

# 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5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。
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. 配付された試験問題、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 1～4) に答えなさい。

問 1 ギターのある弦をどこも押さえずにはじいたところ、弦は振動数 110 Hz で基本振動した。次に、弦の長さが半分になるように弦の中央 (第 12 フレット) を押さえて弦をはじいた。このときの弦の基本振動の振動数を求めなさい。

問 2 図 1 に示すように、焦点距離 10 cm の凸レンズにより、光軸上の点 A から出た光が光軸上の点 B に集まっている。点 A とレンズの間の距離を  $a$  [cm]、点 A と点 B の間の距離を  $l$  [cm] とし、 $a$  と  $l$  の関係を表す式を求めなさい。また、このような現象が起こる (求めた式を  $a$  の二次方程式に変形したとき、この方程式が実数解をもつ) ための  $l$  の最小値を求めなさい。

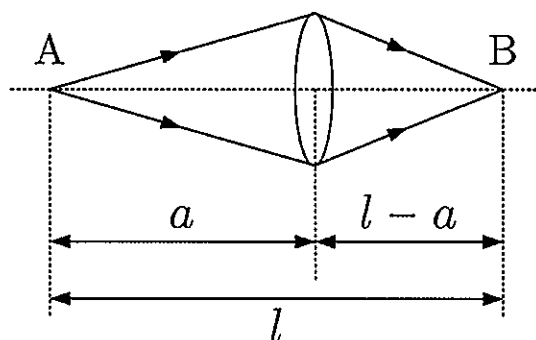


図 1

# 問題用紙

( 物理基礎・物理 )

問3 一定質量の理想気体をシリンダーの中に閉じ込めて、理想気体の圧力と体積を図2のように、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$  のサイクルで変化させる。ただし、過程①( $A \rightarrow B$ )は定圧変化、過程②( $B \rightarrow C$ )は等温変化、過程③( $C \rightarrow A$ )は定積変化とする。過程①～③のうちから、気体が外部から正の仕事をする過程と気体が外部から熱を吸収する過程を一つずつ選びなさい。また、このサイクルで気体が外部にする仕事は正であるか負であるか答えなさい。

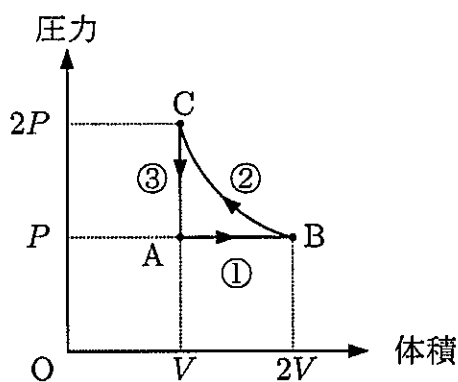


図2

問4 図3のように、断熱材でできた体積  $V$  [ $\text{m}^3$ ]の二つの容器が、コックのついた断熱材でできた細い管でつながっている。コックは閉じられており、一方の容器には圧力  $P$  [Pa]、温度  $T$  [K]の理想気体が入っており、他方は真空になっている。コックを開けてから十分に時間が経過した後の理想気体の圧力を求めなさい。ただし、細い管の体積は無視できるとする。

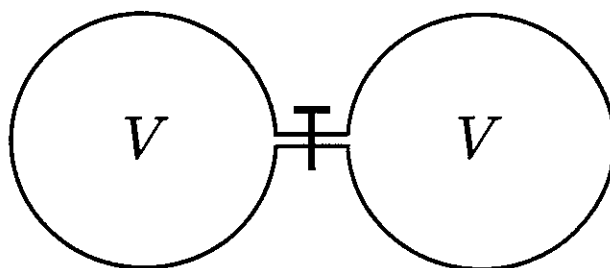


図3

# 問題用紙

( 物理基礎・物理 )

問題2 図1のように、水平面上に質量  $m$  の小球があり、ばね定数が  $k$  のばねで壁につながれている。ばねが自然の長さのときの小球の位置を原点とし、ばねが伸びる向きを  $x$  軸の正の向きとする。時刻  $t=0$  において、ばねを自然の長さにしておき、小球に水平右向き（ばねが伸びる向き）に初速  $v_0$  を与えた。重力加速度の大きさを  $g$  として、下の問い（問1～7）に答えなさい。ただし、運動中に小球が壁とぶつかることはなく、ばねの質量とすべての摩擦は無視できるものとする。

問1 小球の変位を  $x$ 、加速度を  $a$  として、小球の運動方程式を書きなさい。ただし、水平右向きを加速度の正の向きとする。

問2 運動方程式より、小球は単振動することがわかる。この単振動の周期を求めなさい。

問3 小球の速度が初めて0となる時刻を求めなさい。

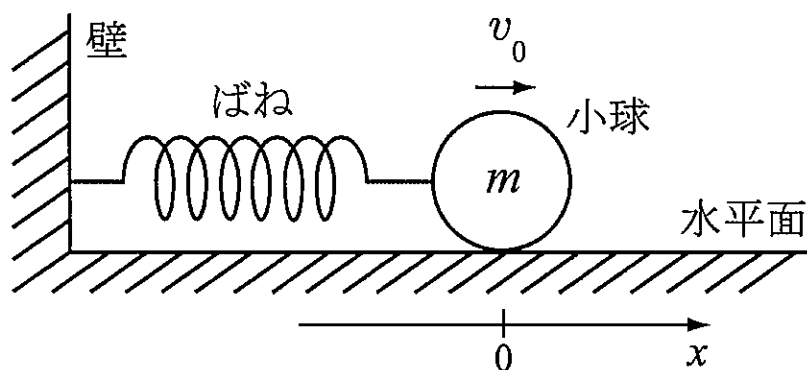


図1

# 問題用紙

( 物理基礎・物理 )

次に、図2のように、小球に伸びない糸をつけ、糸をなめらかな定滑車に通して鉛直方向に垂らし、糸の端に質量  $M$  のおもりをつるした。改めて時刻  $t=0$  において、ばねを自然の長さにしておき、小球とおもりにそれぞれ水平右向きと鉛直下向きに初速  $v_0$  を与えた。その結果、小球とおもりは問2で求めた値とは異なる周期で単振動を始めた。ただし、小球とおもりの運動中に糸がたるむことはなく、糸および定滑車の質量は無視できるとする。

問4 小球の変位を  $x$ 、小球とおもりの加速度を  $a$ 、糸の張力の大きさを  $T$  として、小球とおもりそれぞれの運動方程式を書きなさい。ただし、水平右向き、鉛直下向きをそれぞれ小球、おもりの加速度の正の向きとする。

問5 小球の単振動の周期を求めなさい。

問6 小球の単振動の中心の位置を求めなさい。

問7 小球の変位  $x$  の最大値を求めなさい。

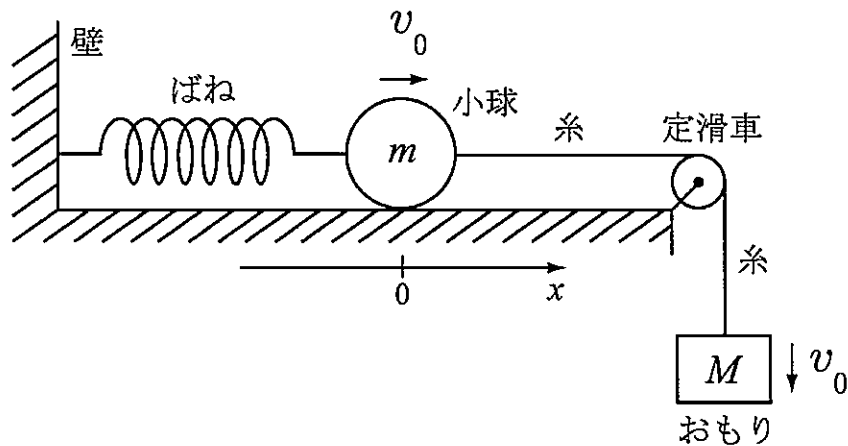


図2

# 問題用紙

( 物理基礎・物理 )

問題3 図1のように、同じ形で面積  $S$  [m<sup>2</sup>] の3枚のうすい金属板 A, B, C が重なり合うように平行に設置されている。金属板 A と C の間隔は  $d$  [m] であり、金属板 A と B の間隔は  $x_0$  [m] である。また、金属板 B はスイッチ  $S_1$ 、抵抗値  $R$  [Ω] の抵抗  $R$ 、および起電力  $V_0$  [V] の電池  $E$  と導線で接続されている。金属板 A と C は電池  $E$  の負極に導線で接続されており、その電位を  $0$  V とする。最初、スイッチ  $S_1$  は開いており、3枚の金属板は帯電していないものとする。なお、金属板間は真空であり、金属板間に生じる電場（電界）は一様であるとする。真空中の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m] とし、下の問い（問1～6）に答えなさい。すべての問いには  $S, d, x_0, R, V_0, \epsilon_0$  のうち必要なものを用いて答えなさい。

- 問1 金属板 A の上面と B の下面からなるコンデンサーの電気容量  $C_1$  [F]、金属板 B の上面と C の下面からなるコンデンサーの電気容量  $C_2$  [F] を求めなさい。また、回路全体の合成容量  $C_0$  [F] を求めなさい。
- 問2 スイッチ  $S_1$  を閉じてから十分に時間が経過したとき、金属板 B の上面に蓄えられている電気量と下面に蓄えられている電気量の和  $Q$  [C] を求めなさい。
- 問3 金属板 A と B からなるコンデンサーと金属板 B と C からなるコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーの和  $W$  [J] を求めなさい。

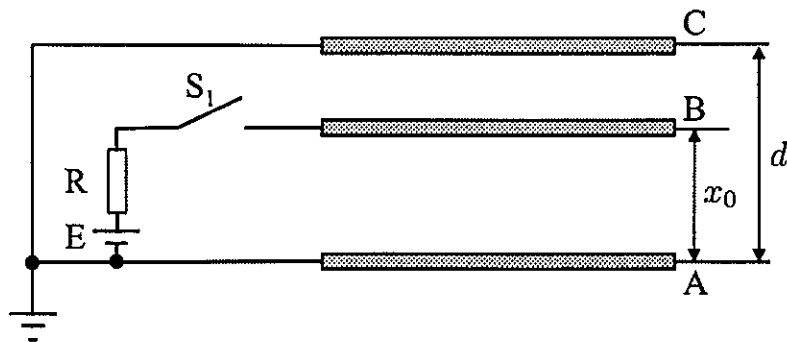


図1

# 問題用紙

( 物理基礎・物理 )

次に、図2のように、十分に時間が経過して金属板 B の電位が一定である状態でスイッチ  $S_1$  を開き、さらに金属板 A と C に接続されている導線を外した。

- 問4 金属板 A と B の間の電場の強さ  $E_1$  [V/m] と金属板 B と C の間の電場の強さ  $E_2$  [V/m] をそれぞれ求めなさい。
- 問5 金属板 B が金属板 A と C から受ける力をそれぞれ  $F_1$  [N],  $F_2$  [N] とする。力  $F_1$  [N] と  $F_2$  [N] を求めなさい。ただし、図で上向きを力の正の向きとする。
- 問6 金属板 B が金属板 A と C の間を上下に平行移動できるようにした。金属板 B は金属板 A と金属板 C のどちらの向きに動き始めるか理由とともに答えなさい。ただし、動き始めたときの金属板 A と B の間隔  $x_0$  は金属板 B と C の間隔  $d - x_0$  より大きいとし、重力の影響は無視できるとする。

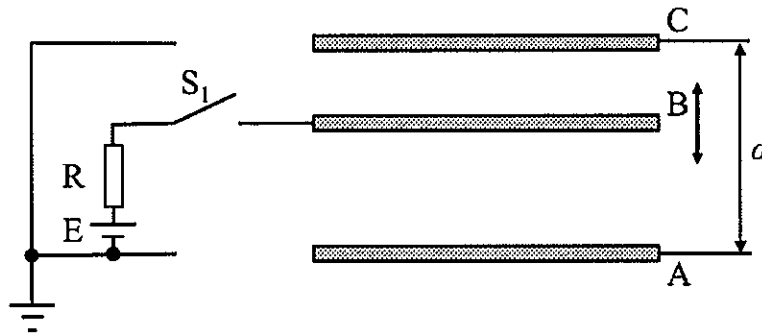


図2