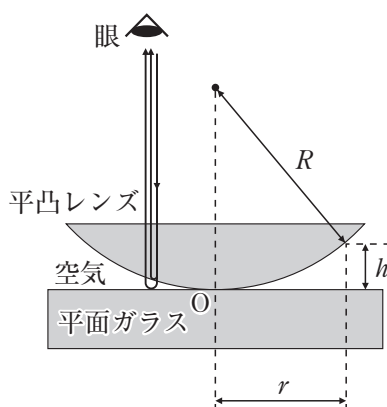


図 2

- (6) ニュートンリングでは交互に明暗の輪が観測されるが、輪の中心はどのように見えるか、適切なものを以下の選択肢(あ)、(い)から一つ選べ。

(あ) 明るい

(い) 暗い

- (7) 図2のように接点 O から平面ガラスに沿って距離 r だけ離れた点から、鉛直上方の球面までの距離は h であった。 h を r と R を用いて表せ。ただし、 r と h は R に比べ十分小さいとする。 $|L|$ が $|D|$ より十分大きい場合、 $\sqrt{L^2 - D^2}$ は $|L| - \frac{D^2}{2|L|}$ と近似できる。

- (8) ニュートンリングの明るい輪の半径を観測した。明暗の輪の中央付近で中心から k 番目の明るい輪の半径を k, R, λ のうち必要なものを用いて表せ。ただし k は 1 以上の整数 1, 2, $\dots$ とする。
- (9) 単色光の代わりに白色光を入射しても、明暗の輪を観測できた。このとき、最も内側の明るい輪はどのように見えるか。以下の選択肢(あ), (い)から適切なものを一つ選べ。

(あ) 色づいている

(い) 白色である

次に平凸レンズと平面ガラスの間を屈折率 $n' (1 < n' < n)$ の透明な液体で満たした。液体で満たす前と同様にして、波長 λ の単色光を入射したところ、ニュートンリングが観測できた。

- (10) 液体で満たす前の、問(8)での観測と比べて明るい輪の半径はどう変わったか。最も内側の明るい輪に関して以下の選択肢(あ), (い), (う)から最も適切なものを一つ選べ。

(あ) 大きくなった

(い) 小さくなった

(う) 変化しなかった

2

【I】 図1のように鉛直上向きで磁束密度の大きさ B [T] の一様な磁界中に、十分に長い2本の平行な導体レールが、間隔 L [m] 離れて水平面内に固定されている。導体レールの間に抵抗の大きさ r [Ω] の抵抗を接続した。その後、導体レールの上に軽い角形の導体棒をおき、導体棒に軽くて伸びない糸で、滑らかに回転する滑車を用いて図1のように質量 m [kg] のおもりをつないだところ、導体棒は動き始めた。導体棒は、導体レールと垂直を保ったまま、導体レール上を滑らかにすべるものとする。導体レールと導体棒の電気抵抗、自己インダクタンス、および、導体棒の空気抵抗は無視できるものとする。また、回路を流れる電流がつくる磁界は、 B に比べて十分に小さいため無視できるものとする。重力加速度の大きさを g [m/s^2] とする。以下の問(1)～(7)に答えよ。

- (1) 導体棒の速さが v [m/s] のとき導体棒に生じる起電力を v , B , L , r , m , g から必要なものを用いて表せ。
- (2) 図1のように導体棒の両端を点Pと点Qとする。導体棒に流れる電流の向きについて、以下の選択肢(a), (b)の中から適切なものを選び。

(a) 点Pから点Qに向かう向き
(b) 点Qから点Pに向かう向き

導体棒が動き出し十分に時間が経過した後、導体棒は一定の速さになった。以下の問いに答えよ。

- (3) 十分に時間が経過した後の導体棒に流れる電流の大きさを B , L , r , m , g から必要なものを用いて表せ。
- (4) 十分に時間が経過した後の導体棒の速さを B , L , r , m , g から必要なものを用いて表せ。
- (5) 十分に時間が経過した後の抵抗の大きさ r [Ω] の抵抗で1秒間あたりに発生するジュール熱を B , L , r , m , g から必要なものを用いて表せ。

- (6) 十分に時間が経過した後の重力がおもりにする仕事の仕事率を B , L , r , m , g から必要なものを用いて表せ。
- (7) 以下の文の空欄に入る最も適切な語句を選択肢(a), (b), (c)の中から選べ。

導体レールに接続した抵抗の大きさを $r[\Omega]$ より大きくすると、十分に時間が経過した後の導体棒の速さは、抵抗の大きさが $r[\Omega]$ のときと比べて 。

- (a) より遅くなる (b) より速くなる (c) 変化しない

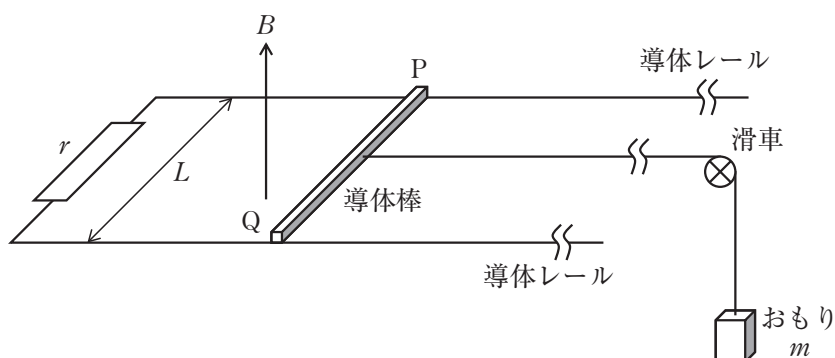


図 1

【Ⅱ】 図2のように x 軸方向の長さ a [m], y 軸方向の長さ b [m] ($a < b$), z 軸方向の長さ h [m]の直方体の金属がある。この金属に一樣な大きさの電界や磁界をかけたときの金属内の自由電子の運動について考える。以下の文章中の(8)～(15)にあてはまる適切な式を書け。また、(ア)～(ウ)に最も適切なものを下記の解答群①～⑥の中から選べ。

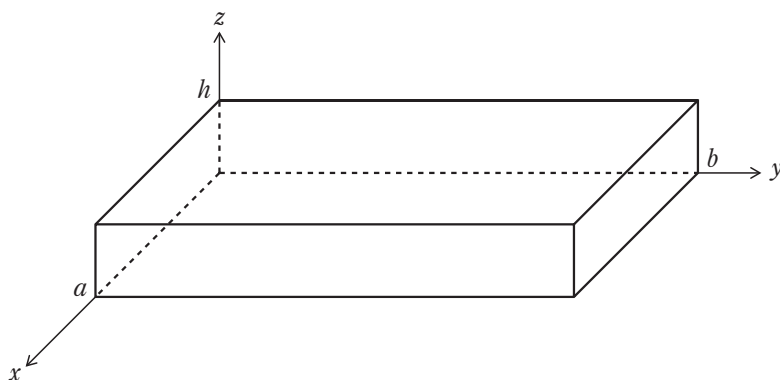


図 2

金属内を移動する自由電子の運動について、自由電子が抵抗を受け、一定の速さで移動するというモデルを考える。なお、金属内を流れる電流がつくる磁界は無視する。金属内には電荷 $-e$ [C] ($e > 0$) の自由電子が存在し、その単位体積あたりの個数を n [$1/\text{m}^3$] とする。図3のように、金属内部に y 軸の正の向きに沿って一樣な大きさの電界 E [V/m] をかけると、金属の y 軸方向の両端に大きさ (8) の電位差が生じる。

自由電子は、電界から大きさ (9) の電気力を受けて移動しはじめるが、移動すると金属内で熱運動している陽イオンなどから電気力とは逆向きの抵抗を受け。この抵抗の大きさは自由電子の移動する速さに比例する。この比例定数を k [$\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}$] とする。十分に時間が経過すると、自由電子が電界から受ける電気力と陽イオンから受ける抵抗がつり合い、自由電子は金属内を一定の速さで移動するようになる。一定の速さに達したときの自由電子の速さは (10) である。

時間 $t[\text{s}]$ の間に、金属内のある断面 A を通過する自由電子の数は (11) である。金属に流れる電流の大きさは、1 秒間に断面 A を通過する電気量である。金属に流れる電流の大きさは (12) であり、流れる電流の向きは (ア) である。以上より、金属に流れる電流は、電界に比例することがわかる。したがって、金属の $y = 0$ の面と $y = b$ の面の間の電気抵抗は (13) である。

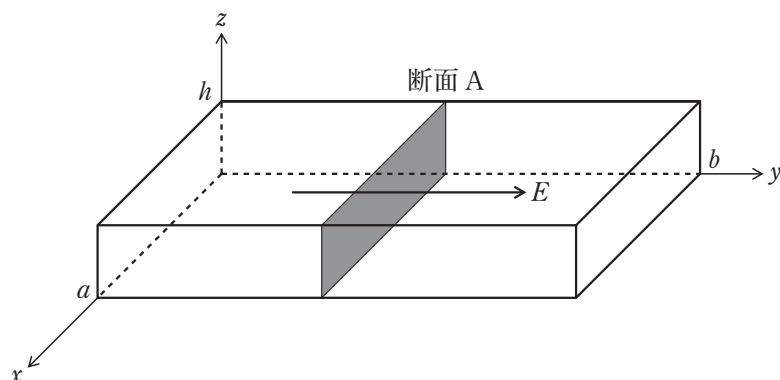


図 3

次に、図 4 のように、金属に対して y 軸の正の向きに一様な大きさの電流 $I[\text{A}]$ を流し、 z 軸の正の向きに磁束密度 $B[\text{T}]$ の一様な大きさの磁界をかけた。金属内に単位体積あたりに存在する自由電子の個数は $n[1/\text{m}^3]$ とする。また、図 4 のように、 $x = 0$ の面を面 P とし、 $x = a$ の面を面 Q とする。自由電子 1 個が磁界から受ける力の大きさは (14) である。各々の自由電子は磁界から (イ) に力を受けるため、電荷の偏りが生じる。その結果、(イ) の電界ができ電位差が生じる。十分に時間がたつと、金属内の自由電子が磁界から受ける力と電荷の偏りから生じる電界から受ける力が釣りあう。このとき、面 P と面 Q の間の電位差の大きさは (15) であり、自由電子は (ウ) にのみ移動する。

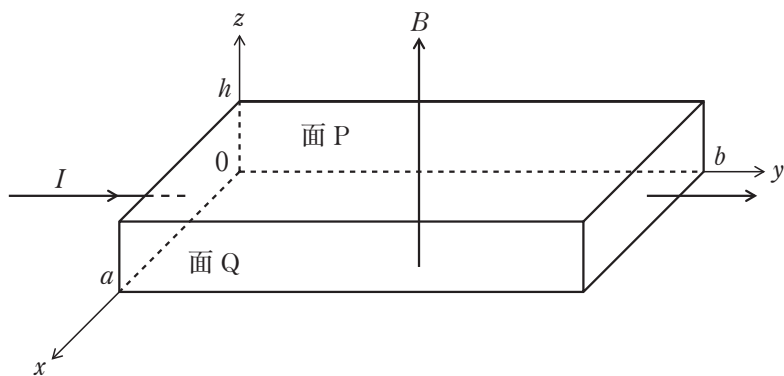


図 4

(ア)～(ウ)の解答群

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ① x 軸の正の向き | ② y 軸の正の向き | ③ z 軸の正の向き |
| ④ x 軸の負の向き | ⑤ y 軸の負の向き | ⑥ z 軸の負の向き |

3

図1に示すように、水平な地面に上面が滑らかな水平台を固定した。地面から水平台上面までの高さは H である。水平台の左端には、ばね定数 k の軽いばねが取り付けられている。また、水平台上面右端の鉛直下方の地面の点を点 A とする。ばねが自然長のとき、ばね右端から距離 l だけ離れた水平台上の点を点 P とし、点 P の鉛直上方の r だけ高い点を点 O 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。

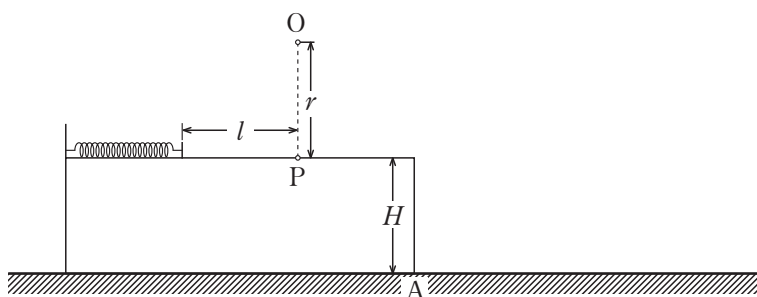


図1

【I】 図2に示すように、質量 m の小球を点 P の位置に置いた。小球と点 O を長さ r の質量の無視できる棒で連結した。棒は点 O を中心に抵抗なく回転できるようにした。質量 M の小物体1をばねに押し付け、ばねを自然長から d だけ縮めた後、静かにはなすと、小物体1は水平台の上を右方に向かって運動を開始し、小球と衝突した後、水平台右端から飛び出した。ここで、小物体1と小球の大きさおよび空気抵抗は無視できるものとする。また、 $M > m$ であり、小物体1と小球のはねかえり係数は e とする。以下の問(1)～(5)に答えよ。

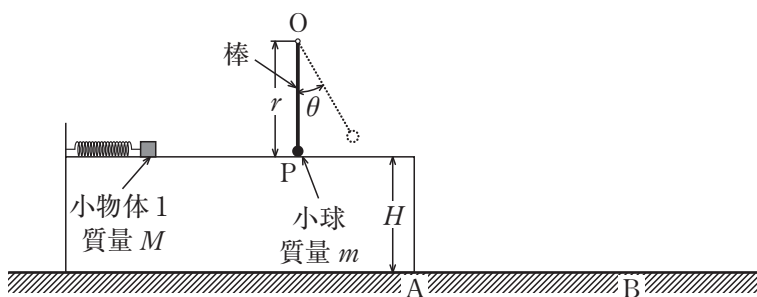


図 2

- (1) 小物体 1 が小球に衝突する直前の速度の大きさを M, m, k, d, l, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (2) 小物体 1 と小球が衝突した直後の、小物体 1 と小球のそれぞれの速度の大きさを M, m, k, e, d, l, g の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。なお、衝突の前後で小物体 1 と小球の運動量の和は変化しないものとする。

小物体 1 と小球が衝突した後、小物体 1 は水平台右端から飛び出した。小球は点 O を中心として反時計回りに回転し、水平台上面からの高さが最高点に達した後、点 P に向かってもどってきた。この最高点における棒と鉛直下方とのなす角は θ ($0 < \theta < \pi$) であった。

- (3) 小物体 1 が、初めに地面に着地した点を点 B とする。AB 間の距離を M, m, k, e, d, l, H, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (4) 最高点における、小球の水平台上面からの高さを r, θ を用いて表せ。
- (5) 最高点において、小球が棒に及ぼす力の大きさを M, m, θ, g の中から必要なものを用いて表せ。

- 【Ⅱ】 図3に示すように質量 m の小球を点Pに置いた。小球と点Oを長さ r の質量の無視できる棒で連結した。棒は点Oを中心に抵抗なく回転できるようにした。質量 m の小物体2をばねに押し付け、ばねを自然長から d だけ縮めた後、静かにはなすと、小物体2は水平台の上を右方に向かって運動を開始した。ここで、小球と小物体2の大きさおよび空気抵抗は無視できるものとする。また、小球と小物体2のはねかえり係数を1とする。ばねの縮み d を d_1 または d_2 とした場合、以下の問(6)～(12)に答えよ。

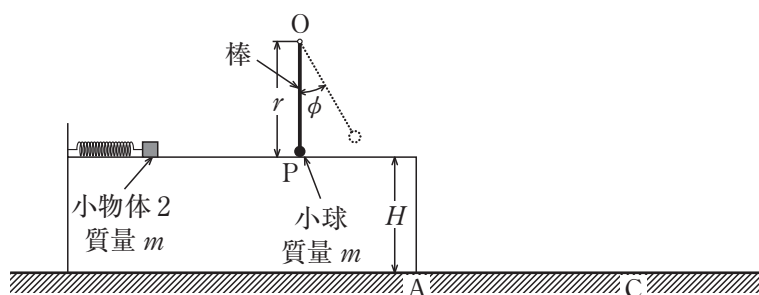


図3

ばねの縮みを d_1 とした場合、小物体2と小球が衝突した後、小物体2は点Pで静止した。小球は点Oを中心として反時計回りに小さな角度 ϕ まで回転した後、点Pに向かってもどってきた。その後、小球と小物体2は衝突を繰り返した。

- (6) ばねを静かにはなした後、小物体2がばねから離れるまでの時間を m, k, d_1, l, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (7) 最初に小物体2が小球に衝突した直後の小球の速度の大きさを m, k, d_1, l, g の中から必要なものを用いて表せ。なお、衝突の前後で小物体2と小球の運動量の和は変化しないものとする。
- (8) 最初に小物体2が小球に衝突した直後から小球が初めに最高点に達するまでの時間を m, k, d_1, l, r, g の中から必要なものを用いて表せ。

- (9) 最初に小球が最高点に達してから、再び最高点に達するまでの時間を m, k, d_1, l, r, H, g の中から必要なものを用いて表せ。

次に、ばねの縮みを d_2 としたところ、小物体 2 と小球が衝突した後、小物体 2 は点 P で静止し、小球は棒と共に点 O を中心に 1 回転した。小球が 1 回転した後、小球は小物体 2 の左方から衝突し、小物体 2 は水平台の右端から飛び出した。

- (10) ばねの縮み d_2 の最小値を m, k, r, l, H, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (11) 小球が 1 回転し、小物体 2 と衝突した直後の小球および小物体 2 の速度の大きさを m, k, d_2, l, H, g の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。
- (12) 小物体 2 が初めに地面に着地した点を点 C とする。AC 間の距離を m, k, d_2, l, H, g の中から必要なものを用いて表せ。

- 【Ⅲ】 図4に示すように、質量 m の小球を点Pに置いた。小球に長さ r の軽い糸を取り付け、糸の他端を点Oに固定した。糸は点Oを中心に抵抗なく回転できるものとする。質量 M の小物体1をばねに押し付け、ばねを自然長から d_3 だけ縮めた後、静かにはなすと、小物体1は水平台上を右方に向かって運動を開始した。小物体1と小球が衝突した後、糸がたるむことはなく、小球は円運動を行い1回転した。1回転した後、再び小球が点Pに達した瞬間に糸が切れ、小球は水平台上を右方に移動した。このとき、小物体1と小球は水平台上で再び衝突することはなかった。ここで、小物体1と小球の大きさおよび空気抵抗は無視できるものとする。また、 $M > m$ であり、小物体1と小球のはねかえり係数は e とする。以下の問(13)~(15)に答えよ。

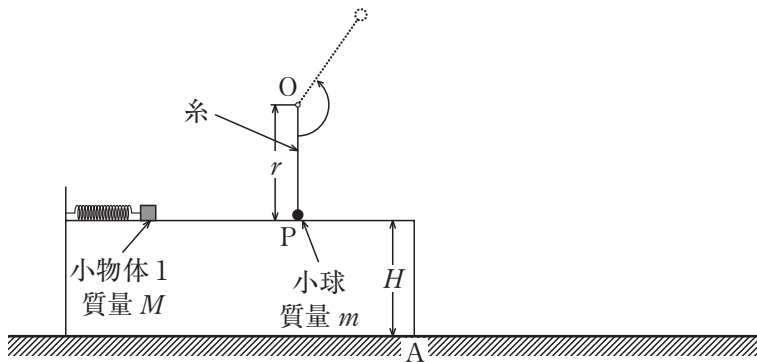


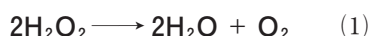
図4

- (13) 糸がたるむことなく小球が1回転する場合、水平台上面から高さ $2r$ の位置での小球の速度の大きさの最小値を m, r, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (14) 糸がたるむことなく小球が1回転する場合、ばねの縮み d_3 の最小値を M, m, k, e, l, r, H, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (15) 水平台右端から、小物体1と小球は飛び出した。小物体1が初めに地面に着地した点と小球が初めに地面に着地した点の間の距離を $M, m, k, e, d_3, l, r, H, g$ の中から必要なものを用いて表せ。

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。指定がない限り数値は有効数字 3 桁で答えよ。

過酸化水素水に 酸化マンガン(IV) MnO_2 を触媒として加えると、(1)式のよ
うに過酸化水素 H_2O_2 が分解し、酸素 O_2 が発生する。



1.00 mol/L 過酸化水素水 10.0 mL に少量の MnO_2 を加え、発生した O_2 の物質量を 60 秒ごとに測定した。 O_2 の物質量から表 1 に示すように H_2O_2 の分解速度 v を求めた。ただし、反応の進行による水溶液の体積変化は無視できるものとする。

表 1

反応時間 [s]	発生した O_2 の物質量 [mol]	分解した H_2O_2 の 物質量 [mol]	$[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/L]	$[\text{H}_2\text{O}_2]$ の 60 秒間 の平均値 [mol/L]	$[\text{H}_2\text{O}_2]$ の 60 秒間 の減少量 [mol/L]	60 秒間の H_2O_2 の 分解速度 v [mol/(L·s)]
0	0	0	1.00			
60	2.50×10^{-3}	5.00×10^{-3}	0.500	0.750	0.500	8.33×10^{-3}
120	3.75×10^{-3}	7.50×10^{-3}	0.250	0.375	0.250	4.17×10^{-3}
180	4.38×10^{-3}	8.75×10^{-3}	0.125	ア	イ	ウ

問 1 表の空欄 ア ～ ウ にあてはまる数値を記せ。

問 2 (1)式の反応の反応速度式は反応速度定数 k を用いて、

$$v = k[\text{H}_2\text{O}_2]^n \quad (2)$$

と表される。 n の値は実験により決定される。表 1 に示す実験結果から決定される n の値を整数で答えよ。また n の値を決定した根拠を簡潔に記せ。

問 3 (2)式の反応速度定数 k を求め、単位も含めて記せ。

問 4 下線部 a について、触媒に関する次の①～⑤の記述のうち、正しいものをすべて選び、その番号を記せ。

- ① MnO_2 を加える場合、加えない場合に比べ 1 mol の H_2O_2 の分解により発生する熱量は大きくなる。
- ② MnO_2 を加える場合、加えない場合に比べ活性化エネルギーが小さくなり、反応速度が大きくなる。
- ③ MnO_2 の物質量は、反応の進行とともに減少する。
- ④ MnO_2 は均一系触媒として働く。
- ⑤ MnO_2 に H_2O_2 が吸着して反応を起こしやすい状態ができる。

(2) 次の文章を読んで、問 1 ～問 5 の答を解答欄に記入せよ。

図 1 は、0.10 mol/L 酢酸 CH_3COOH 水溶液 10 mL に 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を滴下した時の、 NaOH 水溶液の滴下量に対する水溶液の pH の変化を示したものである。図 1 の点ウは中和点である。この点における水溶液の pH は 7 より大きい。これは中和反応で生成した酢酸ナトリウム CH_3COONa が(1)式で示すようにほぼ完全に電離し、生成した酢酸イオン CH_3COO^- が(2)式で示すように加水分解するためである。



(2)式の電離平衡における平衡定数を CH_3COO^- の加水分解定数 K_h という。

CH_3COOH の電離定数は、 $K_a = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。必要であれば、 $\log_{10} 2.0 = 0.30$ を用いよ。

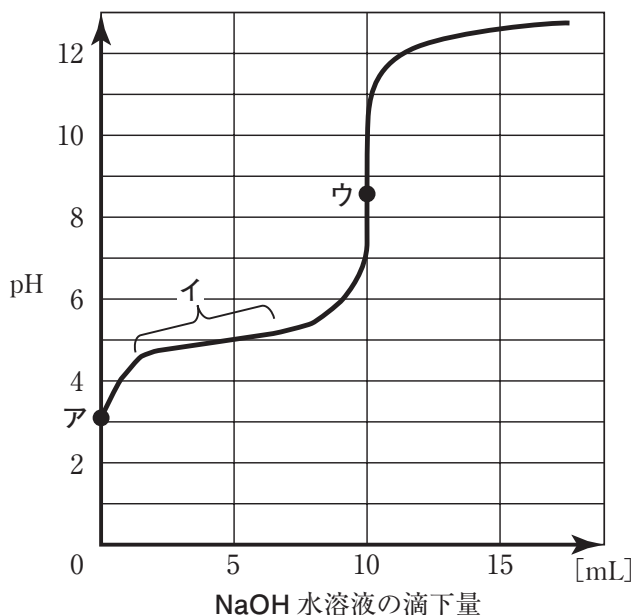


図 1 酢酸を NaOH 水溶液で滴定したときの滴定曲線

問 1 図 1 の点アは、 NaOH 水溶液を滴下する前の状態であり、 CH_3COOH 水溶液 10 mL のみが存在する。この点における水溶液の pH を求めよ。答は、小数第 1 位まで記せ。また、計算過程も記せ。

問 2 区間イでは NaOH 水溶液の滴下量に対する pH 変化が小さい。これは未反応の CH_3COOH と、中和で生成した CH_3COONa が水溶液中に存在するためである。このような水溶液の働きを何というか。

問 3 CH_3COO^- の加水分解定数 K_h を $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ および $[\text{OH}^-]$ を用いて記せ。

問 4 CH_3COO^- の加水分解定数 K_h を水のイオン積 K_w と CH_3COOH の電離定数 K_a の記号を用いて記せ。

問 5 点ウにおける水溶液の pH を、(2)式から得られる $[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{OH}^-]$ の関係を用いて求めよ。ただし、点ウにおける水溶液中の CH_3COO^- は、(1)式に示すように CH_3COONa が完全に電離することによって生成したものとする。また、(2)式による $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ の減少分は、(1)式で生じた $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ に比べて無視でき、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{Na}^+]$ としてよいものとする。水のイオン積 K_w は $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とせよ。答は、小数第 1 位まで記せ。また、計算過程も記せ。

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。

カルシウムの化合物で天然に最も多いのは石灰石で、石灰石を加熱すると生石灰が生成する。さらに生石灰に水を加えると、消石灰になる。消石灰の水溶液を石灰水という。a 石灰水に二酸化炭素を通じると白く濁り、b 得られた溶液にさらに二酸化炭素を通じるとこの白い濁りが消える。

石灰石と塩酸との反応により、塩化カルシウムが生成する。c 塩化カルシウムは吸湿性が高いため、d 乾燥剤として利用される。

問 1 石灰石、生石灰、および消石灰の化学式をそれぞれ記せ。

問 2 下線部 a および下線部 b の反応の化学反応式をそれぞれ記せ。

問 3 下線部 b の反応と最も関係のあるものを次の①～④から 1 つ選び、その番号を記せ。

① セラミックス

② ミヨウバン

③ セッコウ

④ 鍾乳洞

問 4 下線部 c の固体を湿った空气中に放置すると、水蒸気を吸収してその水に溶解する。この現象を何というか記せ。また、同様の現象を示す化合物を次の①～④から 1 つ選び、その番号を記せ。

① BaSO_4

② $\text{Mg}(\text{OH})_2$

③ NaOH

④ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

問 5 下線部 d に関して，乾燥剤として使用した後の水を吸収した塩化カルシウム試料 10.00 g に含まれている水の質量 $X[\text{g}]$ を決定するため，次の実験を行った。

使用後の塩化カルシウム試料 10.00 g を水に溶かして 1.00 L の水溶液 **A** を調製した。水溶液 **A** 中の塩化物イオン濃度 $Y[\text{mol/L}]$ を決定するため，水溶液 **A** から 10.0 mL をとりわけて少量のクロム酸カリウムを指示薬として加え，0.0400 mol/L の硝酸銀水溶液で滴定したところ，20.50 mL 加えたところで赤褐色の沈殿が生じ，滴定の終点となった。

- 1) 赤褐色の沈殿の化学式を記せ。
- 2) 塩化物イオン濃度 $Y[\text{mol/L}]$ を求め，有効数字 3 桁で記せ。
- 3) 水の質量 $X[\text{g}]$ を求め，有効数字 3 桁で記せ。また，計算過程も記せ。

(2) 次の文章を読んで、問 1～問 5 の答を解答欄に記入せよ。

銅はおもに黄銅鉱などとして産出する。黄銅鉱をケイ砂や石灰石とともに高温の炉で加熱すると、硫化銅(Ⅰ)が得られる。硫化銅(Ⅰ)を転炉内で空気を吹き込みながら加熱すると、粗銅が得られる。粗銅から純銅を得るために、粗銅を陽極、純銅を陰極、硫酸酸性の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を電解液に用いて、約 0.3 V の低電圧で電気分解する。粗銅中に、不純物として銀と亜鉛が含まれる場合、銅よりも が大きな は陽イオンとなって水溶液中に溶解し、銅よりも が小さな は沈殿する。この沈殿を陽極泥という。水溶液中に溶けている陽イオンの中で、銅(Ⅱ)イオンが最も還元されやすいため、陰極に純銅が析出する。このような操作で金属の純度を高める方法を という。

問 1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 2 空欄 に当てはまる最も適切な語句を次の①～④から 1 つ選び、その番号を記せ。

① 電解精錬

② 電気泳動

③ 熔融塩電解

④ イオン交換膜法

問 3 下線部 a の反応で発生する気体の化学式を記せ。

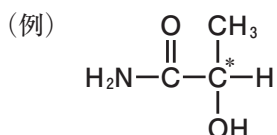
問 4 陰極で起こる反応を電子 e^- を含むイオン反応式で記せ。

問 5 銀と亜鉛のみを不純物として含む粗銅 300.0 g を用いて、上記の電気分解を行った。19.3 A の電流を 166 分 40 秒間流したところ、粗銅の質量が 236.0 g となり、陽極泥が 0.4 g 沈殿した。ただし、電解液中には十分な量の硫酸銅(Ⅱ)が溶解しているものとする。

- 1) 陰極に析出した銅の物質量を求め、有効数字 2 桁で記せ。また、計算過程も記せ。
- 2) 陽極において溶解した銅の物質量を求め、有効数字 2 桁で記せ。また、計算過程も記せ。

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。なお、構造式は次の例にならって記せ。



カルボン酸とは、分子中にカルボキシ基をもつ化合物である。カルボン酸はアルコールを出発原料として合成できる。すなわち、第 ア 級アルコールを イ することでアルデヒドが得られ、さらにアルデヒドを イ することでカルボン酸が得られる。分子式が $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ で表されるカルボン酸において、 n が ウ 以上の場合には構造異性体が存在する。

C, H, O のみからなる、分子量が 116 のカルボン酸である化合物 A 29 mg を完全燃焼したところ、二酸化炭素が 44 mg, 水が 9.0 mg 得られた。また、化合物 A を 160 °C で加熱すると分子内縮合反応が進行し、酸無水物が得られた。化合物 A には、幾何異性体である化合物 B が存在する。b 化合物 B では、化合物 A と異なり分子内縮合反応は起こらない。

問 1 空欄 ア と ウ に当てはまる数字、および空欄 イ に当てはまる最も適切な語句を記せ。ただし、空欄 イ は漢字 2 字で答えること。

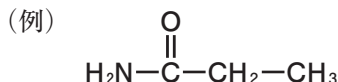
問 2 下線部 a に関して、分子式が $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ で表される 1 価カルボン酸の構造異性体の数を記せ。また、これらの構造異性体の中に不斉炭素原子を有する異性体の一つが存在する。その構造式を記せ。なお、不斉炭素原子は * で明示せよ。

問 3 化合物 A の組成式、分子式および構造式を記せ。

問 4 下線部 **b** に関して，化合物 **B** では分子内縮合反応が起こらない理由を25字以内で記せ。

問 5 2.32 g の化合物 **B** を十分な量のエタノールによりエステル化した。化合物 **B** のカルボキシ基はすべてエステル化されたとすると，得られた生成物は何 g か，有効数字3桁で記せ。また，計算過程も記せ。

(2) 次の文章を読んで、問 1～問 5 の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。



ベンゼンには、アルケンと同様に不飽和結合が存在するが、その反応性はアルケンと大きく異なる。一般に、^aアルケンでは不飽和結合の 1 本が開いて、そこに他の原子や原子団が結合する ア 反応が起こりやすいが、ベンゼンでは ア 反応が起こりにくく、イ 反応が起こりやすい。

例えば、ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)を反応させると、A が生成する。また、ベンゼンに、鉄粉などを触媒として塩素を反応させると、B が生成する。

このように、ベンゼンに直接官能基を導入して得られる化合物もあれば、ベンゼンから直接得るのが困難な化合物もある。例えば、C は、A をスズと塩酸などで還元した後、強塩基を作用させることにより得られる。D は、ベンゼンとプロペンから触媒を用いてE をつくり、これを酸素で酸化した後、希硫酸で分解することにより得られ、このときF も生じる。^bD は、B を用いて合成することもできる。また、^cC を塩酸中で 5℃以下に冷却しながら、亜硝酸ナトリウムと反応させた後、その水溶液を温めるとD が生じる。

問 1 空欄 ア および イ に当てはまる最も適切な語句を記せ。
ただし、漢字 2 字で答えること。

問 2 空欄 A ～ D に当てはまる化合物の構造式、および空欄 E と F に当てはまる化合物の名称を記せ。

問 3 下線部 a に関して，ベンゼンがそのような反応性を示す理由を 25 字以内で記せ。

問 4 下線部 b に関して，空欄 D の化合物を空欄 B の化合物を用いて合成する場合に必要な化合物として最も適切なものを，次の①～④から 1 つ選び，その番号を記せ。

① 二酸化炭素

② 水酸化ナトリウム

③ 塩酸

④ アンモニア

問 5 下線部 c に関して，空欄 C の化合物と亜硝酸ナトリウムとの反応により生成する化合物の構造式を記せ。

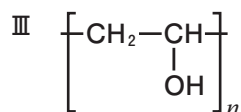
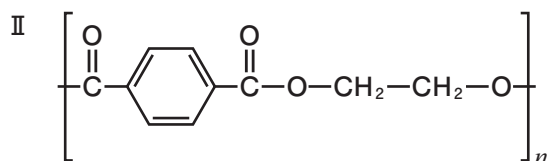
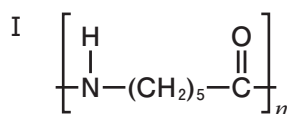
7

- (1) 以下の高分子化合物Ⅰ，Ⅱ，Ⅲに関する次の文章を読んで，問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

高分子化合物は，小さな構成単位がくり返し結合した構造をしている。この構成単位となる小さな分子を単量体という。単量体が次々に結合する反応を重合という。重合にはいくつかの種類がある。

高分子化合物Ⅰは，環状のアミドである単量体 ア の イ 重合により合成される。高分子化合物Ⅱは，二種類の単量体 ウ と エ の オ 重合により合成される。高分子化合物Ⅲは，単量体に相当する カ が不安定で，ただちに キ に変化してしまうため，カ から合成することができない。そのため高分子化合物Ⅲは，単量体 ク を ケ 重合して得られる高分子化合物を水酸化ナトリウムで加水分解(けん化)することにより合成される。

高分子化合物ⅠとⅡは，_a加熱するとやわらかくなり，冷却すると再び硬くなる。



問 1 空欄

ア

 ～

ケ

 に当てはまる最も適切な語句を記せ。

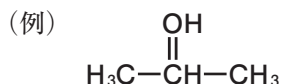
問 2 高分子化合物ⅠとⅡの名称をそれぞれ記せ。

問 3 下線部 a の性質を何というか答えよ。

問 4 高分子化合物Ⅰ，Ⅱ，Ⅲに関する記述として最も適切なものを次の①～⑥の中からそれぞれ 1 つ選び，その番号を記せ。

- ① 弾性に富み，ゴムとして用いられる。
- ② 飲料用ボトルとして用いられ，リサイクルされる。
- ③ 強度・弾性・耐熱性に優れ，防弾服や防護服などに用いられる。
- ④ これをアセタール化してビニロンが合成される。
- ⑤ ポリアミド系繊維の一つで，耐摩耗性に優れ，歯ブラシなどに用いられる。
- ⑥ 吸水性に富み，紙おむつとして用いられる。

- (2) 次の文章を読んで、問 1～問 5 の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。



アミノ酸分子にはアミノ基とカルボキシ基があり、二つ以上のアミノ酸がペプチド結合でつながった化合物を ペプチド^a という。さらに多数のアミノ酸が鎖状に結合した化合物をポリペプチドという。タンパク質はおもにポリペプチドからなる高分子化合物である。

タンパク質中のポリペプチドのアミノ酸配列順序をタンパク質の一次構造という。また、ポリペプチド鎖のらせん型構造である ア やひだ状の平面構造である イ などの立体構造を二次構造という。ア や イ などはさらに折れ曲がり、特定の立体構造に固定される。これを三次構造という。

タンパク質のうち触媒としてはたらくものを 酵素^b という。酵素には特定の基質とのみ結合する部位である ウ が存在する。酵素が触媒としてはたらくとき、反応速度は一般に約 40℃で最大となる。この温度を 最適温度^c という。

問 1 空欄 ア ～ ウ 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、2 分子のグリシンが結合したジペプチドの構造式を記せ。また、1 分子のグリシンと 2 分子のアラニンが鎖状に結合したトリペプチドの構造異性体の数を記せ。

問 3 次のペプチド①～④のうち、以下に示す検出手法(A)～(D)を適用した際に陽性を示すペプチドをすべて選び、その番号を記せ。陽性を示すペプチドが存在しない場合は「なし」と記せ。

ペプチド

- ① アラニン－アラニン
- ② アラニン－チロシン－アラニン
- ③ アラニン－システイン－アラニン
- ④ アラニン－グルタミン酸－アラニン

検出手法

- (A) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後、薄い硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると赤紫色になる。
- (B) 濃硝酸を加えて加熱すると黄色沈殿を生じ、冷却後、塩基性にすると橙黄色に変化する。
- (C) ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(ヨウ素液)を加えると、青紫色になる。
- (D) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると黒色沈殿が生じる。

問 4 下線部 b について、次の①～④の記述のうち、正しいものを 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① 多くの酵素について最適 pH は 5 ～ 8 の中性付近であるが、胃液に含まれるペプシンのように最適 pH が 2 付近のものもある。
- ② アミラーゼは油脂を脂肪酸とモノグリセリドに分解する酵素である。
- ③ 酵素は、基質と結合し、生成物を生じる反応が終了すると、立体構造が変化するため触媒として機能しなくなる。
- ④ ペプシン、トリプシン、カタラーゼは、タンパク質を分解する酵素で、プロテアーゼという。

問 5 下線部 c について、温度が最適温度よりも高くなると反応速度は小さくなる。その理由を 30 字以内で記せ。

問 題 訂 正 紙

理科 (医学部医学科)

注意事項

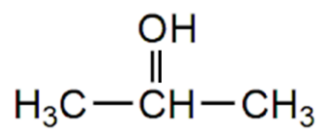
- 1 試験開始まで、この問題訂正紙の裏を見てはいけません。「解答はじめ。」の指示の後に、訂正の内容を確認してください。
- 2 試験終了後、問題訂正紙は持ち帰ってください。

問 題 訂 正

試験日程 前期日程

試験教科・科目名 理科（医学部医学科）

問題訂正

問 題 7 (2)ページ 32 の 構造式（例）
（誤）

（正）

