

高知大学

平成 27 年度 入学試験問題(前期日程)

理 科

(物 理)

教育学部(学校教育教員養成課程)
理 学 部(理学科・応用理学科)
医 学 部(医学科)

問題冊子 問題…… 1 ~ 3 ページ…… 1 ~ 4
解答用紙…… 7 枚(白紙を除く。)
下書用紙…… 1 枚

教育学部：試験時間は 90 分，配点は表示の 1.25 倍とする。

理 学 部：試験時間は 90 分，配点は表示の 2 倍とする。

医 学 部：試験時間は 120 分(2 科目解答)，配点は表示のとおり。

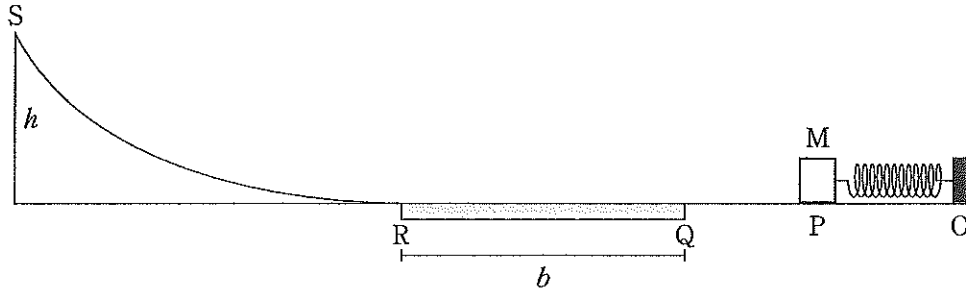
注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで，この問題冊子を開かないこと。
2. 試験中に，問題冊子・解答用紙の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び下書用紙の不備等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせること。
3. 各解答用紙に受験番号を記入すること。
なお，解答用紙には，必要事項以外は記入しないこと。
4. 解答は，必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。
5. 解答用紙の各ページは，切り離さないこと。
6. 配付された解答用紙は，持ち帰らないこと。
7. 試験終了後，問題冊子，下書用紙は持ち帰ること。
8. 試験終了後，指示があるまでは退室しないこと。

補足説明（物理）

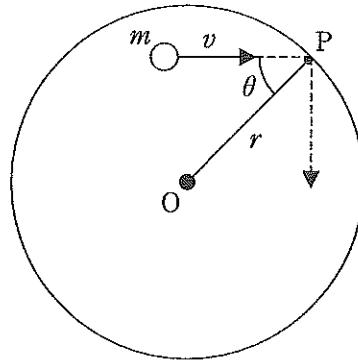
問題冊子 3 頁 4 行目の「体積あたり」は「単位体積あたり」の意。

- 1 図のように水平な面上に大きさの無視できる質量 m [kg] の小物体 M があり、点 P においてばね定数 k [N/m] の質量の無視できるばねに接続されている。このばねは点 O で動かない壁に固定されており、点 P の位置に小物体 M があるときにはばねは自然の長さにある。水平面 QR 上は摩擦のある一様なあらい面(図には灰色で表記)であり、小物体 M との間の動摩擦係数は μ とする。QR の距離は b [m] である。QR 以外は摩擦のないなめらかな面とする。左側には高さ h [m] の曲面 RS があり、平面とはなめらかに接続されている。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。小物体 M の運動について以下の問いに答えよ。また、途中の計算過程も示すこと。(70 点)



- 問 1. 小物体 M を手で右方向に動かし、ばねを ℓ [m] だけ縮めて静止させた。その後にはなすと左方向に運動を始めた。手をはなした直後の小物体 M の加速度 a [m/s²] を求めよ。ただし左方向を正とする。
- 問 2. ばねが自然長になった点 P において、小物体 M はばねから離れた。そのときの小物体 M の速さ v [m/s] を、 m , k , ℓ を用いて求めよ。
- 問 3. 小物体 M は摩擦のない平面を通過した後、あらい平面上をころがらずに運動している。
- (1) 垂直抗力 N [N] の大きさを、 m , μ , g の適当なものを用いて表せ。
 - (2) 動摩擦力 f [N] の大きさを、 m , μ , g の適当なものを用いて表せ。
 - (3) 抗力(物体が面から受ける力) R [N] の大きさを、 m , μ , g の適当なものを用いて表せ。
 - (4) (1)から(3)の力を表すベクトルを図示せよ。
- 問 4. その後に、小物体 M はあらい面上を進み点 R で停止した。
- (1) あらい面上を通過した経過時間 t [s] を求めよ。
 - (2) 動摩擦係数 μ の満たすべき条件を求めよ。
- 問 5. 次に、小物体 M とばねを元の状態に戻し、小物体 M を手で右方向に動かし、ばねを L [m] だけ縮めて静止させた後に手をはなしたところ、小物体 M は点 P でばねから離れて曲面に沿って上昇し点 S から飛び出した。このときの、 L の満たすべき条件を求めよ。

- 2 半径 r [m] の球形の中空容器の中に n モルの理想気体が入っている。理想気体の個々の分子は器壁と弾性衝突を繰り返している。重力の効果は無視できるとする。気体分子の質量を m [kg]、アボガドロ定数を N_A [1/mol]、気体定数を R [J/(mol·K)] とし、計算過程も含めて、以下の問いに答えよ。(65 点)



問 1. 図のように速さ v [m/s] の気体分子が器壁の点 P に、点 P と球の中心 O とを結ぶ線(法線)と θ の角度で衝突した。

- (1) 1 回の衝突による、この分子の運動量の変化の大きさを求めよ。
- (2) この分子が器壁と衝突してから、つぎに器壁に衝突するまでに進む距離を求めよ。
- (3) この分子が 1 秒あたりに壁に衝突する回数を求めよ。
- (4) 器壁がひとつの分子から受ける力の大きさの 1 秒あたりの平均を求めよ。

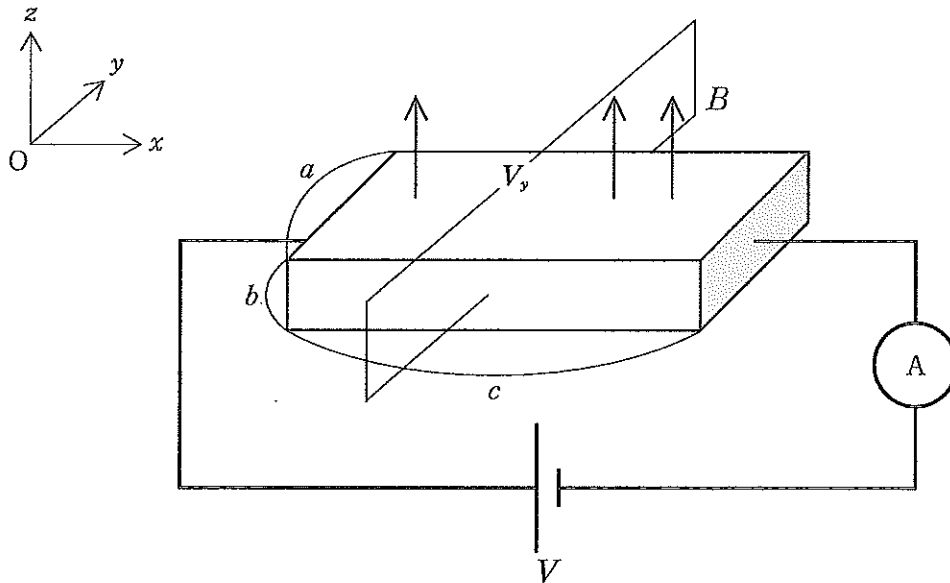
問 2. 容器内の気体分子の速さの二乗平均を $\overline{v^2}$ [(m/s)²] とする。

- (1) 気体分子全体が器壁に与える力の大きさを求めよ。
- (2) 気体の圧力 p [Pa] を、容器の体積を V [m³] として V , N_A , n , m , $\overline{v^2}$ を用いて求めよ。
- (3) 気体分子の平均運動エネルギーを絶対温度 T [K] を用いて表せ。

問 3. この気体は単原子分子で構成されているとする。

- (1) 気体分子の運動エネルギーと内部エネルギーの関係を説明し、内部エネルギーを n , R , T を用いて求めよ。
- (2) 体積 V を一定に保ったまま加熱し、圧力を Δp 上昇させた。このとき加えた熱量を V , Δp を用いて求めよ。
- (3) 圧力 p を一定に保ったまま加熱し、体積を ΔV 上昇させた。このとき加えた熱量を p , ΔV を用いて求めよ。

- 3 図のように幅 a [m], 厚さ b [m], 長さ c [m] の板状の導体を図の左上に示した直交座標系に沿って配置し, x 方向に電流が流れるように電池と電流計を接続して電圧 V [V] を加える。また, y 方向の電圧 V_y を測ることができる。さらに, z 方向に一樣な磁束密度 B [T] の磁場を加えることができる。この導体のキャリアの電荷は q [C], 体積あたりの数は n [個/m³] である。以下の問いに途中の計算過程も含めて答えよ。ただし, 電池と電流計の内部抵抗は無視できるものとする。(65 点)



問 1. 電場の強さ E の単位は, [N/C] あるいは [V/m] で表される。1 N/C = 1 V/m であることを示せ。

問 2. 磁場が加えられていない場合を考える。

- (1) 導体中を速さ v で運動しているキャリアは, 熱運動しているイオンなどから抵抗力 kv を受けると仮定する。やがて電気力と抵抗力が釣り合って, キャリアは平均の速さ \bar{v} で運動するようになる。この速さ \bar{v} は加えられた電場の強さ E に比例し $\bar{v} = \mu E$ となる。 μ を q, k で表せ。 μ は移動度と呼ばれる。
- (2) x 方向の電場 E , 単位面積当たりの電流 j , 電気抵抗率 ρ を用いると, オームの法則は $E = \rho j$ と表される。 ρ を n, μ, q で表せ。

問 3. z 方向に一樣な磁束密度 B [T] の磁場が加えられている場合を考える。

- (1) キャリアに働く力のつり合いより, y 方向の電場の強さ E_y を x 方向の速さ v , B で表せ。
- (2) y 方向の電場の強さ E_y は, 磁束密度 B と単位面積当たりの x 方向の電流 j に比例し, $E_y = R_H B j$ と表される。 R_H を n, q で表せ。 R_H はホール係数と呼ばれる。

問 4. 板状の導体の大きさは, $a = 4.0 \text{ mm}$, $b = 0.50 \text{ mm}$, $c = 20.0 \text{ mm}$ であった。磁場がない状態で x 方向に電圧 $V = 5.0 \text{ V}$ を加えたところ, 電流計は 1.0 mA を示した。このとき, 電圧 V_y は生じなかった。次に, z 方向に磁束密度 $B = 0.010 \text{ T}$ を加えたところ, 電流計の値は変化しなかったが, $V_y = -20.0 \text{ mV}$ となった。これらの結果から, 次の物理量を有効数字に注意して, 単位とともに求めよ。ただし, キャリアの電荷を $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

- (1) 電気抵抗率 ρ
- (2) ホール係数 R_H
- (3) 単位体積あたりのキャリアの数 n
- (4) 移動度 μ