

平成 14 年度大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
修士課程入学試験問題（一般教育科目）

物 理

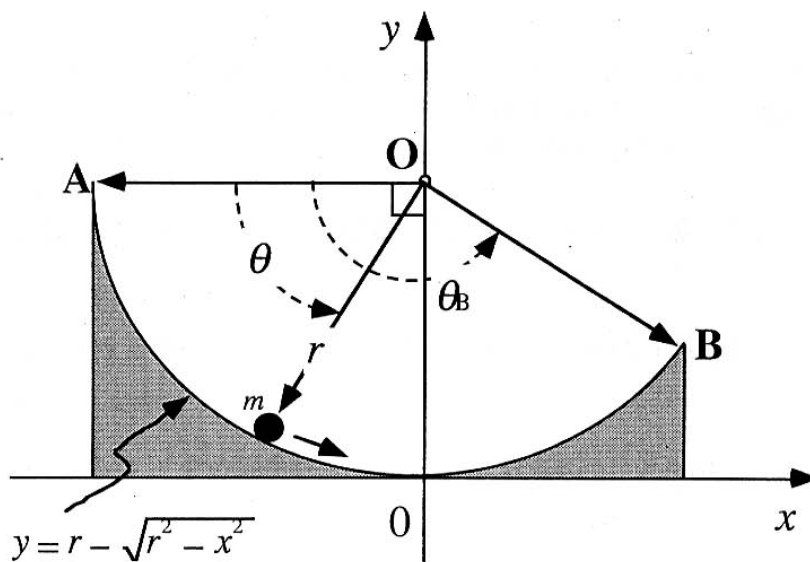
【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. 解答には、必ず黒色鉛筆（または黒色シャープペンシル）を使用すること。
3. 問題は全部で 3 問ある。3 問のすべてに解答せよ。
4. 答案用紙は、各問につき 1 枚、合計 3 枚であるから、確実に配布されていることを確かめること。
5. 各答案用紙の所定欄に、科目名・問題番号・受験番号及び氏名を必ず記入すること。
6. 解答は、各問ごとに所定の答案用紙を使用すること。
7. 答案用紙は点線より切り取られるから、裏面も使用する場合には、点線の上部を使用しないこと。
8. 答案用紙には、解答に関係ない文字、記号、符号などを記入してはならない。
9. 解答できない場合でも、答案用紙に科目名・問題番号・受験番号及び氏名を記入して提出すること。
10. 答案用紙を草稿用紙に絶対使用しないこと（草稿用紙は問題より後のページにある。）

物理学

【第1問】

図のような鉛直断面が円の一部であるような滑り台を考える。端点 A に質点をおいて静かに離した時、次の問に答えなさい。ただし円の半径を r とし、質点の位置を円の中心 O から測った極座標 (r, θ) であらわす。端点 A と B における回転角の値をそれぞれ $\theta=0$, θ_B 、 y -軸の負の方向が鉛直方向で $\theta=\pi/2$ とする。



(1) まず、滑り台が滑らかで摩擦が無い場合を考える。この場合、エネルギー保存則を用いて、他の端点 B から飛び出す瞬間の質点の速度を回転角 θ_B の関数として求めなさい。ただし重力加速度を g 、質点の質量を m とする。

(2) 次に床面からの垂直抗力 N に比例する動摩擦がある場合の質点の運動を考える。ただし、滑り台に沿う摩擦力は一定の動摩擦係数 μ によって $F = \mu N$ と書けるものとする。このとき、質点の方程式を動径方向と接線方向に分けて (r, θ) を用いて書きなさい。

(3) 質問(2)の条件の場合、質点が点 B から飛び出さないような最小の μ の値を θ_B の関数として求めなさい。ただし μ が 1 よりも十分小さいとして、遠心力を μ の 1 次関数として近似して良い。

物理学

【第2問】

理想気体 1 モルの内部エネルギー (U)、絶対温度 (T)、エントロピー (S)、圧力 (P)、体積 (V) の変化を考える。ここでは 3 つの平衡状態 [状態 A (体積 V_0 、絶対温度 T_0)、状態 B (V_1 、 T_0)、状態 C (V_1 、 T_1)、ただし $V_0 < V_1$ 、 $T_0 > T_1$] と以下の 3 つの過程を考える。

[過程 1] 準静的等温過程による状態 A から B への変化。

[過程 2] 断熱自由膨張による状態 A から B への変化。

[過程 3] 準静的断熱過程による状態 A から C への変化。

理想気体の内部エネルギーは絶対温度のみの関数であること ($dU/dT=C_v$: C_v は定積モル比熱であり、ここでは一定とする)、および理想気体は断熱自由膨張により絶対温度を変えないことに留意しながら、以下の問いに答えよ。ただし、気体定数を R とする。

- (1) [過程 1] による気体に入出入りする熱量 (流入するときを正の値とする)、エントロピー変化を求めよ。
- (2) 気体に入出入りする熱量、エントロピー変化に注目し、[過程 1] と [過程 2] の違いを説明せよ。
- (3) [過程 3] による V と P の変化が、 $PV^\gamma = \text{一定}$ と表されることを示し、 γ を C_v および R を用いて表せ。
- (4) [過程 1] と [過程 3] を一つの V - P 図上に示し (定性的でよい)、その違いを絶対温度変化の違いとともに説明せよ。

物理学

【第3問】

(1) 図のように x - z 面に平行な 2 枚の長方形の導体板があり、それぞれの導体板の電位は $-V$ と $+V$ である。導体板間の距離は d であり、2 枚の導体板は x 軸及び z 軸を挟んで対称な位置にある。 x 軸方向の導体板の巾は a 、 z 軸方向の導体板の巾は b であり、 y 軸が長方形の導体板の中心を通るように置かれている。導体板間の距離 d が a 、 b に比べて十分小さく、導体板の端付近の電場の歪み、導体板外への電場の漏れが無視できる時、導体板間の点 (x, y, z) $[(-a/2 < x < a/2, -d/2 < y < d/2, -b/2 < z < b/2)]$ における電位 ϕ と電場ベクトル (E_x, E_y, E_z) を求めよ。

(2) 質問 (1) の平行な導体板の間だけに、 z 軸方向に一樣な静磁場 B_z が存在するものとする。この時、 x 軸上、 x 軸の正方向から $-x$ 方向に向かって電荷 $+q$ 、質量 m 、運動エネルギー E のイオンが導体板間に入射した。このイオンが導体間を x 軸に沿って直進し、導体板の間から射出されるためには導体の電位 V がある適当な値でなくてはならない。この時の電位 V を d 、 q 、 m 、 E 、 B_z を用いて表せ。ただしイオンの速度は光速より十分遅いものとする。

(3) 導体板の電位が質問 (2) で求めた値である時、 x 軸上、 x 軸の正方向から $-x$ 方向に向かって導体板間に入射した電荷 $+q$ 、質量 $m + \Delta m$ ($\Delta m \ll m$)、運動エネルギー E のイオンが導体板間を通りぬけ $x = -L$ の位置に置いたスクリーンに衝突したとする。このイオンがスクリーンに衝突した時の位置 (x, y, z) を求めよ。ただし Δm は m に比べて十分小さく、 $\Delta m/m$ の 2 次以上の微小量は無視することができるものとする。また、イオンにかかる x 軸方向の力も無視できるものとする。

