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)

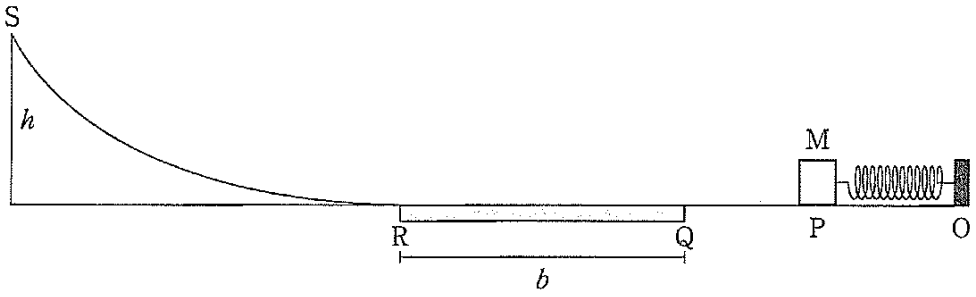
問題冊子　　**問題……** $\boxed{1}$ ～ $\boxed{3}$　**ページ……1～4**
解答用紙……7枚(白紙を除く。)
下書用紙……1枚

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。

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/s^2〕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。その後に手を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/s^2〕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。

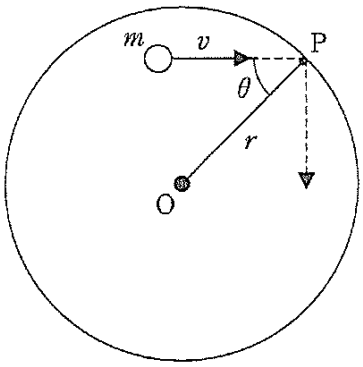
問 4. その後に，小物体Mはあらい面上を進み点Rで停止した。

(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 $\overline{v^2}$〔$(\mathrm{m/s})^2$〕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〔m^3〕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。

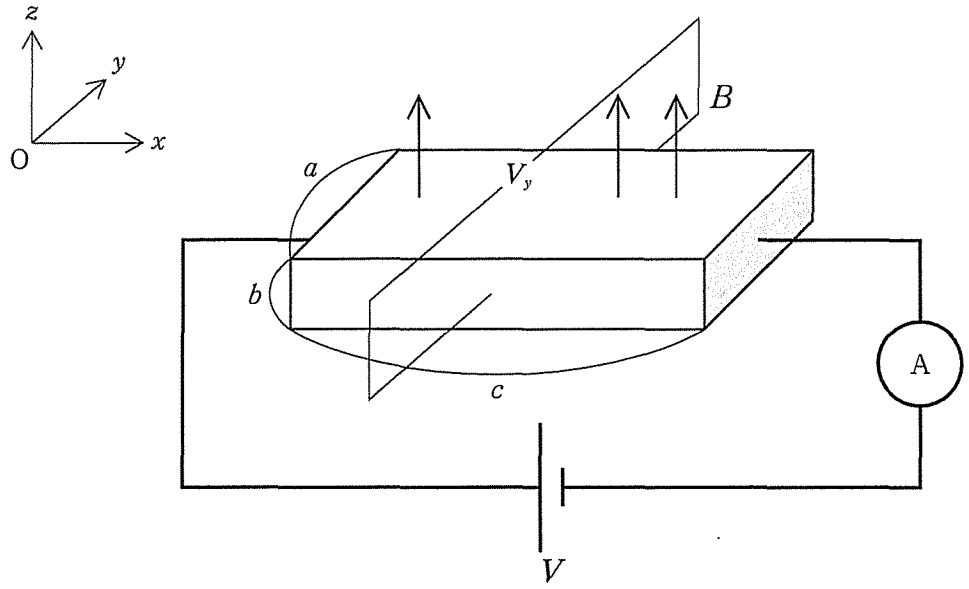
問 3. この気体は単原子分子で構成されているとする。

(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 方向に一様な磁束密度 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〕，単位体積あたりの数は n〔個 /m^3〕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 $\overline{v}$ で運動するようになる。この速さ $\overline{v}$ は加えられた電場の強さ E に比例し $\overline{v} = \mu E$ 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 方向に一様な磁束密度 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，$E_y = R_{\mathrm{H}} B j$ 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，$a = 4.0\,\mathrm{mm}$，$b = 0.50\,\mathrm{mm}$，$c = 20.0\,\mathrm{mm}$ であった。磁場がない状態で x 方向に電圧 $V = 5.0\,\mathrm{V}$ を加えたところ，電流計は $1.0\,\mathrm{mA}$ 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 $B = 0.010\,\mathrm{T}$ を加えたところ，電流計の値は変化しなかったが，$V_y = -20.0\,\mathrm{mV}$ 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 $-1.6 \times 10^{-19}\,\mathrm{C}$ 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