

平成30年度入学者選抜学力検査問題

(B日程)

物 理

(生産システム科学部
生産システム科学科)

(注意)

- 1 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
- 2 問題紙は本文8ページです。答案用紙は4枚あります。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入下さい。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰って下さい。

問題 I

図1aのようにLの字に曲げた金属板の側面にばね定数 k [N/m] のばねが取り付けられており、ばねと接触して大きさの無視できる質量 m [kg] の質点がある。質点は金属板の底面 (x 方向) に沿って動き、ばねが自然長より縮んでいる斜面の領域では質点と底面との間に摩擦はなく、それより上の斜面の領域ではすべり摩擦係数が μ である。また、金属板の x 方向は水平に対して角度 θ に傾けられており、装置は重力加速度 g [m/s²] のもとに置かれている。以下の問に答えなさい。

問1 図1aのようにばねは質点の重力により押されて自然長から短くなっていると考えられるが、その短くなっている長さ d_0 [m] を求めなさい。

図1bのように質点をばねに接触させたまま手でばねを自然長から d [m] だけ縮ませた後に放した。このとき質点はばねにより x 方向に押し出され加速される。

問2 押し出される過程での x 方向への最大加速度 a_M [m/s²] を求めなさい。

問3 ばねが自然長となった時点で質点はばねから離れるが、手を離れてのちばねから離れる瞬間までに質点を得た運動エネルギー E_0 [J] を求めなさい。

問4 ばねから力を受けている過程での質点の最大速度 v_M [m/s] を求めなさい。

問5 上記問3の運動エネルギー E_0 を用いて、ばねが自然長となる地点の高さに対して質点が上がる最高点の高さ h [m] を求めなさい。

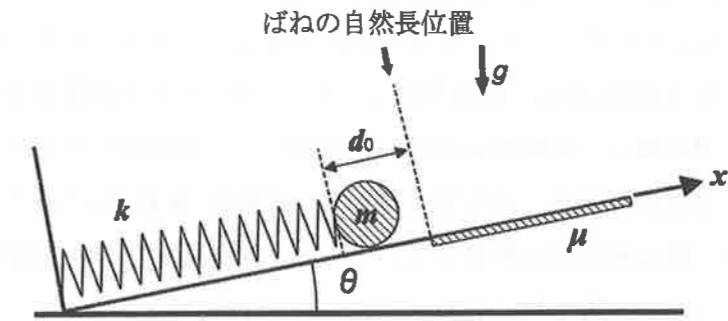


図1a

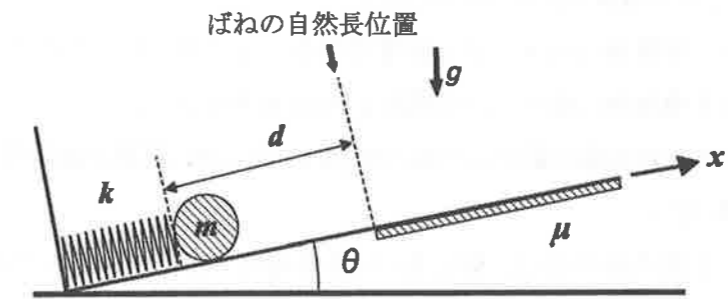


図1b

問題 II

図2に示すように重力加速度 g [m/s²]のもとで、角度 θ の傾きの坂に設置された電気抵抗のない平行なレール（間隔 l [m]）がある。このレール間に直流電圧源 E_0 [V]と抵抗 R [Ω]が直列に接続されている。このレール上を質量 m [kg]で電気抵抗のない導体棒は、接触電気抵抗と摩擦がなく、傾かないで滑ることができる。いまこの装置を重力と逆方向を持つ均一な磁場 B [T]中におく。ここでレールならびに導体棒の幅は無視でき、それらを通る電流が作る磁場も無視できるとして、以下の間に答えなさい。

- 問1 電流も流れている導体棒に関して、レール上を x 方向に滑り始める前に作用している x, y 方向の力 F_x [N], F_y [N]を求めなさい。
- 問2 時刻 $t=0$ sに $x=0$ mの位置を離された導体棒が x 方向に速度 v [m/s]で滑っているときの電流 I [A]を求めなさい。
- 問3 その後、導体棒は坂を一定の速度で滑ることになった。このときの速度 v_c [m/s]と導体棒に流れている電流 I_c [A]を求めなさい。
- 問4 このときの直流電圧源からの電力 P_E [W], ならびに抵抗の消費電力 P_R [W]を求めなさい。
- 問5 電力 P_E と電力 P_R の差は、何に基づくかを60文字以内で説明しなさい。

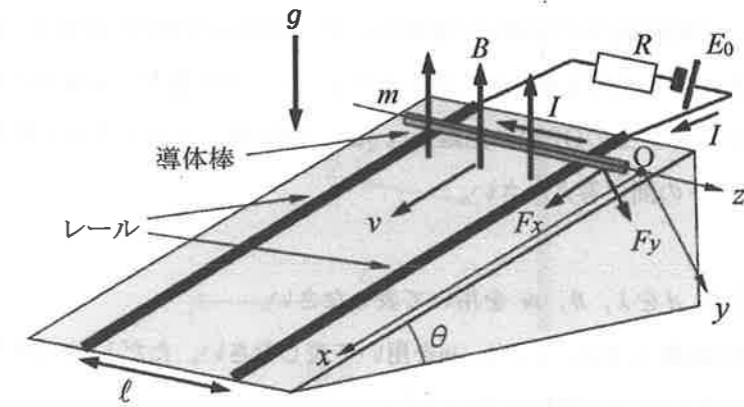


図2

問題III

図3のように単色光の光源から出た波長 λ [m] の光線に対して垂直に回折格子（格子定数 d [m]）を置いた。回折格子と平行に置いたスクリーン上を観察すると、位置 O を中心として明線がほぼ等間隔に観測された。中央の位置 O の明線を0番目とするとき、入射光に対して角度 θ 方向にあるスクリーン上の位置 P に m 番目の明線が観測された。スクリーン上の OP 間の距離を x [m]、回折格子とスクリーン間の距離を L [m] とする。以下の問に答えなさい。

- 問1 格子定数 d を λ , θ , m を用いて表しなさい。
 問2 OP 間の距離 x を d , λ , L , m を用いて表しなさい。ただし θ は非常に小さいので $\sin \theta \approx \tan \theta$ の関係を用いてよい。

$d=1.0 \times 10^{-5}$ m の回折格子を用いて、 $L=1.0$ m の距離にスクリーンをおいて干渉縞の観測をした。

- 問3 位置 O とすぐ隣の明線の位置 P までの距離は 6.3×10^{-2} m であった。単色光の波長 λ [m] を求めなさい。
 問4 光源に赤色（波長 7.0×10^{-7} m）を用いたときの1番目の明線の位置を P_1 、青色（波長 4.4×10^{-7} m）を用いたときの1番目の明線の位置を P_2 とする。それぞれの位置の O からの距離 OP_1 [m]、 OP_2 [m] を求めなさい。
 問5 光源に赤色、緑色（波長は赤色と青色のほぼ中間）、青色から構成されると考えられる白色光を用いた場合に、0番目および1番目の明線はどのように観測されるかを60文字以内で説明しなさい。

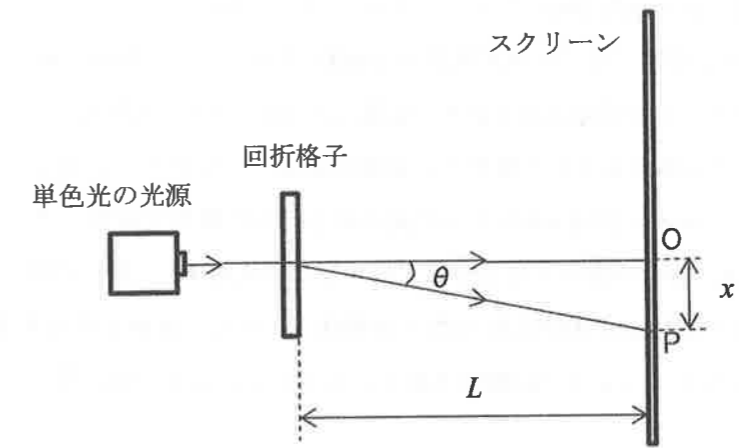


図3

問題IV

重力加速度 g [m/s²], 大気圧 P_0 [Pa] のもとで, 図 4 a のように鉛直に立てられたシリンダーがあり, その中に単原子分子の理想気体 n [mol] が入っている。気体は質量 M [kg], 面積 S [m²] のピストンで圧縮されており, 温度は T_0 [K] である (状態 A)。いまヒーター線に通電して気体をゆっくり暖めた。気体は膨張し, なめらかに動くピストンを押し上げた。ピストンは図 4 b のように高さ H [m] の位置まで動き, ストッパーに接しながらもストッパーから力を受けずに停止した (状態 B)。さらに暖めたところ, 気体の圧力が状態 A の 2 倍になった (状態 C)。ただし気体定数を R [J/(mol·K)] とし, ピストンとシリンダーは断熱されているとして, 以下の間に答えなさい。

- 問 1 状態 A での気体の圧力 P_A [Pa], ピストンの高さ h [m] (底からピストン底面までの距離) を P_0, M, S, g, n, R, T_0 を用いて表しなさい。
- 問 2 状態 B での気体圧力 P_B [Pa] を求めなさい。
- 問 3 状態 A から状態 B への変化に必要な熱量 Q_{AB} [J] を P_A, S, h, H を用いて表しなさい。
- 問 4 状態 B から状態 C への変化に必要な熱量 Q_{BC} [J] を P_A, S, H を用いて表しなさい。

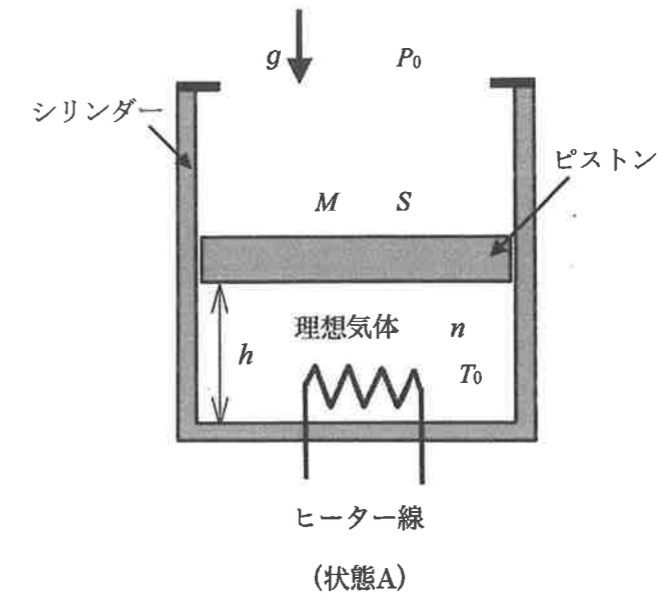


図 4 a

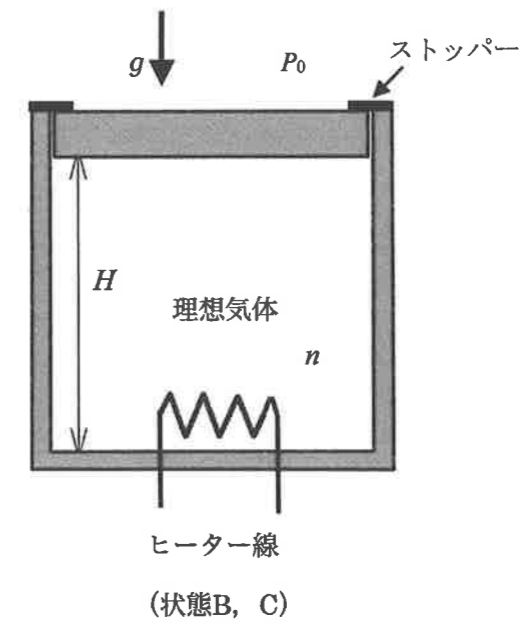


図 4 b