

# 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8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. 問題用紙の余白は、下書きとして利用してかまいません。
7. 配付された問題用紙、下書用紙は持ち帰りなさい。
8. 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。

# 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、点  $C$  を中心とした半径  $R$  の球面の内側を鏡面とした凹面鏡がある。鏡面の中心  $O$  と点  $C$  を通る直線は光軸と呼ばれる。この凹面鏡に対して、光軸と平行な向きに進む光が入射した。入射した光と光軸との距離は  $h$  であった。入射した光は鏡面上の点  $P$  において反射され、光軸上の点  $F$  を通った。ここで、点  $P$  で鏡面に対して垂直な直線（法線）は点  $C$  を通る。よって、図中の  $i$  [rad] が光の入射角、 $j$  [rad] が反射角になる。光の入射角と反射角との間に成り立つ法則を用いることにより、点  $F$  と点  $O$  との間の距離  $f$  は  $R$  の何倍であるか答えなさい。ただし、凹面鏡に入射した光は光軸の近くを進んでおり、 $h$  は  $R$  や  $f$  に比べて十分に小さいとする。このとき、点  $P$  から光軸に対して下ろした垂線の足  $H$  と点  $O$  との間の距離は無視できるほど小さいと考えてよい。また、 $\theta$  [rad] が十分に小さければ  $\tan \theta = \theta$  として計算してよい。

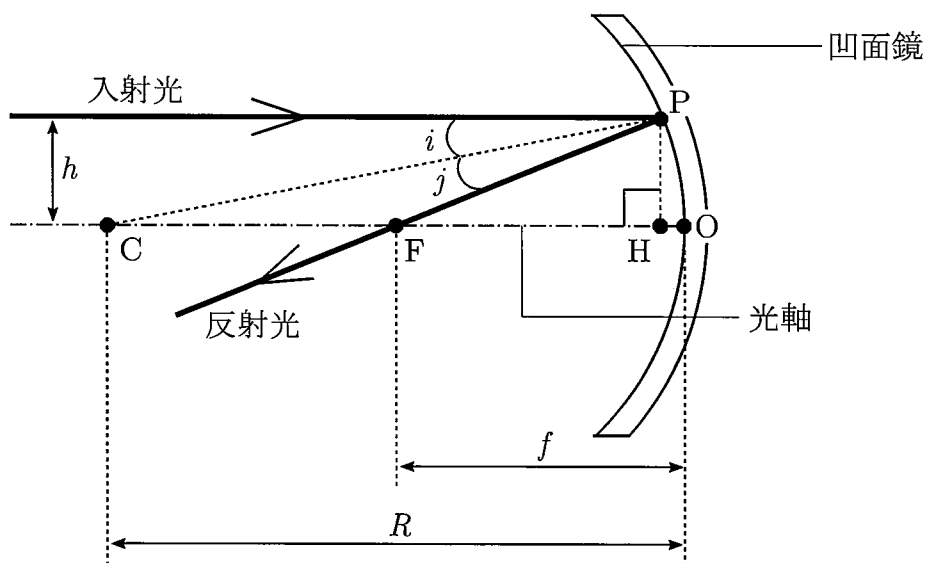


図 1

問題用紙  
( 物理基礎・物理 )

問2  $x$  軸の正の方向に進む正弦波（波1）があり，その変位  $y_1$  は

$$y_1 = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

であった。ここで， $A$  は振幅， $t$  は時刻， $T$  は周期， $x$  は位置， $\lambda$  は波長である。

また， $x$  軸の負の方向に進む，波1と振幅，周期，波長が等しい正弦波（波2）があり，その変位  $y_2$  は

$$y_2 = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$$

であった。波1と波2が重なり合い，定常波（定在波）が現れた。このとき，隣り合う節と節の間隔は  $\lambda$  の何倍であるか答えなさい。必要に応じて，三角関数の和と積を変換する公式

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$

を用いてよい。

問題用紙  
( 物理基礎・物理 )

問3 図2のように、ピストンがなめらかに動く断面積  $S$  [m<sup>2</sup>] の断熱シリンダーに  $n$  [mol] の理想気体を封入し、シリンダーを床に固定した。ばね定数  $k$  [N/m] のばねの一端をピストンに取り付け、他端を壁に取り付けた。温度  $T$  [K] において、ばねの長さは自然長であり、シリンダー内面の左端からピストン左端までの距離は  $L$  [m] であった。シリンダー内のヒーターにより気体を加熱したところ、ピストンは右に  $x$  [m] だけ移動した。このときのシリンダー内の気体の温度  $T'$  [K] を求めなさい。ただし、気体定数を  $R$  [J/(mol·K)] とし、シリンダー内のヒーターの体積は無視できるとする。

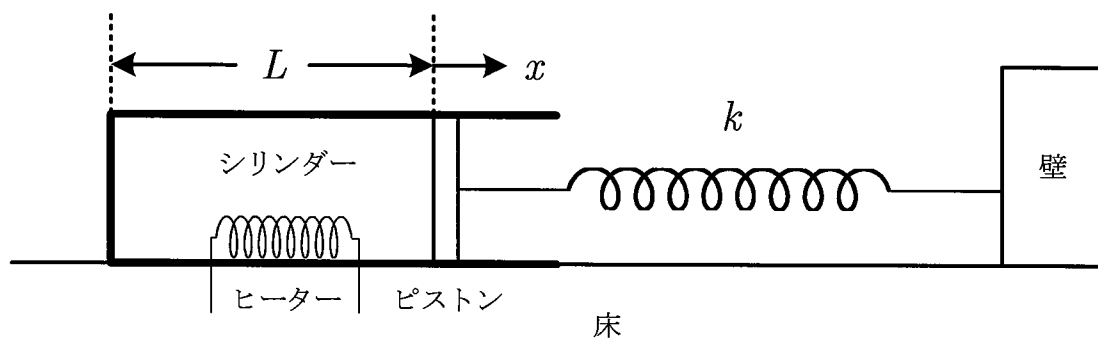


図2

# 問題用紙

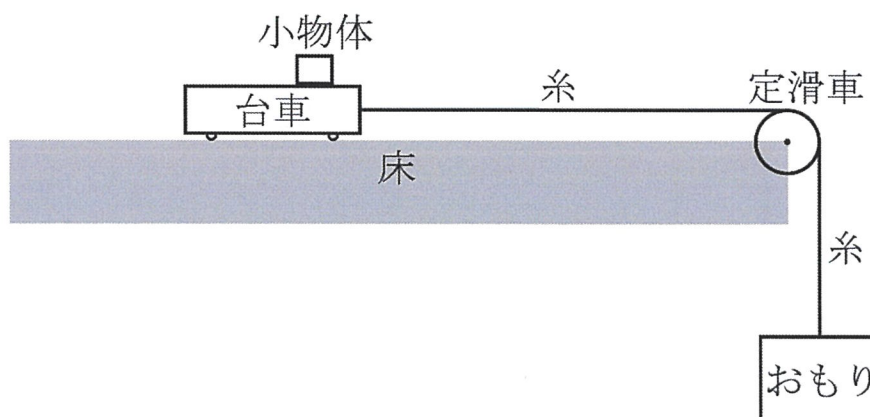
( 物理基礎・物理 )

問題2 図のように、水平でなめらかな床の上に質量  $2m$  の台車があり、台車の上面に質量  $m$  の小物体がのっている。台車の上面は水平であり、台車と小物体の間の静摩擦係数は  $\mu$ 、動摩擦係数は  $\mu'$  である。さらに、伸び縮みしない糸で台車と質量  $M$  のおもりが連結され、糸はなめらかな定滑車にかけられている。糸が張っている状態で、静止させた台車と小物体を静かにはなしたところ、台車と小物体は一体となって運動した。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、台車の高さ、定滑車の質量と大きさ、糸の質量、および空気抵抗は無視できるとする。また、台車は床の上を摩擦なく運動するとする。

問1 台車が床から受ける垂直抗力の大きさ、および小物体が台車から受ける垂直抗力の大きさを求めなさい。

問2 おもりの加速度の大きさ、および糸の張力の大きさを求めなさい。

問3 台車と小物体が一体となって運動できるようなおもりの質量  $M$  の最大値を求めなさい。



# 問題用紙

( 物理基礎・物理 )

次に、おもりを質量  $3m$  のものに取り換えた。糸が張っている状態で、静止させた台車と小物体を時刻  $0$  に静かにはなしたところ、小物体は台車に対してすべりながら運動した。ただし、運動中に小物体が台車から落下することはない、台車が定滑車とぶつかることはないとする。

問4 小物体の加速度の大きさを求めなさい。

問5 おもりの加速度の大きさ、および糸の張力の大きさを求めなさい。

問6 運動している途中の時刻  $t_1$  における、台車および小物体の速さを求めなさい。

問7 問6の時刻  $t_1$  の瞬間に糸を切った場合、小物体が台車に対してすべらなくなる時刻を求めなさい。

# 問題用紙

( 物理基礎・物理 )

問題3 図1のように、内部抵抗を無視できる起電力  $E$  の電池  $E$ 、抵抗値  $R$  の抵抗  $R$ 、自己インダクタンス  $L$  のコイル  $L$ 、4個のスイッチ  $S_1, S_2, S_3, S_4$  からなる回路がある。最初、すべてのスイッチは開いているとして、下の問い（問1～6）に答えなさい。

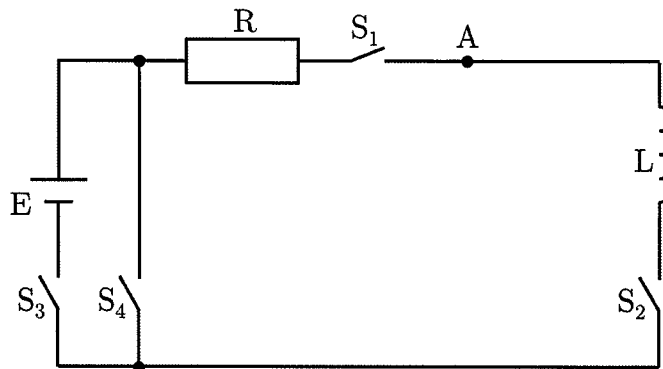


図1

問1 スイッチ  $S_1, S_2, S_3$  を閉じて十分に時間が過ぎたとき、点  $A$  に流れる電流の大きさを求めなさい。

問2 次に、スイッチ  $S_3$  を開き、同時にスイッチ  $S_4$  を閉じた。十分に時間が過ぎたとき、点  $A$  に流れる電流の大きさを求めなさい。

その後、図1の回路のすべてのスイッチを開き、図2のように点  $A$  と点  $B$  の間の灰色の四角で示した部分  $X$  に、ある素子の一つ挿入した。次に、スイッチ  $S_1, S_3$  を閉じたとき、最初、点  $A$  と点  $B$  の間に電流が流れたが、十分に時間が過ぎると電流は流れなくなった。

問題用紙  
( 物理基礎・物理 )

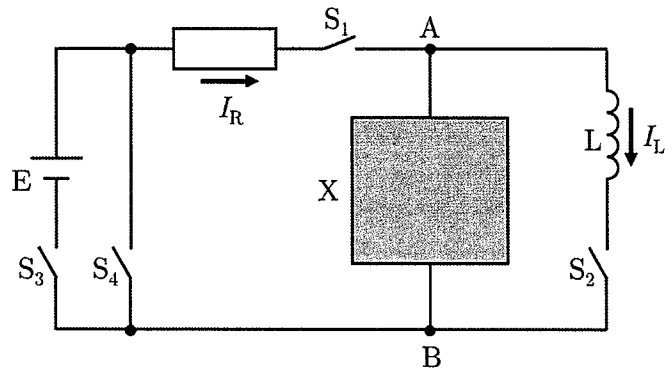


図 2

問 3 点 A と点 B の間の電圧を求めなさい。

問 4 X に挿入した素子として最も適当なものを、次の 4 つのうちから一つ選び、その理由を説明しなさい。

抵抗 ・ コンデンサー ・ コイル ・ 開いているスイッチ

この状態でスイッチ  $S_1$  を開いた後、スイッチ  $S_2$  を閉じた。ここで、スイッチ  $S_2$  を閉じた時刻を 0 とする。

問 5 コイル L に流れる電流  $I_L$  の時刻  $t = 0$  以降の時間変化の概形を図示し、その理由を説明しなさい。ただし、図 2 の矢印の向きに電流が流れる場合を正とする。図中に値を記入しなくてよい。

次に、時刻  $t = t_1$  にスイッチ  $S_1$ ,  $S_4$  を閉じると同時に、スイッチ  $S_2$ ,  $S_3$  を開いた。

問 6 抵抗 R に流れる電流  $I_R$  の時刻  $t = t_1$  以降の時間変化の概形を図示し、その理由を説明しなさい。ただし、図 2 の矢印の向きに電流が流れる場合を正とし、時刻  $t = t_1$  における電流  $I_{R0}$  は正であったとする。図中に値を記入しなくてよい。