

理 科

科目：物理基礎・物理

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題用紙を開いてはいけません。
2. 問題用紙は表紙を含めて7枚、解答用紙は6枚、下書用紙は1枚です。
試験開始の合図があってから確かめなさい。
3. 解答用紙に受験番号を記入しなさい。ただし、氏名を書いてはいけません。
4. 文字などの印刷に不鮮明なところがあった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
5. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。ただし、「総得点欄」「採点欄」「得点欄」に記入してはいけません。また、裏面を使用してはいけません。
6. 特に指示のない限り、解答のみでなく途中の導出過程も示しなさい。
7. 問題用紙の余白は、下書きとして利用してかまいません。
8. 配付された問題用紙、下書用紙は持ち帰りなさい。

問題用紙

(物理基礎・物理)

問題1 下の問い(問1～3)に答えなさい。

問1 図1のように、媒質1と媒質2の界面に媒質1側から臨界角で光を入射させる。この入射角を保ったまま媒質2を媒質3に取り替えると、媒質1側から媒質3側に屈折角 θ で光が出射した。媒質2の絶対屈折率を n_2 として、媒質3の絶対屈折率 n_3 を求めなさい。

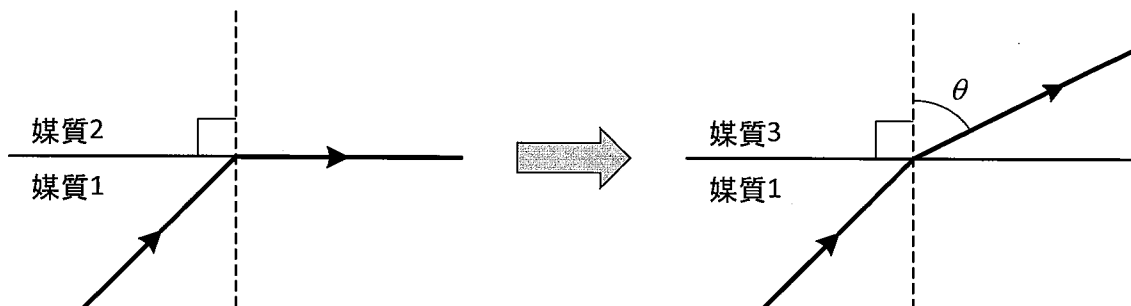


図1

問2 絶対温度 $2T$ [K]である熱容量 C [J/K]の固体1と、絶対温度 T [K]である熱容量 $3C$ [J/K]の固体2を接触させた。熱平衡になったときの二つの固体の絶対温度 T' [K]を求めなさい。また、二つの固体を接触させてから熱平衡になるまでに、固体1から固体2に移動した熱量 Q [J]を求めなさい。ただし、熱の移動は二つの固体の間でのみ起こるとする。

問題用紙

(物理基礎・物理)

問3 図2のように、同じ断面積の二つのシリンダー1, 2が水平面上で向かい合うように固定されている。棒で連結された二つのピストン1, 2で、シリンダー1, 2内に n [mol]の単原子分子理想気体を封入し、ともに圧力 P [Pa]、体積 V [m³]となるようにした。シリンダー1, 2とピストン1, 2は断熱材でできており、外部との熱の出入りはない。シリンダー1に取り付けられたヒーターでシリンダー1内の気体に熱量 Q [J]をゆっくりと加えたところ、シリンダー1内の気体の体積は $V+V_0$ [m³]、シリンダー2内の気体の体積は $V-V_0$ [m³]となった。二つの容器内の気体の圧力 P' [Pa]はいくらになるか答えなさい。ただし、シリンダー、ピストンと棒の熱容量、ピストンと棒の質量およびヒーターの体積は無視できるとする。また、ピストンはなめらかに動き、棒の長さは変化しないとする。

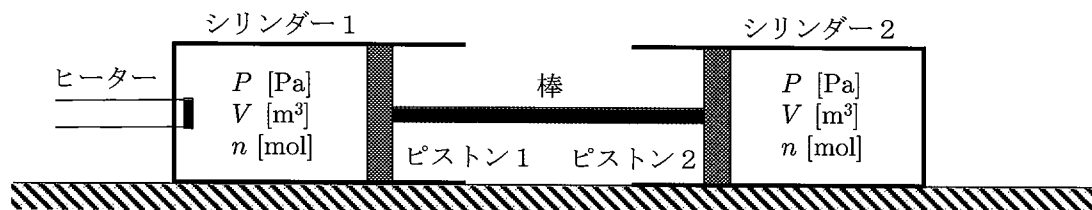


図2

問題用紙

(物理基礎・物理)

問題2 図1のように、N字型をした質量 m の一様な棒を、水平な床の上に置いた。点 O を原点とし、水平右向きを x 軸、鉛直上向きを y 軸とすると、棒上の点 A 、点 B 、点 C の座標はそれぞれ $(0, a)$ 、 $(a, 0)$ 、 (a, a) で表される。この棒は点 B で床につながれ、点 B を中心にしてなめらかに xy 平面内のみで回転できるようにしてある。重力加速度の大きさを g とし、下の問い（問1～6）に答えなさい。ただし、棒の太さは無視できるとし、棒は変形しないとする。

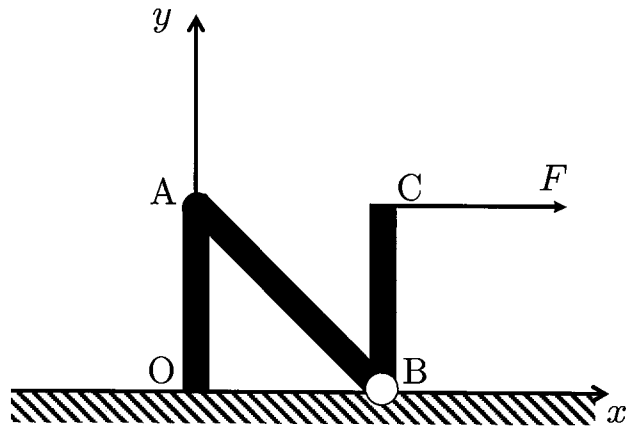


図1

棒上の点 C に水平右向きに大きさ F の力を加えたところ、棒は静止したままであった。

問1 この棒の重心（質量中心）の座標 (x_G, y_G) を m 、 g 、 a 、 F のうち必要なものを用いて表しなさい。

問2 重力による点 B のまわりの力のモーメントを m 、 g 、 a 、 F のうち必要なものを用いて表しなさい。ただし、反時計回りを正とする。

問3 大きさ F の力による点 B のまわりの力のモーメントを m 、 g 、 a 、 F のうち必要なものを用いて表しなさい。ただし、反時計回りを正とする。

加える力の大きさ F を徐々に大きくしていったところ、 F がある値 F_0 を超えると棒は傾き始めた。

問4 F_0 はいくらになるか、 m 、 g 、 a のうち必要なものを用いて表しなさい。

問題用紙

(物理基礎・物理)

次に、図2のように、棒が図1の状態から角度 15° だけ傾いて静止している状態を考える。このとき、棒上の点Cには水平右向きに大きさ F' の力がはたらいており、点Bでは、 x 成分 R_x 、 y 成分 R_y の力が床から棒にはたらいている。下の問いでは、必要ならば $\sin 15^\circ = \frac{\sqrt{6}-\sqrt{2}}{4}$ 、 $\cos 15^\circ = \frac{\sqrt{6}+\sqrt{2}}{4}$ を用いてよい。

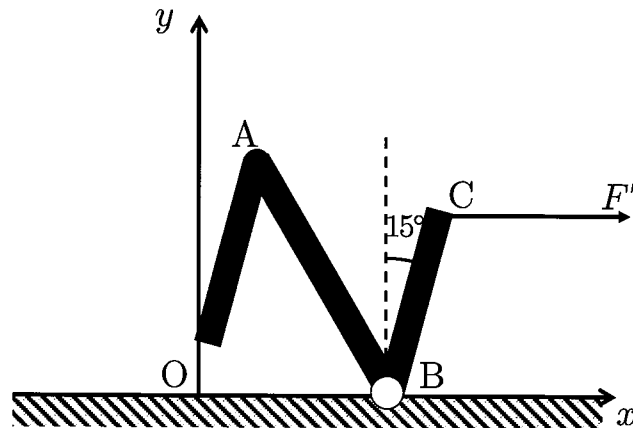


図2

- 問5 重力による点Bのまわりの力のモーメントを m 、 g 、 a 、 F' のうち必要なものを用いて表しなさい。ただし、反時計回りを正とする。
- 問6 F' 、 R_x 、 R_y はそれぞれいくらになるか、 m 、 g 、 a のうち必要なものを用いて表しなさい。

問題用紙

(物理基礎・物理)

問題3 図1のように、起電力 V [V]の電池 V 、3個の平行板コンデンサー C_1 、 C_2 、 C_3 、およびスイッチ S からなる回路がある。コンデンサー C_1 、 C_2 、 C_3 の電気容量は、それぞれ C [F]、 $2C$ [F]、 C [F]である。点 O は回路中の電位の基準であり、接地されている。最初、スイッチ S は開いており、コンデンサー C_1 、 C_2 、 C_3 に電気量は蓄えられていないとして、下の問い(問1～6)に答えなさい。ただし、コンデンサー C_1 、 C_2 、 C_3 の極板間は真空とする。

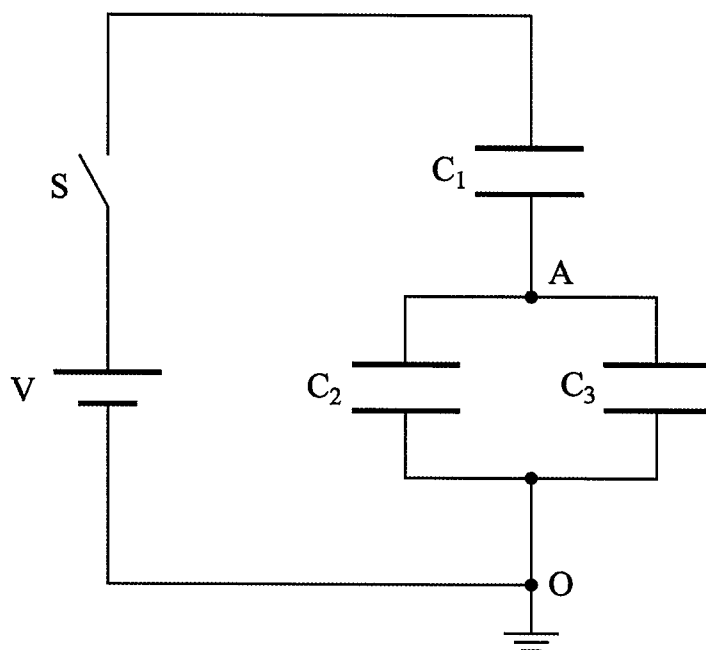


図1

まず、スイッチ S を閉じ、十分に時間が経過した。

問1 図1の点 A の電位を求めなさい。

問2 コンデンサー C_1 、 C_2 、 C_3 に蓄えられている電気量をそれぞれ求めなさい。

問3 コンデンサー C_1 、 C_2 、 C_3 に蓄えられている静電エネルギーの和を求めなさい。

問題用紙

(物理基礎・物理)

次に、スイッチ S を開いた。その後、図 2 のように、コンデンサー C_3 の極板間へ比誘電率 3 の誘電体をゆっくりと挿入し、極板間の空間の体積の半分を満たした。ただし、誘電体の形状は直方体であり、厚さはコンデンサー C_3 の極板間隔に等しいとする。また、極板と誘電体の間の摩擦は無視できるとする。

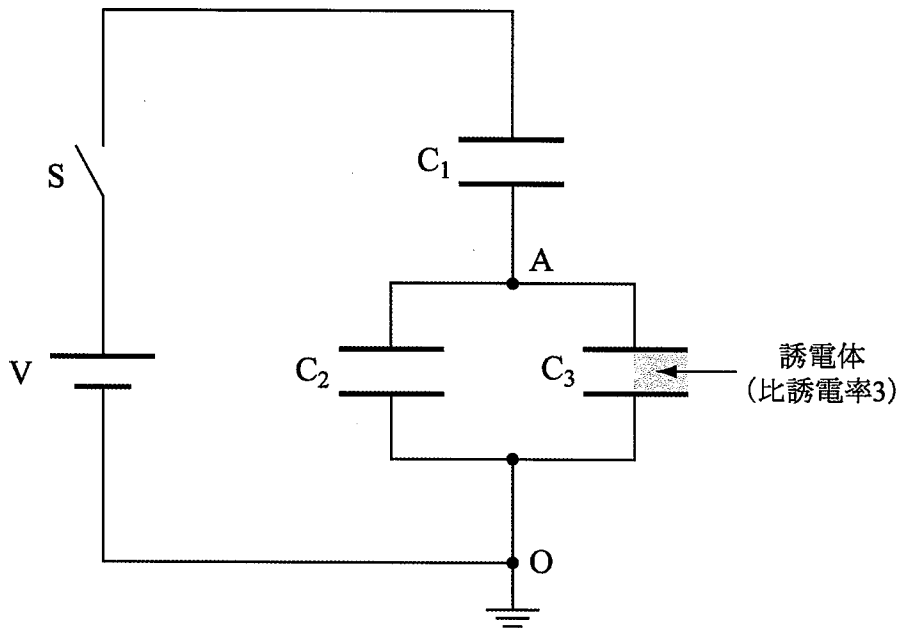


図 2

- 問 4 コンデンサー C_3 の電気容量を求めなさい。
- 問 5 図 2 の点 A の電位を求めなさい。
- 問 6 誘電体をコンデンサー C_3 へ挿入するために必要とした仕事を求めなさい。