

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 μ_0 、動摩擦係数は μ_1 であり、物体Bと台Cの間の動摩擦係数は μ_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。

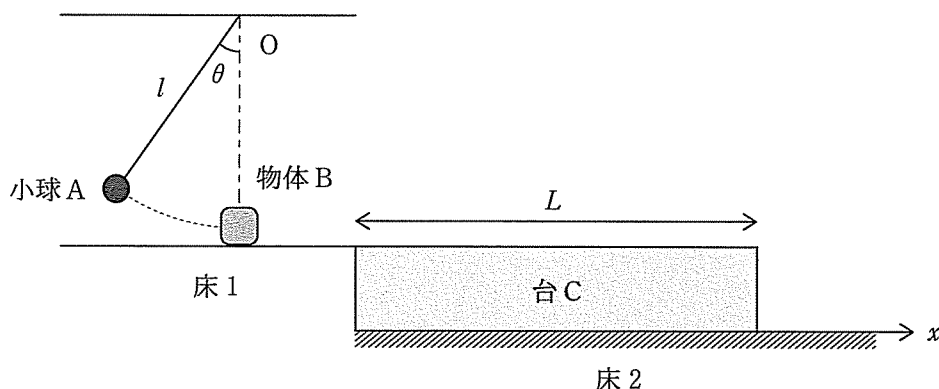


図1

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が最下点に来たときに、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 α 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のとる角度 α 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 μ_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 については、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 ϵ_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 ϵ_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。

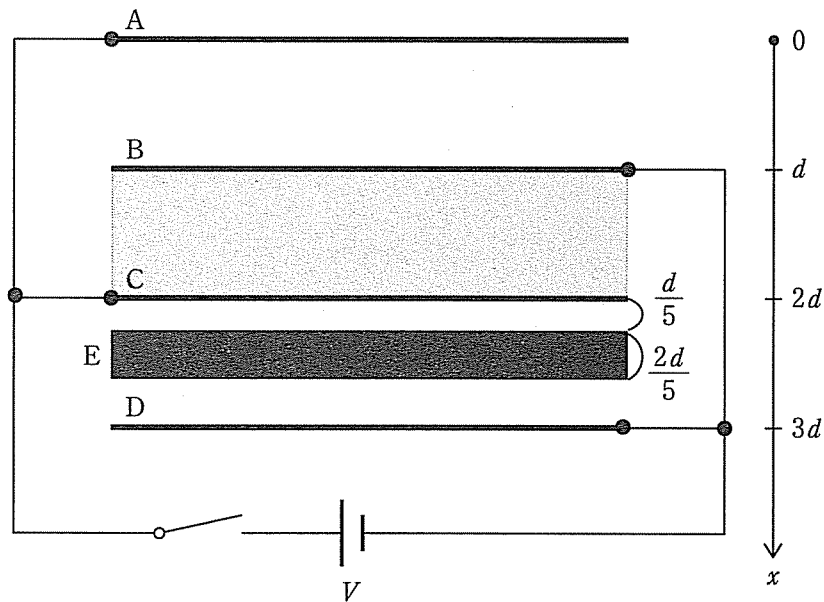


図2-1

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。

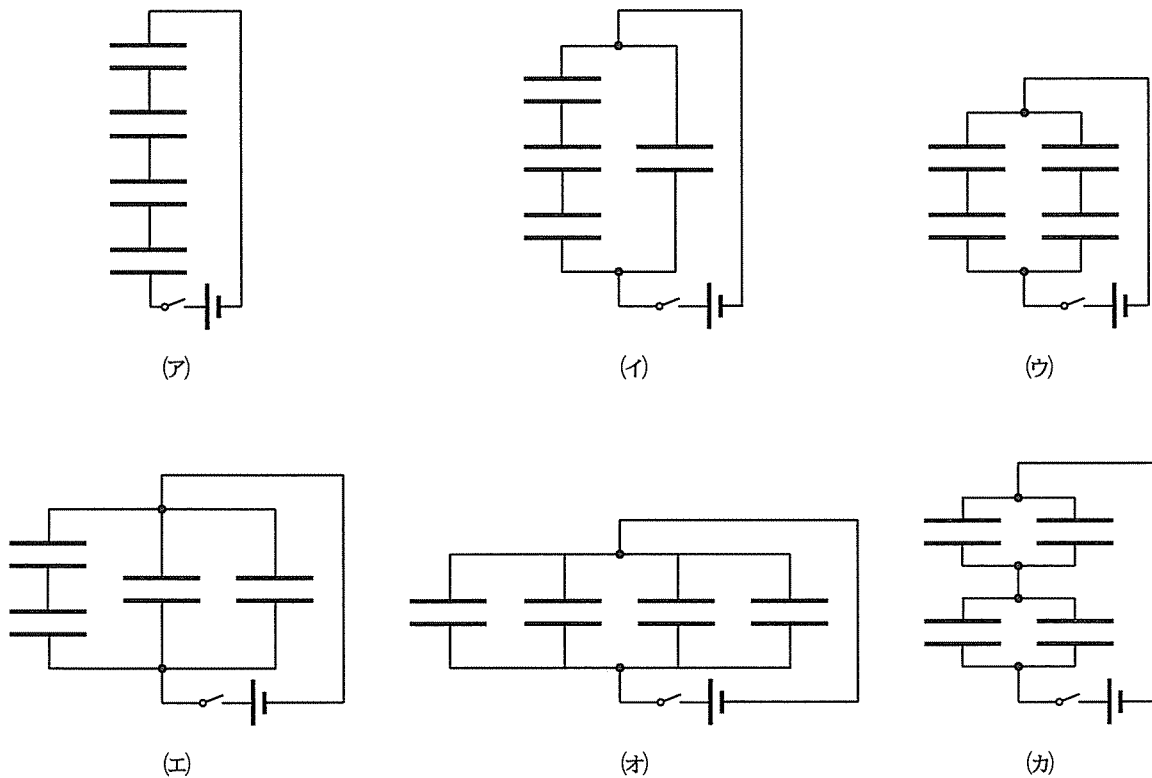


図 2-2

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 θ_1 と屈折角 θ_2 を用いると、球の屈折率は $n = \text{1}$ で表される。 β 、 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 θ_1 と θ_2 を用いずに表すと、 $n = \text{4}$ となる。

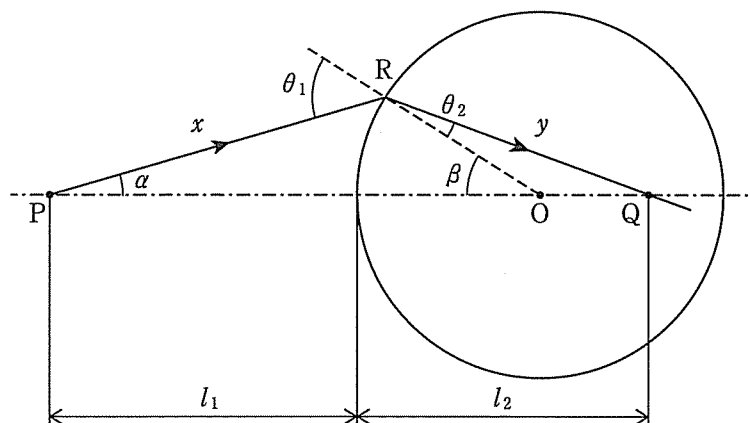


図3-1

II 光源Pからの入射光と光軸のなす角 α 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 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 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 となり、球の屈折率は $n =$ となる。

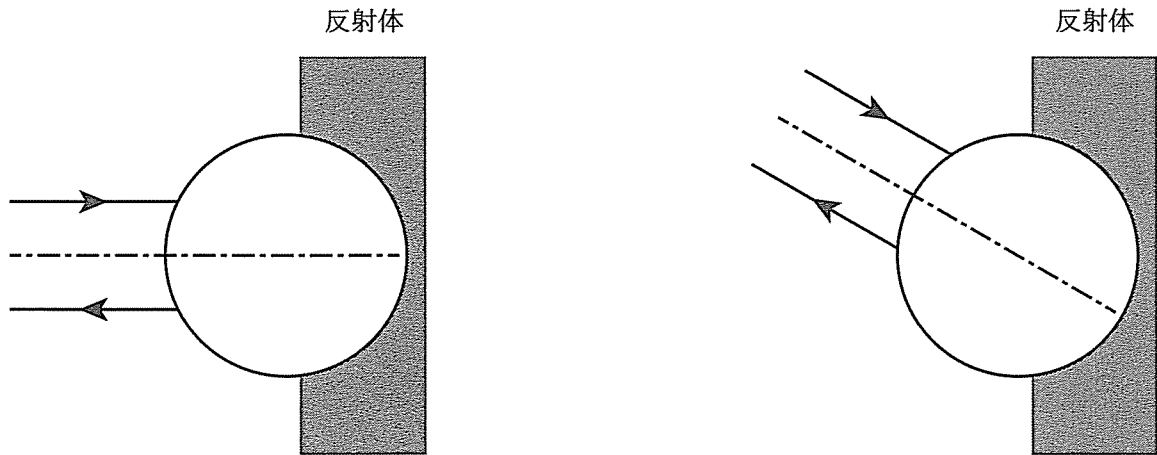


図3-2