

和歌山県立医科大学

平成 27 年 度

理 科

問 題 冊 子

# 物 理

第1問 次の文を読んで、設問に答えよ。なお、 には適した式を、それぞれ記せ。

図1のように、天井に固定された点Oに伸び縮みしない長さ $l$ の糸を結び、そのさきに質量 $m_1$ の小球Aを取り付ける。点Oの鉛直下方の床1の上に、質量 $m_2$ の物体Bが置かれ、静止している。小球Aと物体Bの大きさは無視できる。床1から天井までの距離は $l$ である。床1と床2の間には段差があり、段差と同じ高さの質量 $M$ 、長さ $L$ の台Cが床2の上に置かれている。なお、床1と台Cの間にすき間はない。床1はなめらかであるが、床2と台C、および物体Bと台Cの間には摩擦がある。床2と台Cの間の静止摩擦係数は $\mu_0$ 、動摩擦係数は $\mu_1$ であり、物体Bと台Cの間の動摩擦係数は $\mu_2$ である。水平右向きを $x$ 軸の正の方向とし、小球Aと物体Bのはねかえり係数を0.5、重力加速度を $g$ とする。

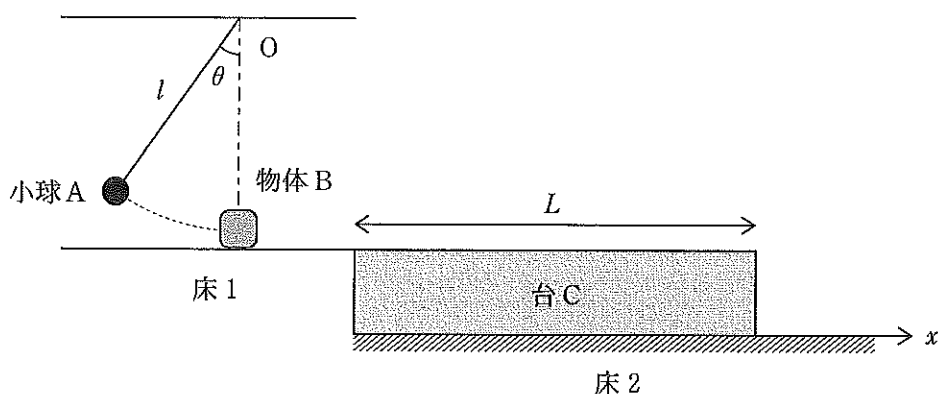


図1

I 糸を張った状態で小球Aを角度 $\theta = 60^\circ$ まで持ち上げて、静かにはなした。小球Aが最下点にきたときに、物体Bと衝突した。衝突直後の小球Aの速度は $v_1 =$ 1 $$ 、物体Bの速度は $v_2 =$ 2 $$ である。衝突後、角度 $\alpha$ のときの糸の張力は3となる。小球Aが衝突してから最初に最高点にくるまでの時間は4となる。ただし、小球Aのとり角度 $\alpha$ が十分に小さく、 $\sin \alpha \simeq \alpha$ と近似できるものとする。

II 物体 B は床 1 をすべり、台 C の上に移動した。物体 B と台 C の間、および台 C と床 2 の間には摩擦力が働き、物体 B が台 C の上に移動した直後から台 C は動き出した。台 C の床 2 に対する加速度を  $a_c$  としたとき、台 C の運動方程式は  となる。また、物体 B の台 C に対する加速度は、 $a_c$  を用いずに表すと、 $a_B =$   である。

問 1 物体 B が台 C の上に移動した直後に台 C が動き出した。このとき、静止摩擦係数  $\mu_0$  が満たさなければならない条件を示せ。

III 物体 B は台 C の上を摩擦力を受けながらすべり、台 C の右端から飛び出した。飛び出した時の物体 B の台 C に対する速度は  であり、物体 B が台 C をすべるのに要した時間は  である。また、物体 B が台 C から飛び出したときの台 C の床 2 に対する速度は  であり、物体 B が台 C から飛び出すまでに台 C が移動した距離は  である。

第2問 次の文を読んで、に適した式を、それぞれ記せ。なお、1について、図2-2の中から正しいものを1つ選び、記号で答えよ。また、問1では、指示に従って適切な図を描け。

図2-1のように、面積 $S$ で薄い金属板4枚(A, B, C, D)を距離 $d$ ずつ離れた平行板コンデンサーがあり、スイッチと電圧 $V$ の直流電源に接続されている。金属板AとB、およびCとDの間は真空であり、それぞれ導線でつながれている。金属板CとDの間には面積 $S$ で厚さ $\frac{2d}{5}$ の金属板Eが、金属板Cから距離 $\frac{d}{5}$ の位置に挿入されている。また、金属板BとCの間には、比誘電率 $\epsilon_r$ の誘電体が挿入されている。各金属板に蓄えられている電荷はないとする。金属板に垂直で金属板AからDの方向に $x$ 軸をとり、金属板Aの位置を $x$ 軸の原点とする。真空の誘電率を $\epsilon_0$ とし、電位の基準として直流電源のマイナス側を0とする。なお、金属板の端や導線による電場(電界)の乱れは無視できるとする。

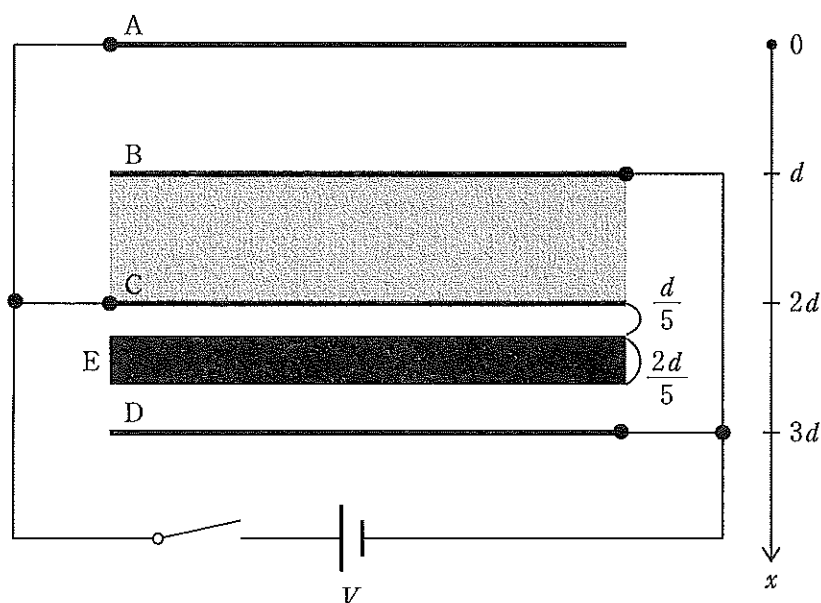


図2-1

- I 図2-1の回路を、金属板AとB, BとC, CとE, EとDによるコンデンサー4個で構成され则认为ると、図2-2の1と等しい回路となる。金属板AB間の電気容量は2, 金属板BC間の電気容量は3, 金属板CD間の電気容量は4である。図2-1のコンデンサーの全体の電気容量は5である。

II スイッチを閉じて十分に時間が経過した。金属板 A, B, C, D に蓄えられる電気量は、それぞれ A は  , B は  , C は  , D は  である。コンデンサー全体に蓄えられる電気量は  , 静電エネルギーは  となる。

問 1 横軸に金属板の位置  $x$ , 縦軸に電位をとり, 金属板 AD 間の電位変化を図示せよ。なお, 金属板 A, B, C, D, E の位置および電位の式を図中に記入すること。

III コンデンサーに電荷を蓄えた状態でスイッチを開き, 金属板 E をゆっくりと引き抜いた。金属板 CD の間の電位差は  , 金属板 D の電気量は  に変化する。また, 金属板 B の電気量は  となる。コンデンサー全体の電気容量は  となり, 蓄えられる静電エネルギーは  となる。金属板 E を引き抜くのに要した仕事は  となる。

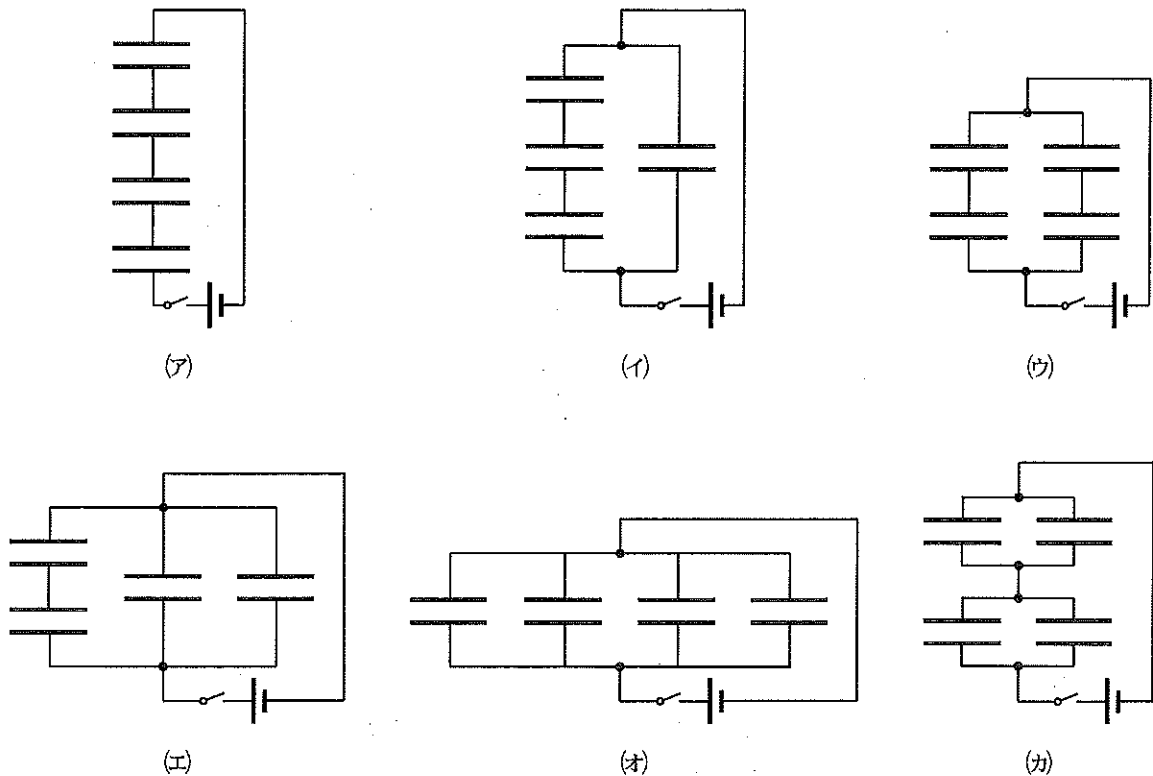


図 2-2

第3問 次の文を読んで、 に適した式を、それぞれ記せ。ただし、 はすでに与えられたものと同じ式を表す。

再帰性反射材とは、入射した光が入射した角度にかかわらず、再び入射した方向に帰るものである。屈折の法則を用いて、この再帰性反射材の原理を考えてみよう。なお、空気の絶対屈折率を1とする。

I 図3-1のように、空気中の光源Pからの光が、半径 $r$ 、屈折率 $n$ の小さな球の表面上の点Rで屈折し、点Qに到達する場合を考える。ここで、球の中心Oと光源Pを結ぶ線を光軸とし、点Qは球の内部の光軸上にあるとする。 $\angle OPR = \alpha$ 、 $\angle POR = \beta$ 、PRの長さを $x$ 、RQの長さを $y$ 、光源Pから球面までの光軸上の距離を $l_1$ 、球面から点Qまでの光軸上の距離を $l_2$ とする。入射角 $\theta_1$ と屈折角 $\theta_2$ を用いると、球の屈折率は $n = \text{1}$  で表される。 $\beta$ 、 $r$ 、 $l_1$ 、 $l_2$ のうち必要なものを用いると、 $x \sin \theta_1 = \text{2}$ 、 $y \sin \theta_2 = \text{3}$  となるので、屈折率を $\theta_1$ と $\theta_2$ を用いずに表すと、 $n = \text{4}$  となる。

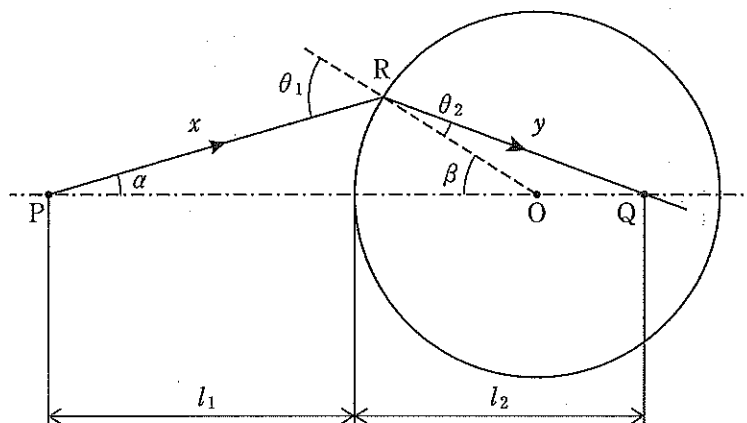


図3-1

II 光源Pからの入射光と光軸のなす角 $\alpha$ が十分に小さいとき、 $x \approx l_1$ 、 $y \approx l_2$ と近似することができる。式  4 は、この近似と $l_1$ 、 $l_2$ 、 $n$ 、 $r$ を用いて変形すると

$$\frac{\text{5}}{l_1} + \frac{\text{6}}{l_2} = \frac{\text{7}}{r}$$

となり、入射光は球に入射する点Rの位置に関係なく点Qに集まる。光源Pを無限遠( $l_1 = \infty$ )にとると、入射光は光軸に平行な光線とみなすことができ、Qは焦点となるので、焦点距離 $l_2$ は  8 となる。

Ⅲ 再帰性反射材とは，図 3-2 のように，屈折率  $n$  の球と反射体で構成されている。球の中を進んできた光は反射体との境界で全反射をする。空気中から入射した光が反射体との境界で反射し，再び入射した方向に帰るので， $r$  を用いて焦点距離を表すと 9 となり，球の屈折率は  $n =$  10 となる。

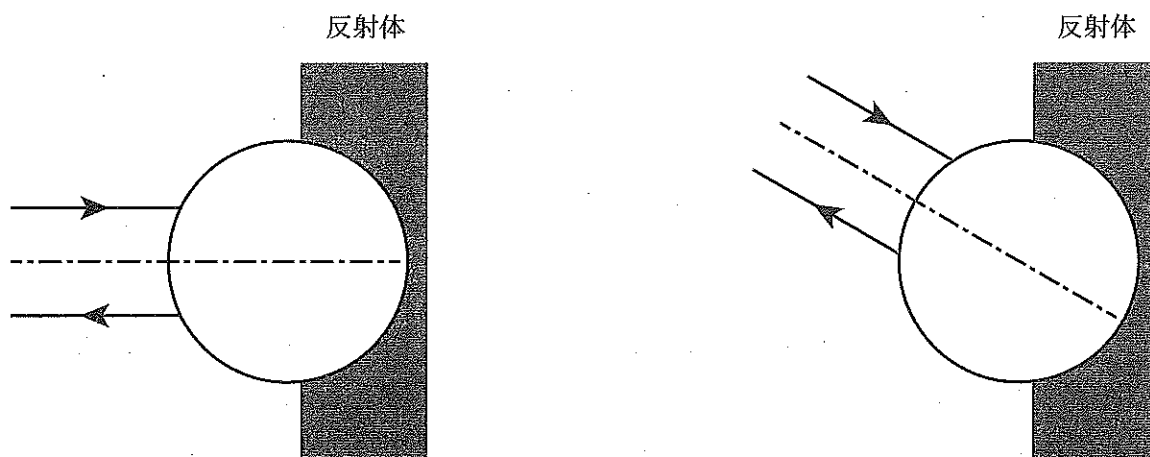


図 3-2