

群馬大学

物理

問題

2014年度入試

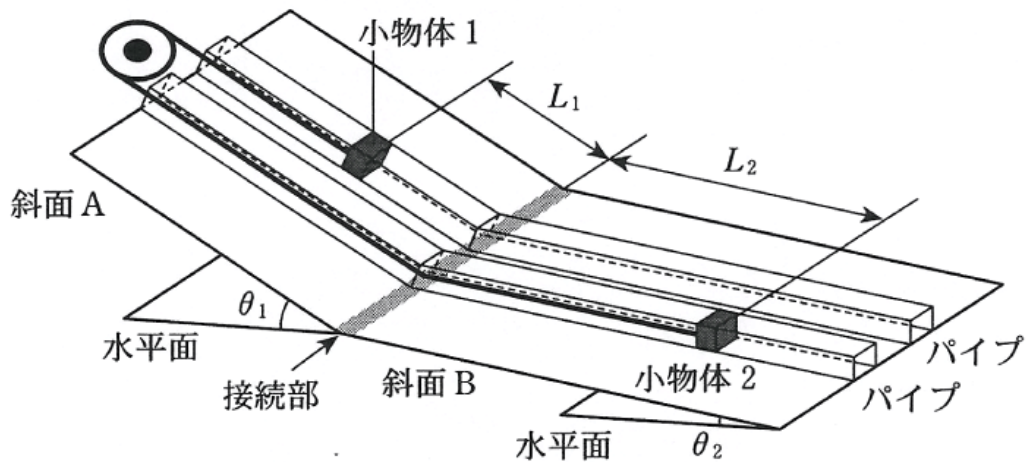
【学部】	医学部
【入試名】	前期日程
【試験日】	2月25日



「過去問ライブラリーは、(株)旺文社が刊行する「全国大学入試問題正解」を中心とした過去問、研究・解答(解答・解説)を掲載しています。本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は、(株)旺文社または各情報提供者に帰属します。本サービスに掲載の全部または一部の無断複製、配布、転載、譲渡等を禁止します。各設問に対する「研究・解答」は原則として旺文社が独自に作成したものを掲載しています。掲載問題のうち★印を付したものは、著作権法第67条の2第1項の規定により文化庁長官に裁定申請を行った上で利用しています。

裁定申請日 【2017年】8/1 【2018年】4/24、9/20 【2019年】6/20

1 図のように、水平面からの角度 θ_1 と θ_2 をもつ二つの斜面、斜面 A と斜面 B がある。ただし、 $\theta_1 > \theta_2$ とする。二つの斜面は十分せまい接続部を介して滑らかに接続されている。二つの斜面上に、互いに平行な 2 本の細いパイプが、接続部と直交するように設けられている。大きさが無視できる質量 m の二つの小物体 1 と 2 が、滑らかに動く滑車に掛けられたひもで連結されている。滑車とひもの質量は無視できるものとする。小物体 1 と 2 は、二つの斜面上に設けられたパイプ内を運動し、二つの斜面の接続部を滑らかに通過できる。また、ひもは常にパイプと平行で、ひもとパイプとの摩擦は無視できるものとする。そのため、ひもが二つの小物体を引く力(張力)の大きさは等しくなっている。はじめ、ひもを張った状態で、小物体 1 を斜面 A 上のパイプ内で接続部から距離 L_1 上方の位置、小物体 2 を斜面 B 上のパイプ内で接続部から距離 L_2 下方の位置におき、静かに放したところ、小物体 1 は斜面に沿って下方へ、小物体 2 は斜面に沿って上方へ、初速度の大きさ 0 で動き始めた。その後の運動で、ひもがたるむことはなかった。 $L_2 > L_1$ 、重力加速度の大きさを g とし、以下の(1)から(2)の問に答えなさい。



図

[I] まず、二つの小物体とパイプとの間の摩擦が無い場合を考えよう。

小物体 1 が斜面 A を下り、小物体 2 が斜面 B を上るときの運動を考える。

- (1) 小物体 1 の加速度の大きさを g , θ_1 , θ_2 を用いて表しなさい。
- (2) 小物体 1 が運動を開始してから、距離 L_1 移動し、接続部を通過するまでの時間 t_1 を、 L_1 , g , θ_1 , θ_2 を用いて表しなさい。

- (3) 小物体 1 が接続部を通過する瞬間の 小物体 1 の速さ V を L_1 , g

2 以下の【I】，【II】について設問に解答せよ。

【I】 真空中に面積 $S[\text{m}^2]$ で厚みの無視できる正方形金属板 1, 2, 3 を, 金属板 1, 2 間の間隔が $z[\text{m}]$, 金属板 1, 3 間の間隔が $d[\text{m}]$ となるよう, 図 1 のように平行に配置する。ただし, $z < d$ とする。金属板の 1 辺の長さは極板間隔 d に比べ十分長く, 金属板は平行板コンデンサーの極板として働くものとする。さらに, 金属板 1, 2, 3 と抵抗値 $R[\Omega]$ の抵抗器, 起電力 $V[\text{V}]$ の直流電源, スイッチ S_1, S_2 を使って図 1 のように回路を組む。最初, スイッチ S_1, S_2 は開かれており, 金属板は帯電していないものとして以下の(1)から(7)の間に答えよ。ただし, 真空の誘電率を $\epsilon_0[\text{F/m}]$ とする。

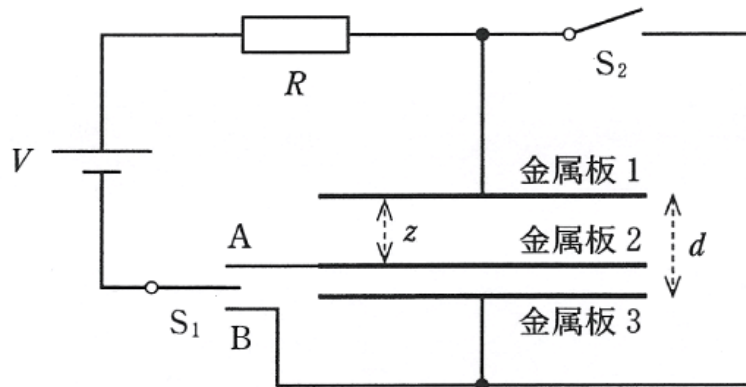


図 1

まず, スイッチ S_1 を接点 A に接続し, 十分時間が経過した。

- (1) 抵抗の両端間の電圧の大きさを求めよ。
- (2) 金属板 1, 2 間の電場(電界)の大きさ $E[\text{N/C}]$ を求めよ。
- (3) 金属板 1 に帯電した電荷 $Q[\text{C}]$ は $Q = \square \times E$ と表される。空欄 \square に入る適切な式を求めよ。

次に, スイッチ S_1 を開いたのち, 金属板 1, 2 の電荷を取り除いた。その後, スイッチ S_1 を接点 B に接続し, 十分時間が経過した。

- (4) 金属板 1 に帯電した電荷を d, S, V, z, ϵ_0 のうち必要なものを用いて表せ。

次に, スイッチ S_1 を開き, スイッチ S_2 を閉じた後, スイッチ S_1 を接点 A に接続し, 十分時間が経過した。

- (5) 金属板 1, 2 間, および, 金属板 2, 3 間における電場の大きさをそれ

ぞれ d , V , z のうち必要なものを用いて表せ。

- (6) 金属板 1, 3 に帯電した電荷 q_1 [C], q_3 [C] をそれぞれ d , S , V , z , ϵ_0 のうち必要なものを用いて表せ。

その後、スイッチ S_1 を開いたのち、スイッチ S_2 を開き、スイッチ S_1 を接点 B へ接続し、十分時間が経過した。

- (7) 金属板 1, 3 に帯電した電荷 Q_1 [C], Q_3 [C] をそれぞれ d , S , V , z , ϵ_0 を用いて表せ。

- 【II】 真空中に 1 辺 w [m] の正方形極板 1, 2 があり、極板間隔を d [m] とする平行板コンデンサーを構成している。このコンデンサーと抵抗値 R [Ω] の抵抗器、スイッチ S 、および起電力 V [V] の直流電源を使って図 2 のような回路を組んだ。なお、極板の 1 辺の幅 w は極板間隔 d に対して十分長いものとし、極板間が真空のときのコンデンサーの電気容量を C_0 [F] とする。また、図 2 に示すように、極板 1 の真ん中(対角線の交点)を原点 O とし、辺 PQ に平行右向きに x 軸をとり、極板 1 に垂直上向きに y 軸をとる。最初、スイッチ S は開いており、極板は帯電していないものとする。この状態を初期状態とよぶものとし、以下の(8)から(13)の間に答えよ。

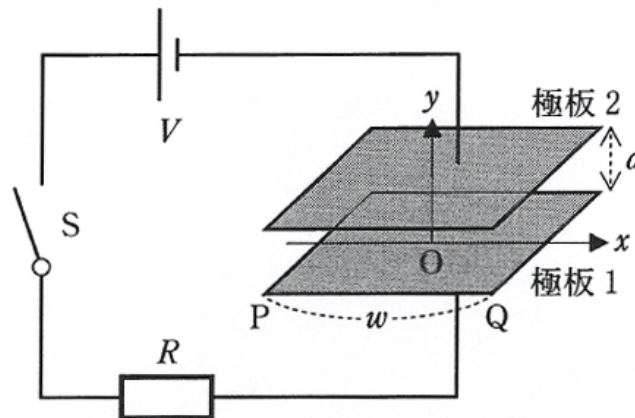


図 2

横幅 $\frac{w}{2}$, 奥行き w , 厚さ d の直方体の形をした帯電していない誘電体を図 3 のようにコンデンサーの左端から距離 $\frac{w}{6}$ 離れた位置に挿入した。その後、スイッチ S を閉じ、十分時間が経過した。誘電体の比誘電率を ϵ_r とし、誘電体は極板間からはみ出ないものとする。

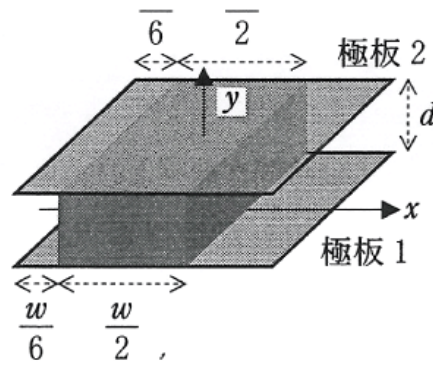


図 3

- (8) このときの平行板コンデンサーの電気容量は C_0 の何倍になるか。 ϵ_r を用いて表せ。
- (9) 横軸を x 座標とし、縦軸をその x 座標での極板間の電場の大きさとしたグラフを解答欄に図示せよ。なお、図示する範囲は $-\frac{w}{2} < x < -\frac{w}{3}$, $-\frac{w}{3} < x < \frac{w}{6}$, $\frac{w}{6} < x < \frac{w}{2}$ とする。また、解答欄の E_0 [N/C] は極板間が真空のときに、スイッチ S を閉じ、十分時間が経過したときの電場の大きさである。

次に、スイッチ S を開いて、誘電体を取り去り、極板の電荷を全て取り除き、回路を初期状態に戻した。その後、極板間に横幅 w 、奥行き w 、厚み $\frac{d}{2}$ の直方体の形をした帯電していない誘電体を、図 4 のように誘電体の下面を極板 1 と平行にして、 $\frac{d}{6}$ だけ離れた位置に挿入し、スイッチ S を閉じ、十分に時間が経過した。なお、誘電体の比誘電率を ϵ_r とし、誘電体は極板間からはみ出ないものとする。

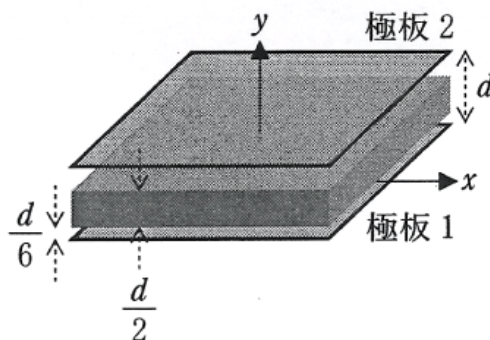


図 4

- (10) このときの平行板コンデンサーの電気容量は C_0 の何倍になるか。 ϵ_r を用いて表せ。

- (11) 横軸を y 座標とし、縦軸をその y 座標での極板間の電場の大きさとしたグラフを解答欄に図示せよ。なお、この問(11)では、比誘電率 ϵ_r を 3 とし、図示する範囲は $0 < y < \frac{d}{6}$, $\frac{d}{6} < y < \frac{2d}{3}$, $\frac{2d}{3} < y < d$ とする。また、解答欄の E_0 は極板間が真空のときに、スイッチ S を閉じ、十分時間が経過したときの電場の大きさである。
- (12) 横軸を y 座標とし、縦軸をその y 座標での極板 2 を基準とした電位にとったグラフを解答欄に図示せよ。なお、この問(12)では、比誘電率 ϵ_r を 3 とし、図示する範囲は $0 < y < \frac{d}{6}$, $\frac{d}{6} < y < \frac{2d}{3}$, $\frac{2d}{3} < y < d$ とする。また、解答欄(12)のグラフの縦軸の V は、図 2 の電源の起電力である。

次に、誘電体を取り去り、回路を初期状態に戻した。続けて、極板間に横幅 $\frac{w}{2}$ 、奥行き w 、厚さ $\frac{d}{2}$ の直方体の形をした帯電していない誘電体を図 5 のように、誘電体の左側面をコンデンサーの左端から距離 $\frac{w}{6}$ 離し、誘電体の下面を極板 1 と平行にして、距離 $\frac{d}{6}$ だけ離れた位置に挿入した。なお、誘電体の比誘電率を ϵ_r とし、誘電体は極板間からはみ出ないものとする。

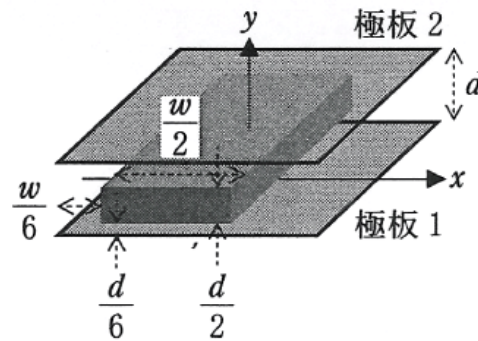


図 5

- (13) このときの平行板コンデンサーの電気容量は C_0 の何倍になるか。 ϵ_r を用いて表せ。