

物 理

学 部	学 科	配 点
理工学部	全 学 科	200 点

注 意 事 項

1. 問題は、**1** から **2** までの計 2 問です。
2. **1** から **2** までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は、(2 の 1) から (2 の 2) の計 2 枚です。解答は、すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 導出過程を記す設問では、基礎となる法則や根拠となる事項と、結果(式・数値)との関係を簡潔に説明し、解答欄に記しなさい。
5. 必ず解答用紙のすべてに、本学の受験番号を記入しなさい。
6. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
7. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
8. 試験終了後、問題冊子および計算用紙は持ち帰りなさい。

1 次の文章を読み、以下の問い(1)~(6)に答えよ。

図1に示すように、天井に一端を固定した長さ L の糸の他端に質量 m の小球がつけてある。糸がたるまないように小球を持ち上げ、鉛直方向とのなす角 θ_1 の点 Q から静かに放したところ、小球は円弧を描きながら動き始めて点 S に達し、その後振動し始めた。重力加速度は鉛直下向きで大きさを g 、円周率は π とする。また、糸の質量と伸び、天井と糸の摩擦、運動中の小球の空気抵抗は無視できるものとする。

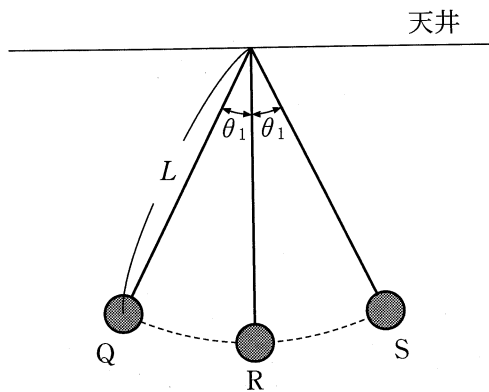


図1

- (1) 小球が最下点 R に達したときの速さ v_1 を、 L 、 θ_1 、 m 、 g から必要なものを用いて表せ。
- (2) 小球が最下点 R を超えて点 S に達した。このときの S の接線方向の加速度の大きさを m 、 g 、 θ_1 から必要なものを用いて表せ。
- (3) θ_1 が微小のとき、その振動の周期を L 、 θ_1 、 m 、 g から必要なものを用いて表せ。

次に、図2に示すように、糸がたるまないように小球を持ち上げ、鉛直方向とのなす角が θ_1 より大きい角 θ_2 の点Pから静かにはなしたところ、小球は最下点Rを超えて点Sに達した。そして、点Sで小球は糸から切り離されて水平な床上の点Aに達した。ただし、この場合 θ_1 は微小ではなく、切り離された直後の小球の速度は変わらないものとする。

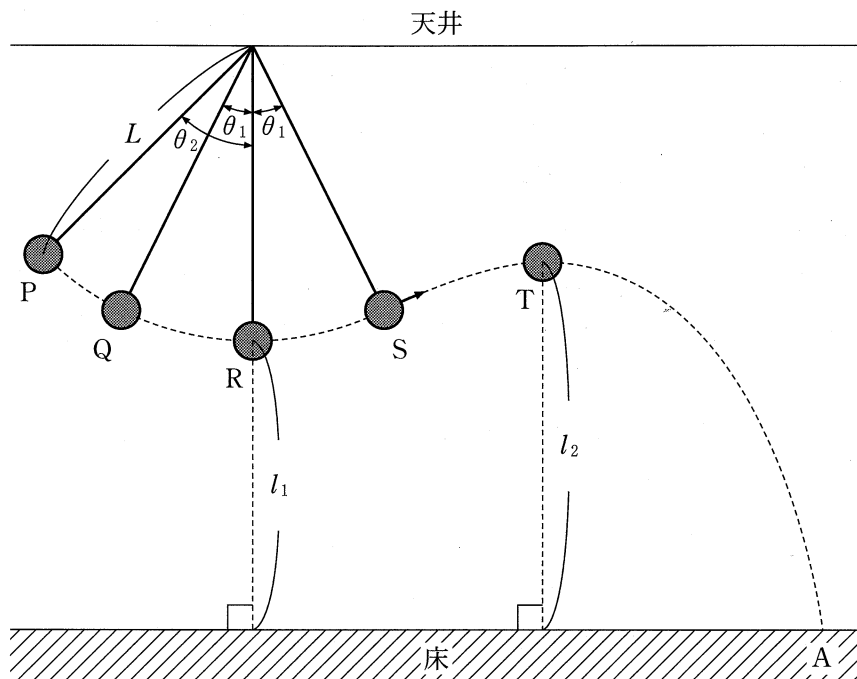


図2

- (4) 小球が最下点Rを超えて点Sに達したときの小球の速さ v_2 を、 L 、 θ_1 、 θ_2 、 m 、 g から必要なものを用いて表せ。
- (5) 小球が最高点Tに達したときの床からTまでの高さ l_2 を、床からRまでの高さ l_1 、 v_2 、 L 、 θ_1 、 m 、 g から必要なものを用いて表せ。
- (6) 最高点Tから床までの落下時間 t_{TA} を、 l_1 、 v_2 、 L 、 θ_1 、 m 、 g から必要なものを用いて表せ。

2 次の文章を読み、以下の問い(1)~(8)に答えよ。

図3のように、鉛直上向きで磁束密度 B [T] の一様な磁場中に、間隔 l [m] で水平に置かれた直線状の平行な2本の導線レール ab , cd がある。 bd 間を起電力 E [V] の電池と可変抵抗 R [Ω] でつなぎ、導線レール上に直線状の金属棒 PQ を ab , cd と垂直に置く。金属棒に質量と伸びが無視できる糸を張り、他端になめらかに回る軽い滑車を介して質量 m [kg] のおもりをつり下げる。金属棒の質量は無視でき、その上には質量 M [kg]、振動数 f_0 [Hz] の平面波を発する音源 S が設置してある。板面と $abdc$ 面は垂直であり、板の中心、観測者、音源は同一直線上に配置しており、板と観測者は静止しているとする。導線レールと金属棒の電気抵抗、電池の内部抵抗、金属棒と導線レール間の摩擦、回路を流れる電流がつくる磁場の影響、音源が金属棒の運動に与える影響は無視できるとする。重力加速度の大きさを g [m/s^2]、音速を V [m/s] とする。

- (1) 金属棒が左側へ移動するための、可変抵抗 R の条件を E , m , g , B , および l の中から適当な記号を用いて表せ。
- (2) 次に、可変抵抗 R の値を、(1)の条件を満たす値 R_0 [Ω] として金属棒を左側へ滑らせたところ、徐々にその速さが増加した。速さ v [m/s] のとき、金属棒を流れる電流が磁場から受ける力 F [N] と加速度 a [m/s^2] を、 E , m , M , g , v , B , l , および R_0 の中から適当な記号を用いてそれぞれ表せ。
- (3) (2)で金属棒が左側へ加速中、音源から観測者に直接伝わる音はどのように聞こえるか、適切なものを①~④の中から一つ選べ。板で反射する音の影響はないものとする。
 - ① 音が急激に高くなったあと、低くなる
 - ② 徐々に音が低くなる
 - ③ 音の高さは変化しない
 - ④ 徐々に音が高くなる
- (4) (2)で金属棒の速さは、やがて一定値 v_0 [m/s] となった。 v_0 を E , m , M , g , B , l , および R_0 の中から適当な記号を用いて表せ。

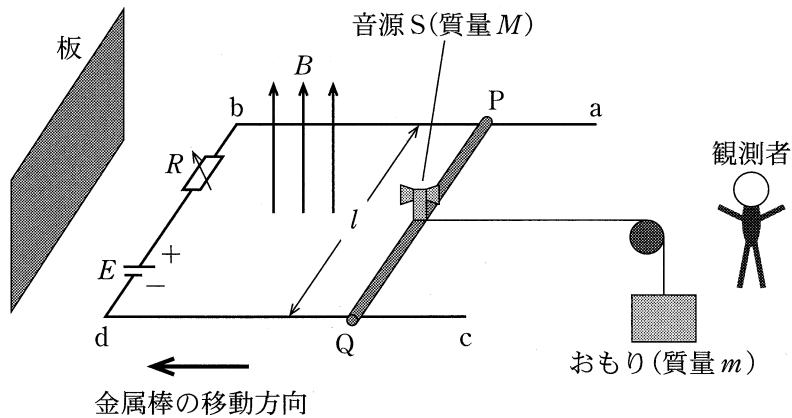


図 3

次に、金属棒が一定の速さ v_0 [m/s] で左側に移動している場合を考える。金属棒の速さは音速より小さいとする。観測者には、音源から直接伝わる音と板で反射する音が聞こえるものとし、以下の問いに答えよ。

- (5) 音源から観測者に直接伝わる音の波長 λ_S [m] と振動数 f_S [Hz] を V , v_0 , f_0 を用いてそれぞれ表せ。
- (6) 板で反射して観測者に向かう音の波長 λ_R [m] と振動数 f_R [Hz] を V , v_0 , f_0 を用いてそれぞれ表せ。
- (7) 音源から直接伝わる音と板で反射した音によって、観測者にはうなりが聞こえた。1秒間のうなりの回数 N [回/s] を V , v_0 , f_0 を用いて表せ。
- (8) 音源の振動数 f_0 を急にわずかに減少させたところ、観測者には1秒間のうなりの回数が2段階に変化して観測された。1秒間のうなりの回数の時間変化として適切なものを①～④の中から一つ選べ。
 - ① 増加し、その後、更に増加した ② 増加し、その後、減少した
 - ③ 減少し、その後、更に減少した ④ 減少し、その後、増加した