

2024 年度 入学試験問題(前期日程)

理 科

(物理基礎・物理)

教 育 学 部：学校教育教員養成課程(科学技術教育コース)

理 工 学 部：数学物理学科(理科受験)，情報科学科，生物科学科，化学生命理工学科，
地球環境防災学科

医 学 部：医学科

農林海洋科学部：農林資源科学科(フィールド科学コース)

問題冊子 問題…… 1 ～ 3 ページ…… 1 ～ 5

解答用紙…… 8 枚

下書用紙…… 1 枚

教 育 学 部：試験時間は 90 分，配点は表示の 0.5 倍とする。

理 工 学 部：試験時間は 90 分，配点は表示の 2 倍とする。

医 学 部：試験時間は 120 分(2 科目解答)，配点は表示の 0.75 倍とする。

農林海洋科学部：試験時間は 90 分，配点は表示のとおりとする。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで，この問題冊子を開かないこと。
2. 試験中に，問題冊子・解答用紙の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び下書用紙の不備等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせること。
3. 各解答用紙に受験番号を記入すること。
なお，解答用紙には，必要事項以外は記入しないこと。
4. 解答は，必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。
5. 解答用紙の各ページは，切り離さないこと。
6. 配付された解答用紙は，持ち帰らないこと。
7. 試験終了後，問題冊子，下書用紙は持ち帰ること。
8. 試験終了後，指示があるまでは退室しないこと。

1

図1および図2のように斜面、水平面、円環状のループからなるレール上を滑る小物体の運動を考える。図1左側の斜面から始まったレールは、斜面と滑らかに接続された水平面に達し、図1の点Pからは円環状のループ軌道へと移行する。ループは最高点Qに達した後、再び、水平面上の点P'に達する。レール同士が重なるのを防ぐため、ループの終点P'は始点Pから紙面に垂直な方向(z 方向とする)にずれた点となっているが、そのずれは小さく同一の点と見なしてよい。つまり、ループは完全な円軌道と見なしてよく、その半径は r とする。従って、円環状のループも含め、レールは全て一つの平面内にあり、レール上の物体の運動はこの平面内で起こるとしてよい(図1左下に示したように、水平面を z - x 平面、レールが存在する平面を x - y 平面、鉛直上向きを y 軸とする)。ループの終点P'からは再び水平面となり、点Rと点S間の水平なあらい面に達する。レールは水平面上の点Rと点Sの間の領域を除いて滑らかであり、RS間のみ摩擦力が働くとする。点Sより右側は、図2に示すように水平面がしばらく続き、最後は斜面が水平面と滑らかに接続されている。

今、図1のように質量 m_1 の小物体1が水平面上から高さ h の位置にある斜面上の点Aより初速度0で出発する。あらい領域の端点Sのすぐ右側には質量 m_2 の小物体2が静止した状態で置かれている。領域RS間ではいずれの小物体とレールの間にも摩擦力が働き、その動摩擦係数は μ' 、RS間の距離は L であるとする。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるとして、以下の問いに答えよ。解答用紙には考え方や途中の計算過程も示すこと。(70点)

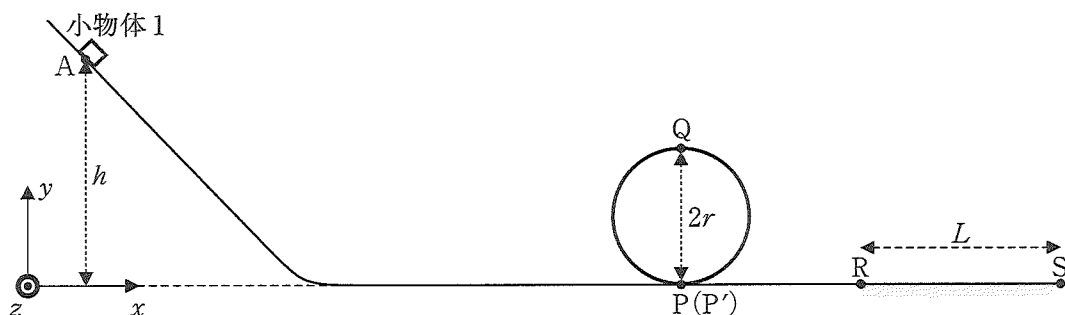


図1

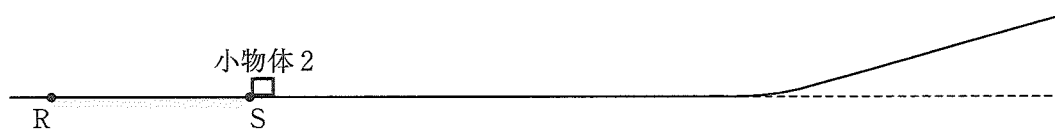


図2

問 1. 点 P を最初に通過した直後の小物体 1 の速さを求めよ。

問 2. 点 P を最初に通過した直後に小物体 1 がレールから受ける垂直抗力の大きさを求めよ。

問 3. その後、点 Q で小物体 1 がレールから離れることなく円軌道を一周するための条件を h, r, m_1, g のうち、必要なものを用いて表せ。

問 4. 問 3 の条件が満たされているものとする。小物体 1 が点 S を止まることなく通過する条件を求めよ。但し、点 S を通過する時点では小物体 2 は小物体 1 に影響を及ぼさないとする。

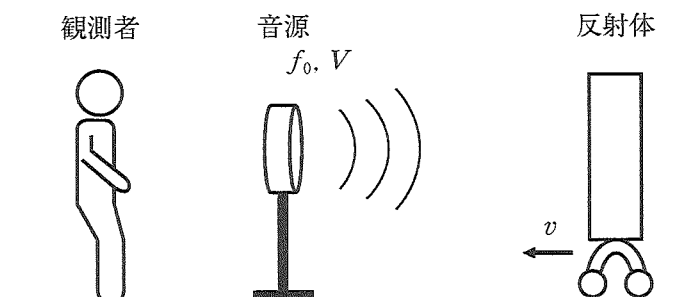
以下では、問 3 と問 4 の条件が満たされているものとする。点 S を通過した小物体 1 は静止した小物体 2 と弾性衝突した。衝突はあらい面の外側の滑らかな水平面上で起こり、衝突過程そのものにあらい面や斜面の影響はないものとする。また、小物体の質量の関係は $m_1 < m_2$ であるとする。

問 5. 衝突直後の小物体 1 の x 方向の速度 v_1' と小物体 2 の x 方向の速度 v_2' を求めよ。衝突前の小物体 1 の進行方向を x 軸正の向きとする。

問 6. 衝突後、小物体 1 が点 R を通り過ぎることなく、領域 RS 間(端点 R および S も含む)で止まるために、 h が満たすべき条件を求めよ。

問 7. 前問までの条件が全て満たされているとする。小物体 1 と小物体 2 が最初に衝突した後、再び衝突(接触)しないための条件を求めよ。ただし、図 2 右側の斜面は非常に緩やかで十分長いものとする。

- 2 図のように静止している音源から出る音を速さ v で近づいてくる反射体で反射させ、その音を観測することによって反射体の速さ v を求めようとした。観測者、音源、反射体は一直線上にあり、観測者は静止している。また風は吹いていない。音源から出る音の振動数を f_0 、音速を V として以下の問いに答えよ。問5以外は考え方・計算過程も含めよ。(65点)



問 1. 反射体が音源から受け取る音の振動数 f_R を反射体の速さ v 、音速 V 、振動数 f_0 を用いて表せ。

問 2. 反射体で反射された音を観測者が観測するとき、その音の波長 λ_L を反射体の速さ v 、音速 V 、振動数 f_0 を用いて表せ。

問 3. 反射体で反射された音を観測者が観測するとき、その音の振動数 f_L を反射体の速さ v 、音速 V 、振動数 f_0 を用いて表せ。

問 4. 反射体の速さ v を音速 V と振動数 f_0 、 f_L を用いて表せ。

反射体の速さ v が音速 V に比べてはるかに遅いとき、振動数 f_0 と f_L がほとんど同じとなり、問4の方法で速さ v を求めると精度が悪くなるおそれがある。そこで「うなり」を使って速さ v を求めることにした。

問 5. この「うなり」とはどのような現象か説明せよ。

問 6. 反射体の速さ v を音速 V 、振動数 f_0 、1秒間あたりのうなりの回数 n を用いて表せ。

問 7. 音源の音の振動数 $f_0 = 2.00 \times 10^2 \text{ Hz}$ 、音速 $V = 3.40 \times 10^2 \text{ m/s}$ のとき、観測されたうなりの回数は1秒間あたり1.25回であった。反射体の速さ v を有効数字3桁まで求めよ。

- 3 図1のような平面状の一巻きコイルを一様な磁界中におき、図2のように磁界に垂直な軸の周りを角速度 ω で回転させると、コイルの両端 A、O に交流電圧が発生する。時刻 $t=0$ で、磁力線とコイルが垂直で、かつ磁力線の向きに沿ってコイルを見るとコイルの A 部分が左下方向に見えた。磁界の磁束密度の大きさを B とし、AO 間は十分小さく $t=0$ のときに磁力線が貫くコイルの面積を S として、以下の問いに答えよ。(65 点)

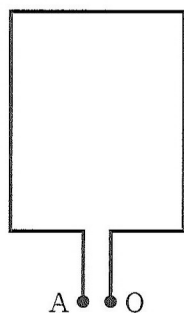


図 1

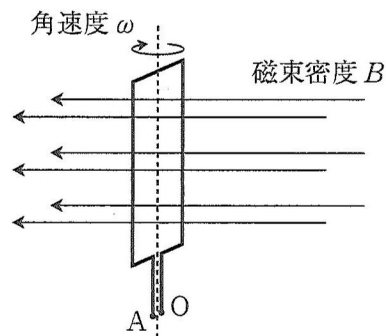


図 2

- 問 1. 交流電圧の周期 T_0 を、 T_0 以外の問題文中で定義された記号を使って答えよ。
- 問 2. $t=0$ においてコイルを貫く磁束を、問題文中で定義された記号を使って答えよ。
- 問 3. $0 < t < \frac{T_0}{4}$ の範囲にある時刻 t において、コイルの面に垂直な向きと磁力線のなす角が θ であったとする(ここで、なす角 θ については $0 < t < \frac{T_0}{4}$ において $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ となるように定義している)。
- (a) この時刻 t においてコイルを貫く磁束を、 θ および問題文中で定義された記号を使って答えよ。
- (b) このときにコイルの A 部分と O 部分ではどちらの電位が高くなるか、理由とともに答えよ。
- 問 4. 交流電圧の最大値 V_0 を、 V_0 以外の問題文中で定義された記号を使って答えよ。
- 問 5. 交流電圧の時間変化について、その 1 周期分をグラフに表わせ(時間の原点を $t=0$ とする)。位相に特に注意して表すこと。コイルの O 部分を電位の基準点としてとり、A 部分が O 部分より高い電位になるときに電圧が正となるものとする。

A, O は交流電源の端子とみなすことができる。この端子に対して抵抗値 R の抵抗を接続して回路を形成する2つの場合を考える。1つ目は、抵抗のみを A, O に接続する場合(図3)であり、2つ目は抵抗を、自己インダクタンス L をもつコイル(このコイルは交流電圧を発生させるための一巻きコイルとは別である)および電気容量 C のコンデンサーとともに直列に接続する場合(図4)である。回路を形成したあと、角速度 ω で一巻きコイルを回転させると A, O には交流電圧が発生するが、その大きさ・位相・周期はそれぞれ接続前と変化しないものとする。A, O における接続にはそれぞれ円筒状の金属レールを使っており、一巻きコイルが回転しても回路において図3、図4に対応する部分は静止したままである。また回路における抵抗・コイル・コンデンサーはそれぞれ理想的なものとして考える(すなわち、例えばコンデンサーやコイルは抵抗を持たないとする)。また回路に使われているコイルと交流電圧を発生させるための一巻きコイルとの相互誘導は考えない。

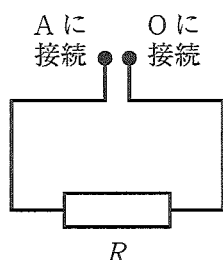


図 3

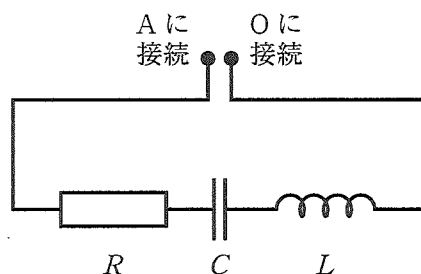


図 4

問 6. 交流電圧の実効値を V_0 を用いて表せ。

問 7. 図3で表される回路に流れる交流電流の実効値を、 V_0 , R を用いて表せ。

問 8. 図4で表される回路は共振回路とみなすことができる。

- (a) 共振が起きる周波数を、 L , C , R のうち適当なものを用いて表せ。
- (b) A, O 間に発生する交流電圧の周波数が回路の共振周波数と一致するときに、図4で表される回路に流れる交流電流の実効値は、問7の場合と比べてどうなるか。大きくなる、小さくなる、あるいは変化しないのいずれになるかを、理由とともに答えよ。
- (c) A, O 間に発生する交流電圧の周波数が回路の共振周波数と一致しないときは、図4で表される回路に流れる交流電流の実効値は、問7の場合と比べてどうなるか。大きくなる、小さくなる、あるいは変化しないのいずれになるかを、理由とともに答えよ。

