

出題の意図

第 1 問

滑車で繋がれた 2 つの物体についての静的な力のつり合い，運動方程式，静止摩擦力，動摩擦力などについて基本事項の理解を調べる。

第 2 問

波の振動数，波長，音速の関係式を元に，移動する音源から到達する音の振動数，2 つの音源によるうなりの効果などの理解を調べる。

第 3 問

電磁誘導とそれにより発生する電圧と電流及び抵抗の関係の理解を調べる。また，電流が磁場から受ける力と運動の関係の正しい理解を調べる。

第 4 問

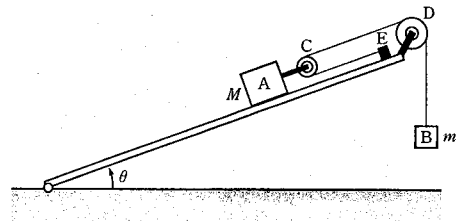
理想気体の断熱変化および等温変化を題材として，熱力学第一法則の理解を調べる。

平成22年度工学部前期日程入学試験問題

物 理 (4枚中1枚目)

1

図のように、水平面に対して傾き角 θ を 0 から $\frac{\pi}{2}$ [rad] の範囲で変化させることができる斜面があり、物体 A、物体 B が、滑車 C、滑車 D および糸をかいて結ばれており、糸の一端は斜面上の点 E に固定されている。滑車 C は物体 A に取り付けられており、滑車 D は斜面の上端部に固定されている。物体 A の質量は M [kg]、物体 B の質量は m [kg] であり、物体 A は斜面に沿って運動し、物体 B は鉛直方向に運動する。物体 A と斜面との静止摩擦係数は μ 、動摩擦係数は μ' 、重力加速度の大きさは g [m/s²] である。糸および

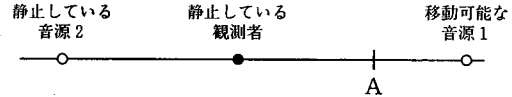


滑車の質量は無視でき、滑車の回転はなめらかであるとする。はじめ、2つの物体は静止しており、この状態から斜面の傾きをゆっくりと大きくしていくと、角度 θ が θ_0 [rad] を越えたときに、物体 A は斜面に沿って下向きに滑り出し、物体 B は鉛直上向きに運動を開始した。以下の文章の空欄 (ア) ~ (ク) を本問題中で与えられている記号のうち、必要なものを使ってうめよ。なお、計算の途中経過は不要であり、答のみを解答欄に記入すること。

- (a) 2つの物体が動き出す直前の $\theta = \theta_0$ の状態について考えると、物体 A に対して斜面に沿って上向きに作用する静止摩擦力の大きさは (ア) [N] であるから、糸の張力の大きさを T_0 [N] とすれば、物体 A に関する斜面に平行な方向の力のつりあい式は (イ) となる。同様に、物体 B に関する鉛直方向の力のつりあい式を糸の張力の大きさ T_0 を用いて表せば (ウ) となる。これらの結果より、静止摩擦係数 μ を 2つの物体の質量 M 、 m と角度 θ_0 を用いて表すと、 $\mu =$ (エ) となる。
- (b) 斜面の傾き角を θ_0 より大きなある角度 θ_1 [rad] に固定すると、物体 A は斜面に沿って下向きに、物体 B は鉛直上向きに等加速度運動を行った。糸の張力の大きさを T_1 [N]、物体 A の加速度の大きさを a [m/s²] とおくと、物体 A に関する運動方程式は (オ) 、物体 B に関する運動方程式は (カ) となる。これらの2つの式より、物体 A の加速度の大きさ a と糸の張力の大きさ T_1 を求めると、 $a =$ (キ) [m/s²]、 $T_1 =$ (ク) [N] となる。

平成22年度工学部前期日程入学試験問題
物 理 (4枚中2枚目)

2 図のように、音源1、観測者、音源2が直線上に並んでいる。音源2と観測者は静止しており、音源1は直線上を移動できる。音源1、2から発せられる音波は、速さ V [m/s] で伝わり、観測者から見ると平面波とみなすことができる。音源1の動く速さは音速に比べてじゅうぶん小さく、風はないものとする。ドップラー効果に関する次の文章を読んで、以下の間に答えよ。



(a) 音源1は振動数 f_0 [Hz] の音波を発しており、音源2は音波を発していない。次の文中の空欄に入る答を本問題中の記号のうち、適切なものを使って解答欄に記入せよ。

(i) 音源1が静止している場合を考える。音源1から出る音波の波長は $(ア)$ [m] であらわされる。また、空気が1回振動する時間は $(イ)$ [s] とあらわされる。

(ii) 音源1が一定の速さ u [m/s] で観測者に近づく場合を考える。音源1が点Aを通過するときに出た波面は、 t 秒後に観測者に到達した。点Aと観測者の距離は $(ウ)$ [m] である。音波の1波長分を1個の波と数えると、 t 秒間に音源1が出した波の数は $(エ)$ 個である。また、この間に音源1は点Aから $(オ)$ [m] だけ観測者に近づいているので、音源1と観測者との距離は $(カ)$ [m] となる。このとき、音源1と観測者とのあいだに波が $(キ)$ 個あるので、音波の波長は $(ク)$ [m] となり、観測者が聞く音の振動数は $(ク)$ [Hz] となる。

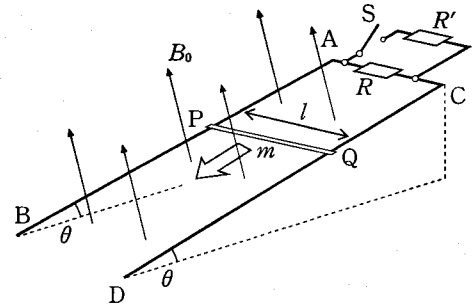
(b) 静止している音源2が振動数 f_0 [Hz] の音波を発しており、音源1は直線上を一定の速さ u [m/s] で移動する。以下の(i)と(ii)のうなりに関する実験についての問の答を主な式や説明をつけて解答欄に記入せよ。

(i) 音源1が振動数 f_0 [Hz] の音波を発しながら、点Aから観測者に向かって近づく場合を考える。このとき、観測者には音源1と音源2の音波により1 Hzのうなりが聞こえた。音源1の速さ u を V , f_0 を用いて表せ。

(ii) 音源1の振動数を f_0 からわずかに異なる f_1 [Hz] にした。音源1を観測者の位置から音源2に向かって移動させたところ、観測者にはうなりは聞こえなかった。 f_1 を u , V , f_0 を用いて表せ。

平成22年度工学部前期日程入学試験問題
物 理 (4枚中3枚目)

3 図のように、2本のじゅうぶんに長い直線導体レール AB と CD を間隔 l [m] で平行に並べ、水平面に対して角度 θ [rad] となるように固定した。導体レール AB と CD を電気抵抗 R [Ω] の抵抗でつなぎ、この抵抗にスイッチ S をかいて電気抵抗 R' [Ω] の抵抗を並列に接続した。ABDC が作る斜面には、斜面に対して垂直上向きに磁束密度 B_0 [T] の一様な磁場が与えられている。時刻 $t = 0$ [s] に導体レール AB と CD の上に質量 m [kg] の導体棒 PQ を静かに置いたところ、導体棒 PQ は動きだした。導体棒 PQ は常に水平で導体レール AB と CD に対して直交して動くものとする。なお、導体レールと導体棒の間にはたらく摩擦力や、導体や接点の電気抵抗は無視できる。重力加速度の大きさは g [m/s²] とする。



(a) 以下の文章の空欄 (ア) ~ (ク) にあてはまる答を、本問題中に与えられている記号のうち、必要なものを使って解答欄に記入せよ。また、(イ) と (ロ) は2つの選択肢のうち正しい方を選び番号で答えよ。

スイッチ S は開かれている。導体棒 PQ が動きだし、じゅうぶんに時間がたって、斜面に沿って下向きに一定の速さ v_0 [m/s] で滑っているときを考える。時間 Δt [s] の間に APQC がつくるループを貫く磁束は $\Delta\Phi =$ (ア) [Wb] だけ (イ) 1. 増加, 2. 減少する。ループ APQC 内で誘導される起電力の大きさは v_0 を使って表すと (ウ) [V] となる。この起電力により、抵抗値 R の抵抗には (ロ) 1. A \rightarrow C, 2. C \rightarrow A の向きに電流が流れる。

次に、導体棒 PQ にはたらく力のつりあいを考える。導体棒 PQ が磁場から受ける力の大きさを PQ に流れる電流の大きさ I [A] を使って表すと (カ) [N] となり、PQ にはたらく重力の斜面に沿って下向きの成分は (キ) [N] で与えられるから、導体棒 PQ にはたらく力のつりあいの式から I を求めると (ケ) [A] となる。オームの法則により、(キ) と抵抗値 R の積は起電力 (ク) と一致するので、導体棒の動く速さ v_0 を I を用いずに表すと、(ク) [m/s] となる。

(b) 導体棒 PQ が一定の速さ v_0 で動いているときに、スイッチ S を閉じた。 $R' = \frac{1}{9}R$ として以下の間に答えよ。

(i) スイッチ S を閉じた直後に、導体棒 PQ にはたらく力がどのように変わるか説明せよ。

(ii) スイッチ S を閉じてからじゅうぶんに時間がたったのち、導体棒 PQ は一定の速さで運動した。このときの導体棒 PQ に流れる電流の大きさ I' [A] と速さ v_1 [m/s] を求めよ。

平成22年度工学部前期日程入学試験問題
物 理 (4枚中4枚目)

4 図1のように、真空中に、断熱材からなるピストン付きの円筒容器A, Bがあり、それぞれのピストンは棒でつながれている。両容器には単原子分子理想気体である気体Aおよび気体Bが入れている。両容器は床に固定されており、ピストンはなめらかに動くことができる。両容器の断面積はともに $1.0[\text{m}^2]$ である。容器Bには、気体を一定温度に保つ温度調節器が取り付けられており、気体Bの温度は常に $300[\text{K}]$ に保たれている。最初の状態は、気体Aと気体Bともに体積 $1.0[\text{m}^3]$ 、圧力 $1.0[\text{Pa}]$ 、温度 $300[\text{K}]$ であった。この状態を状態Sとする。最初の状態Sからピストンをゆっくりと左右に動かして、体積 $V[\text{m}^3]$ と圧力 $p[\text{Pa}]$ の関係を気体Aと気体Bそれぞれについて調べると図2のようになった。以下の問に答えよ。答は主な式や説明をつけて解答欄に記入せよ。気体定数は $R = 8.3[\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$ とせよ。

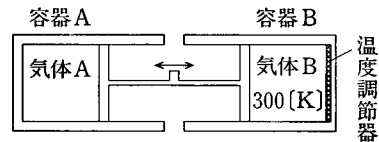


図1

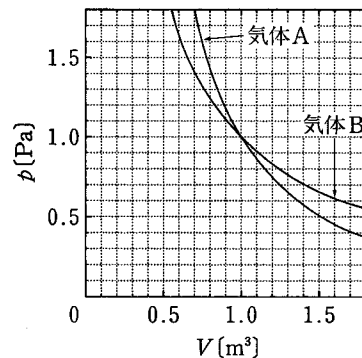


図2

(a) 気体Aと気体Bの状態について考える。

(i) 最初の状態Sの気体Aのモル数 n と内部エネルギー $U_0[\text{J}]$ を求めよ。有効数字2桁で答えよ。

(ii) 図2の気体Bの V と p の関係を表す式を示せ。

(iii) 図2において、気体Aと気体Bの圧力を同じ体積で比べると、体積が $1.0[\text{m}^3]$ より小さいとき、気体Aの圧力が気体Bの圧力より大きい理由を示せ。

(b) 最初の状態Sから棒に力を加えて図1の左方向にゆっくりと動かし、気体Aの体積が $0.80[\text{m}^3]$ となったところで止めた。以下の問(i), 問(ii)は、図2から数値を小数第2位まで読み取り解答せよ。図の数値の少々読み取り誤差はかまわない。

(i) この間の気体Aの内部エネルギーの増加量 $\Delta U_A[\text{J}]$ 、およびピストンが気体Aにした仕事 $W_A[\text{J}]$ を求めよ。

(ii) この間に棒に加えた力の変化を考えよう。両気体がピストンにおよぼす力の合力と棒に加えた力が常につり合っていると、棒に加えた力の大きさ $F[\text{N}]$ の値を求め、解答欄の図に示せ。解答欄の図の横軸 $L[\text{m}]$ は最初の状態Sから棒が動いた距離である。 F を図示する際は、 $L = 0, 0.10, 0.20[\text{m}]$ での値を求め、各点を直線で結べばよい。また、棒に加えた力がした仕事 $W[\text{J}]$ に相当する面積領域を解答欄の図中に斜線で示し、さらに仕事 W の値を記せ。

(iii) この間にピストンが気体Bにした仕事を $W_B[\text{J}]$ として、 W_B と上の文中の W_A および W とのあいだに成り立つ関係式を示せ。また、この関係式を用いて W_B の値を求めよ。さらに、温度調節器が気体Bに与えた熱量 $Q[\text{J}]$ を求めよ。

教科・科目 物理

問題③

上から10行目

「…… g [m/s^2]とする。」の後に以下の文章を追加する。

「回路を流れる電流がつくる磁場は無視できるものとする。」