

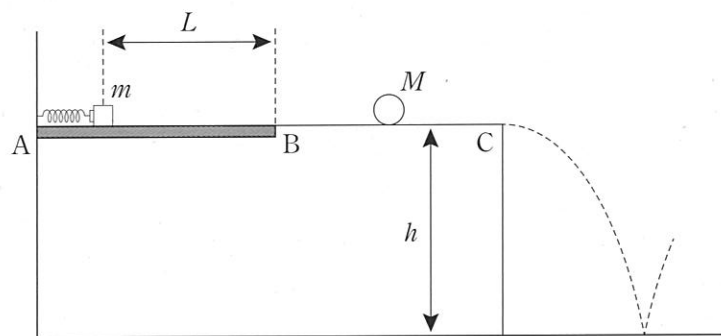
物理基礎・物理（前期日程）

（注 意 事 項）

1. 試験開始までに表紙の注意事項をよく読んでください。
2. 試験開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけません。
3. 試験開始の合図があったら、すぐに用紙の種類と枚数を確かめ、受験番号をすべてに記入してください。
 - 表 紙 1 枚
 - 物理基礎・物理その1 1 枚
 - 物理基礎・物理その2 1 枚
 - 物理基礎・物理その3 1 枚
4. 配付された用紙の種類や枚数が異なる場合や印刷が不鮮明な場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 試験終了後、すべての用紙を回収します。
6. 問題の中で、（計算など）とあるところは計算、式、考え方など答えを導くのに必要なことを必ず書いてください。
7. 問題用紙の余白や裏面を草案に使用しても構いませんが、採点の対象にはなりません。

受 験 番 号

問題1 図のように、水平な床に固定された高さ h の台の水平面上にばねを置き、ばねの左端を壁に固定する。ばねの右端に質量 m の小物体を置き、ばねを縮めて小物体を射出し、台上に静止している質量 M の小球を押し出す状況を考える。区間 AB の表面は粗く、静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' とする。区間 AB 以外の台上および床はなめらかである。空気抵抗、ばねの質量、小物体および小球の大きさは無視できるものとし、ばね定数を k 、重力加速度を g とする。以下の間に答えよ。



図

- (1) 小物体を手で押し、ばねを自然長から d だけ縮めて手を離れたところ、小物体は動かなかった。このように小物体が静止するようばねの縮み d の最大値 d_0 を求めよ。

(計算など)

答 _____

- (2) 小物体を手で押し、ばねを自然長から $d_1 (> d_0)$ だけ縮めて手を離れたところ、小物体は右に動き出し、ばねと小物体とが離れたのち、 B 点より左側で止まった。手を離れた瞬間から小物体が止まるまでの距離 x を求めよ。

(計算など)

答 _____

- (3) 小物体を手で押し、ばねを自然長から $d_2 (> d_1)$ だけ縮めて手を離すと、小物体は区間 AB を通過し小球に向かった。小球に衝突する直前の小物体の速さ v_0 を求めよ。ただし、図のように手を離れた瞬間の小物体の位置から点 B までの距離を L とする。

(計算など)

答 _____

- (4) その後、小物体は小球と完全弾性衝突した。衝突後の小球の速さは v_0 の何倍かを求めよ。

(計算など)

答 _____

- (5) その後、小球は図の破線で示されるように台を点 C から水平に飛び出し、床と非弾性衝突した。小球と床との反発係数を e として、床との衝突前後で小球が失ったエネルギーを求めよ。

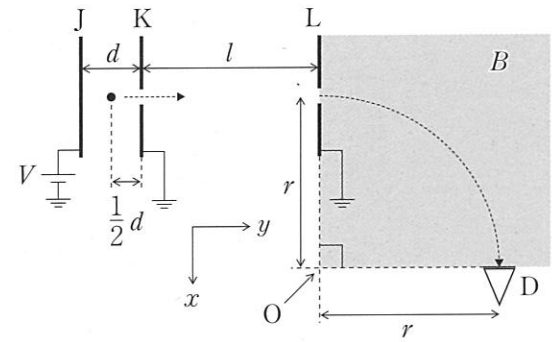
(計算など)

答 _____

受験番号

小計

問題2 図のように、同じ大きさの円形極板J, KおよびLを真空中にそれぞれ距離 d と l だけ平行に離して同軸上に配置し、極板Jに正の電圧 V を印加する。一方、極板KとLの中心には孔がけられており、どちらも接地してある。極板Lより右側の灰色領域には、紙面 xy 平面に対して垂直方向に磁束密度 B の一様な磁場（磁界）を加えている。また極板Lの孔の中心から x および y 方向にそれぞれ距離 r だけ離れた位置に、粒子を検出できる面（検出面）をもつ検出器Dを配置する。ここで質量 m 、電気量 $q (> 0)$ の荷電粒子（図の●）を極板JとKの間の同軸上の中間地点で静かに放すときの運動について以下の間に答えよ。なお荷電粒子の大きさは極板の孔の直径より十分小さく、極板の厚みや孔の大きさ、および重力の影響は無視できるものとする。円周率は π とする。



図

- (1) 極板JとKの間の空間に生じる一様な電場（電界） E の強さを求めよ。
（計算など）

答 _____

- (2) 荷電粒子が極板Kの孔を通過するときの速度 v の大きさを求めよ。
（計算など）

答 _____

- (3) 荷電粒子が極板Lの孔を通過したのち、検出器Dに到達するよう図のO点を中心に等速円運動するには、灰色領域の磁場の向きを紙面の表から裏、または裏から表のどちらにすればよいか。

答 _____

- (4) 荷電粒子が検出器Dの検出面中心に到達するときの距離 r を求めよ。
（計算など）

答 _____

- (5) 荷電粒子が極板JとKの間の中間地点で静かに放されてから、検出器Dの検出面に到達するまでの時間を求めよ。
（計算など）

答 _____

- (6) 次に、質量 $12m$ 、電気量 q をもつ別の荷電粒子をこれまでと同様に極板JとKの中間地点で静かに放すことを考える。このとき電圧 V や距離 r をこれまでと変更することなく、この粒子も検出器Dの検出面中心に到達するようにしたい。そのために必要となる磁束密度の大きさを求めよ。
（計算など）

答 _____

受験番号	小計

問題3 シリンダーと、なめらかに動くピストンで閉じ込めた空間に n モルの単原子分子理想気体が入っている。この気体の初期状態は圧力、体積、温度がそれぞれ p_1, V_1, T_1 である。気体定数を R として、以下の問に答えよ。

- (1) 初期状態から温度を一定に保ったまま、体積が V_2 になるまでゆっくりとピストンを押し込んだ。 $V_2 < V_1$ である。これを状態2として、このときの圧力を p_2 とする。 V_2 を p_1, p_2, V_1 を用いて求めよ。

(計算など)

答 _____

- (2) 初期状態から状態2に移る過程で気体が外部にした仕事を W_{12} とする。 W_{12} は正か負か、理由とともに答えよ。

答 _____

- (3) 状態2から圧力を一定に保ったまま、温度が T_3 になるまでゆっくりと気体の温度を上昇させた。 $T_3 > T_1$ である。これを状態3として、このときの体積を V_3 とする。 V_3 を V_2, T_1, T_3 を用いて表せ。また状態2から状態3に変化した際に、気体が外部にした仕事 W_{23} と、気体の内部エネルギーの変化 ΔU を n, R, T_1, T_3 を用いて表せ。

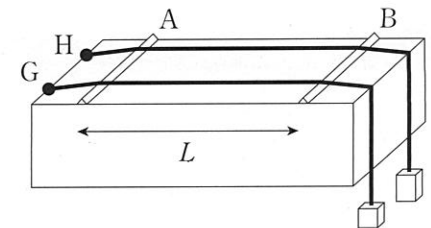
答 V_3 : _____ W_{23} : _____ ΔU : _____

- (4) 状態3から温度を一定に保ったまま、圧力が p_1 になるまでゆっくりとピストンを引き出した。これを状態4としてこのときの体積を V_4 とする。状態3から状態4に変化した際に、気体が外部にした仕事を W_{34} としたとき、 $|W_{34}|/|W_{12}|$ を V_1, V_2, V_3, V_4 を用いずに求めよ。

(計算など)

答 _____

問題4 弦Gと弦Hの一端を固定し、他端におもりを下げ平行に強く張り、図のような装置を作った。最初にGのAB間の中心をそとはじいて基本振動を行った。以下の問に答えよ。



図

- (1) Gの基本振動は、AからBの向きに進む正弦波Wと、Wが固定端Bで反射してできる波Rの重ね合わせである。AB間の距離 L 、Wの速さ v 、Gの基本振動の振幅 a を用いて、Wの波長、振動数および振幅を答えよ。ただし、WとRの振幅は等しいとする。

(計算など)

答 波長: _____ 振動数: _____ 振幅: _____

- (2) G上に x 軸をとり、原点をA、正の向きをAからBの向きとする。振幅を b 、円周率を π 、周期を T 、波長を λ として、問(1)の正弦波Wの時刻 t 、位置 x における変位が $b \sin 2\pi \{(t/T) - (x/\lambda)\}$ で表されるとき、次の公式を使って、時刻 t 、位置 x におけるGの基本振動の変位を表す式を求めよ。 $\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$

(計算など)

答 _____

- (3) Hは材質、形状、線密度がGと同じで、Gが下げているおもりの k 倍 ($k > 1$) の重さのおもりを下げている。GとHを同時に基本振動させたら、毎秒 n 回のうなりが聞こえた。 n およびGの基本振動の振動数 f を用いて k を表せ。ただし、強く張った弦を伝わる波の速さは張力の平方根に比例するとして考えよ。

(計算など)

答 _____

受験番号	小計