



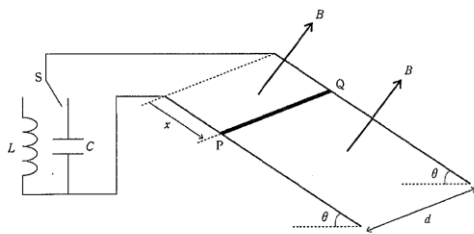
早稲田大学

コンデンサーやコイルに接続された導体棒の磁場中における運動の問題で、テキストと同じ内容が問われている。

入試問題

2月19日実施 教育学部 一般
[II]

【II】 図II-1のように、電気容量 C のコンデンサー、自己インダクタンス L のコイルとスイッチ S からなる回路が、十分に長い2本の平行な導体のレールに接続されている。レールは間隔が d で、水平面に対して角度 θ だけ傾いていて、質量 m の導体棒 PQ が2本のレールに対して直交するように置かれている。2本のレールによって作られた平面に対して垂直方向に磁束密度 B の一様な磁場がかけられている。導体棒 PQ はレールに対して直交したまま摩擦なく動き、レールに沿って下向きを正の向きとしてその運動を表すことにする。電気抵抗は全て無視でき、重力加速度の大きさを g とする。



図II-1

はじめ、 S を充電していないコンデンサーに接続して、導体棒 PQ をレールの上端から静かに放した。レール上を運動する導体棒 PQ に発生する起電力は、コンデンサーの耐電圧を超えないものとする。

問1 導体棒 PQ がレールを滑り落ち、速度が v になったときにコンデンサーに蓄えられる電気量を、 C, v, B, d, m の中から必要な記号を用いて表せ。

問2 このとき、導体棒 PQ を流れる電流を I とすると、導体棒 PQ にはたらく合力はいくらになるか。 I, B, d, m, g, θ の中から必要な記号を用いて表せ。

河合塾

大学受験科 完成シリーズ
物理演習T 14

14

図のように、水平と角 θ をなす斜面に沿って、間隔 l の2本のなめらかなレールがあり、その上で、質量 m の太さが無視できる導体の棒が動くものとする。ただし、棒はレールの間隔よりも少し長く、つねにレールに垂直であるとする。このレールは2本とも導体であり、その下端には切替スイッチ S によって、抵抗値 R の抵抗 R 、電気容量 C のコンデンサー C 、抵抗の無視できる自己インダクタンス L のコイル L のいずれかを接続できる。また、斜面に垂直かつ下向きに磁束密度 B の一様な磁場が斜面全体にかけられている。レールに沿って下向きに x 軸をとり、重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。ただし、棒およびレールの電気抵抗は無視し、回路の自己誘導は考えない。また、はじめ C は電荷を蓄えておらず、斜面とレールは十分に長いものとする。

はじめに、 S を端子1に接続して、棒を原点で静かに放した。

- 棒の速度が v となったときの棒の加速度を a として、棒の x 軸方向の運動方程式を書け。
- 棒の速度はやがて一定となる。この速度はいくらか。
- 棒の速度が一定になった後に、 R で発生する熱量は単位時間あたりいくらか。

次に、 S を端子2に接続して、棒を原点で静かに放した。

- 棒の速度が v となったときの、棒の加速度を a 、棒を流れる電流(図中の矢印の向きを正)を I 、 C の S 側の電気量を Q とする。次の関係式を()内に指定された文字で書け。
 - 棒の x 軸方向の運動方程式 (m, θ, l, g, B, a, I)
 - 電位に関するキルヒホッフの法則 (I, B, C, v, Q)
- 棒は等加速度運動をする。その加速度を m, θ, l, g, B, C を用いて表せ。

最後に、 S を端子3に接続して、棒を原点で静かに放した。

- 電位に関するキルヒホッフの法則より、棒を流れる電流 I (図中の矢印の向きを正) が棒の位置座標 x に比例することが示される。その比例定数はいくらか。
- 棒は単振動をする。その周期と振動中心の位置座標はそれぞれいくらか。

ここから、短い時間 Δt の間に導体棒 PQ の速度が Δv だけ増え、コンデンサーに蓄えられる電気量が ΔQ だけ増えたとする。

問3 このとき、 $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ であることを用いて、 I を $C, B, d, m, \Delta v, \Delta t$ の中から必要な記号を用いて表せ。

問4 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ を導体棒 PQ の加速度とみなして、問2の結果を用いて導体棒 PQ に関する運動方程式を立てることができる。問3の結果も用いてこの運動方程式を解き、導体棒 PQ を流れる電流を、 C, B, d, m, g, θ の中から必要な記号を用いて表せ。

問5 導体棒 PQ がレールの上端から x だけレール上を滑り落ちたときの、導体棒 PQ の速さを、 C, B, d, m, g, x, θ の中から必要な記号を用いて表せ。

次に、導体棒 PQ をレールの上端に戻し、S をコイルに接続した後に導体棒 PQ を静かにはなす。導体棒 PQ がレールの上端から x だけ滑り落ちたときの速度を v 、コイルに流れている電流を I とする。そこからさらに、導体棒 PQ は短い時間 Δt の間に $\Delta x = v \Delta t$ だけ移動した。

問6 Δt の間の電流の増加量を ΔI とするとき、 $\frac{\Delta I}{\Delta x}$ を B, d, m, L の中から必要な記号を用いて表せ。

問7 導体棒 PQ をはなした瞬間に、コイルに電流は流れていないことをふまえて、導体棒 PQ が x だけ滑り落ちたときの電流を、 B, d, m, L, x の中から必要な記号を用いて表せ。

問8 問7の結果を用いて導体棒 PQ にはたらく力を考えることにより、導体棒 PQ は単振動することがわかる。この単振動の振幅と周期はいくらか。それぞれ、 B, d, L, m, g, θ の中から必要な記号を用いて表せ。

[以下 余白]

