

平成 2 9 年度

理工学群物理学類
私費外国人留学生入試

小 論 文
試 験 問 題

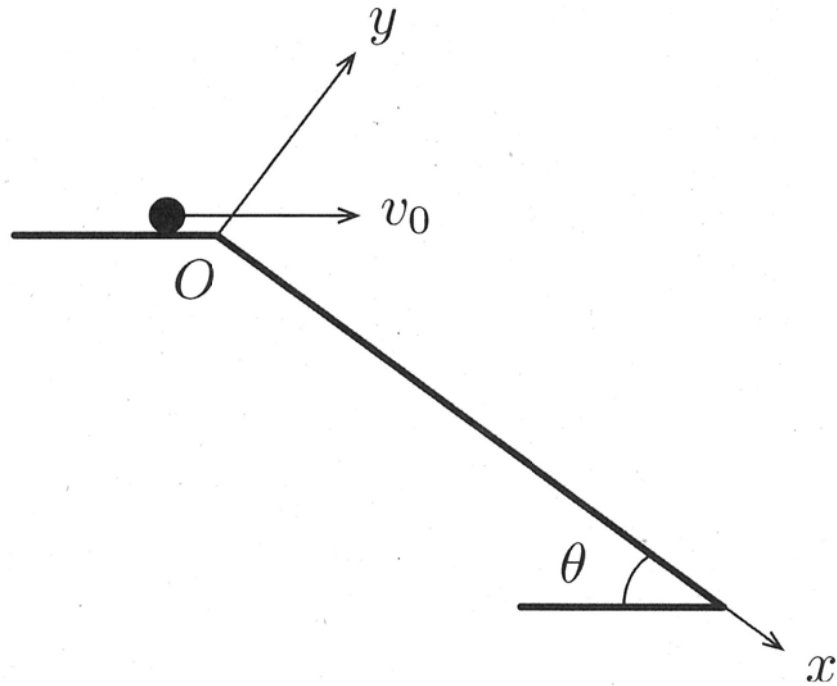
注意事項

- ① 問題 1 および問題 2 は別々の解答用紙に日本語で
解答すること。下書き用紙は採点しません。
- ② 試験時間は 9 0 分です。

問題 1

図の様に、水平な床に水平からの角度 θ で十分長い斜面がついているとする。重力が図の鉛直下方にはたらくており、重力加速度を g とする。水平な床の上を質量 m の球が運動していき、時刻 $t=0$ で原点 O に達し、水平方向に速度 v_0 で飛び出したとする。その後、球は斜面と衝突を繰り返しながら運動した。球と斜面のはね返り係数を e とする。また、水平な床および斜面と球との摩擦はないとする。

斜面に沿って x 軸、垂直に y 軸をとることにする。ここで、球の大きさは十分小さく、空気抵抗と球の回転運動は無視できるものとする。以下の問に答えよ。



問 1. 球が床を飛び出した直後の、 x 軸と y 軸方向の球の運動方程式を書け。ただし、 x 軸方向の加速度を α_x 、 y 軸方向の加速度を α_y とする。

時刻 $t=0$ で床を飛び出した後、時刻 t_1 で球が斜面に衝突した。

問 2. 時刻 $t < t_1$ での、球の x 軸方向の速度 v_x 、 y 軸方向の速度 v_y 、 x 軸方向の位置 x 、 y 軸方向の位置 y を求めよ。

問 3. 球が斜面に衝突した時刻 t_1 を求めよ。

問 4. 時刻 t_1 に衝突する直前の y 軸方向の速度 v_{y1} を求めよ。

問 5. 時刻 t_1 に衝突した直後の y 軸方向の速度 v'_{y1} を求めよ。

球が斜面に 時刻 t_1 で衝突した後、斜面からはね返され、時刻 t_2 に再び斜面に衝突した。

- 問 6. 時刻 $t_1 < t < t_2$ での、球の x 軸方向の速度 v_x 、 y 軸方向の速度 v_y 、 x 軸方向の位置 x 、 y 軸方向の位置 y を求めよ。
- 問 7. 球が斜面に衝突した時刻 t_2 を求めよ。
- 問 8. 時刻 t_2 に衝突する直前の球の y 軸方向の速度 v_{y2} を求めよ。
- 問 9. 時刻 t_2 に衝突した直後の球の y 軸方向の速度 v'_{y2} を求めよ。

以上の斜面との衝突と反発が n 回繰り返されたとする。

- 問 10. $n - 1$ 回目の衝突直後の球の y 軸方向の速度を求めよ。
- 問 11. n 回目の衝突の時刻 t_n を求めよ。

問題 2

水平面上に 2 本の導体レールを間隔 L で平行に配置し、抵抗値 R をもつ抵抗、内部抵抗が無視できる起電力 E の電池、スイッチ S を導線で接続した。導体レール上には金属棒を導体レールと直角をなすように乗せた。自己誘導、並びに導体レール本体と導線本体の抵抗やこの金属棒と導体レールの接触に伴う抵抗は無視できるとする。この金属棒は導体レールや導線、抵抗とは材質が異なり、常温では抵抗値 R をもつ。電流が流れて、しばらくするとその温度は徐々に上昇して、十分時間が経つと高温で温度が一定となる。この高温状態ではこの金属棒はオームの法則に従わず、加わる電圧の大きさ V に対し流れる電流の大きさ I の関係は a を正の定数として以下の式で与えられるとする。

$$I = a\sqrt{V}$$

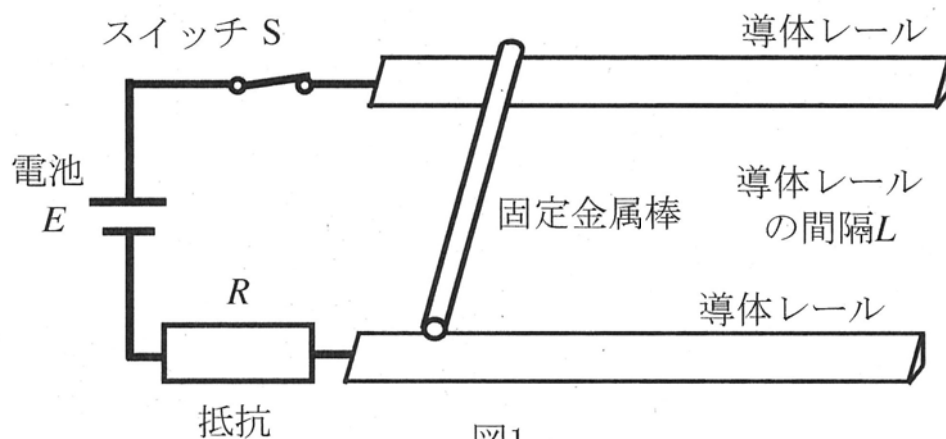


図1

(A) 図 1 のように、1 つの金属棒が導体レールに固定されているとき、以下の問に答えよ。

問 1. スイッチ S を閉じた直後、抵抗に電流 I_1 が流れた。 I_1 を E, R のうち必要なものを用いて表せ。このとき金属棒の温度の上昇は無視できるとする。

問 2. 十分時間が経ち、金属棒の温度が高温で温度が一定になったときの金属棒に流れる電流 I_2 を E, R, a のうち必要なものを用いて表せ。

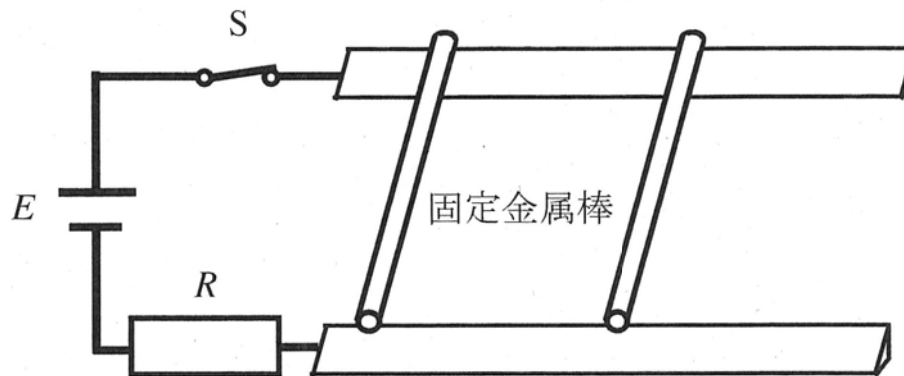


図2

同じ金属棒をもうひとつ用意し、図2の様に、導体レール上に最初に置いた金属棒の右側遠方に乗せた。この2つの金属棒は導体レールに固定されているとする。スイッチSを閉じるとそれぞれの金属棒に電流が流れた。十分時間が経ち、2つの金属棒の温度が高温で温度が一定になったときの回路に関して、以下の問に答えよ。

- 問3. 図2の抵抗に流れる電流 I_3 を E, R, a のうち必要なものを用いて表せ。
- 問4. 図1の回路において高温で温度が一定となった1つの金属棒で消費される電力 P_1 と、図2の回路の2つの金属棒で消費される電力の合計 P_2 を E, R, a のうち必要なものを用いて表せ。
- 問5. 抵抗値 R が0の場合、 P_1/P_2 を求めよ。

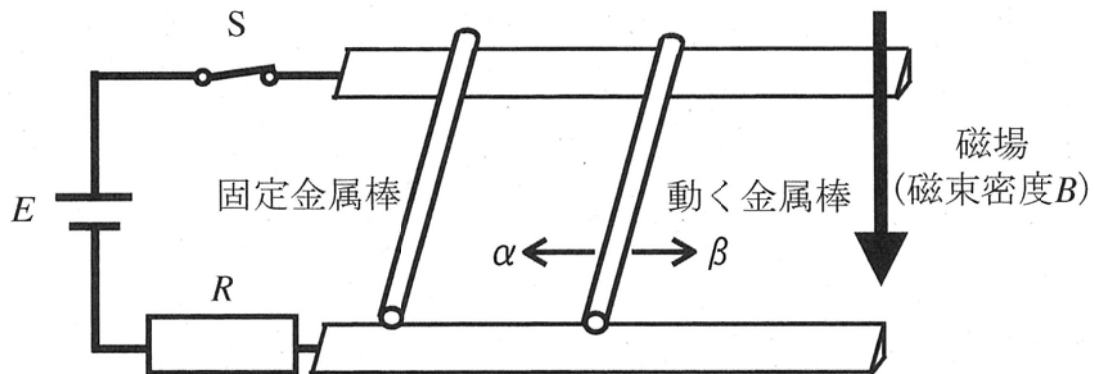


図3

- (B) 図3のように右側の金属棒を導体レールと接触を保ちつつ自由に動けるようにし、磁束密度の大きさが B である一様な磁場を鉛直下向きに加えたところ、右側の金属棒は導体レール上を動きはじめた。以下の問に答えよ。但し、導体レールは十分に長く、動く金属棒はレールから落ちたりせず導体レールとなす角度も直角から変化しない。2つの金属棒は十分に離れており接触しない。また、動く金属棒に対する空気抵抗、導体レールとの摩擦、回路に流れる電流によって作られる磁場の影響は無視できるとする。さらに、この過程における2つの金属棒の温度上昇は無視でき、金属棒は抵抗値 R をもち、オームの法則に従うとする。

- 問6. 右の金属棒が動く向きは図3中の α 、 β のどちらか。その理由も記述せよ。
- 問7. 右の金属棒の動く速度 v_1 を動く金属棒に流れる電流 I 、 B 、 L 、 E 、 R のうち必要なものを用いて表せ。
- 問8. さらに十分時間が経過すると、動く金属棒は速さ v_2 で等速運動した。 v_2 を B 、 L 、 E 、 R のうち必要なものを用いて表せ。