

平成19年度 理 科

科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

理学部の受験者

各受験コースで指定された科目を解答すること。

医学部の受験者

物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）と、化学Ⅰ・化学Ⅱ（化学）を解答すること。

工学部の受験者

機械工学科，電気電子工学科を受験する者は，物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）を解答すること。

環境建設工学科，機能材料工学科，応用化学科，情報工学科を受験する者は，物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理），化学Ⅰ・化学Ⅱ（化学）のいずれか1科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目及びページは，下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ
物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）	1～15
化学Ⅰ・化学Ⅱ（化学）	16～25
生物Ⅰ・生物Ⅱ（生物）	26～37
地学Ⅰ・地学Ⅱ（地学）	38～49

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は，すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。

物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）

教育学部，理学部，工学部および農学部の受験生は，1～4を解答すること。
医学部の受験生は，1と3を解答すること。

1

図 1 に示すように、表面のなめらかな平板 S が水平におかれ、左端にばねを固定するための支持板があり、ばね定数 k [N/m] のばねの一端が固定されている。ばねのもう一方の端には、質量 m [kg] の小物体 A が取り付けられ、その結合点を P とする。なめらかな面にそって右向きに座標軸 x をとり、ばねを自然の長さとした場合の点 P の x 座標位置を原点 O とする。

つぎに、図 2 のように小物体 A に力を加えて、ばねが自然の長さより距離 l_0 [m] だけ縮むように左にずらし、そこより静かにはなして単振動を行わせた。さらに図 3 のように、質量 M [kg] の小物体 B を小物体 A に接合し一体とした後、ばねを自然の長さより距離 l_0 だけ縮めて単振動を行わせた。ばねの質量および小物体 A と小物体 B とを接合するための器具の質量はないものとする。

以下の問いに答えよ。

問 1 図 2 の物体 A が単振動する場合の周期 T [s] を k , m を用いて表せ。

問 2 図 3 のように、物体 A と物体 B とが一体となって単振動をする場合、角振動数 ω [rad/s] を k , m , M を用いて表せ。また一体となった物体の速さの最大値 v_m [m/s] を k , l_0 , m , M を用いて表せ。

問 3 ばね定数 k を測るために、ばねに質量 0.2 kg のおもりをつけてつるしたところ、ばねの伸びは 0.1 m であった。 k を重力加速度 g [m/s²] を用いて表せ。

問 4 図 4 のように、平板 S を図 1 の状態から角度 θ だけ傾けた。ただし、 θ は 90° 以下である。重力は鉛直下向きに作用している。ばねによる力と物体 A に作用する重力とが斜面上でつりあいを保つ場合、点 P の x 座標位置は原点 O からずれて点 O' に移る。このずれた距離が l_1 である ($l_1 < l_0$)。さらに、斜面にそって物体 A を、原点 O より l_0 だけ左下方にずらして、そこより静かにはなして単振動を行わせた。このようにして得られた速さの最大値は、物体 A と物体 B が一体となり単振動を行った図 3 の場合における速さの最大値 v_m と等しくなっていた。ただし、 $g = 9.8$ m/s², $m = 1$ kg, $M = 3$ kg, $l_0 = 0.2$ m とする。

(1) $\sin \theta$ と l_1 の値をそれぞれ求めよ。

(2) この場合の、物体に作用する力 F [N] と点 P の x 座標位置 x [m] との関係を、解答用紙のグラフ上に実線で描け。ただし、 F の正方向は x の正方向と同じ向きにとる。

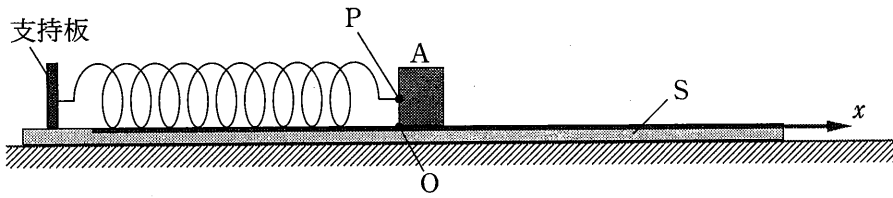


図 1

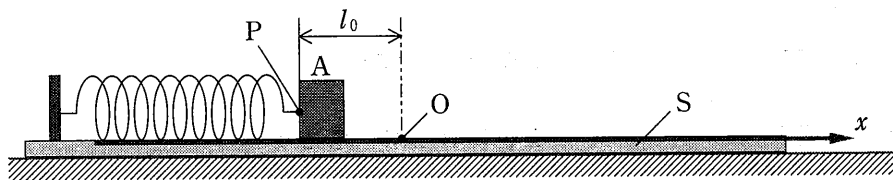


図 2

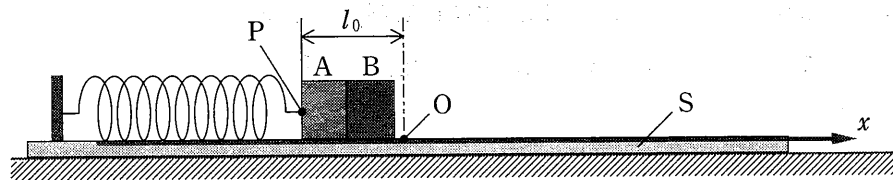


図 3

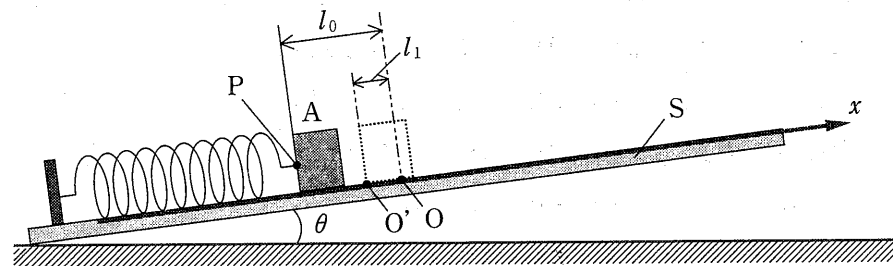


図 4

2 電荷をもった粒子(キャリア)が移動するとき電流が流れる。金属の場合は、負の電荷を持った自由電子がキャリアである。いま、断面積 $S[\text{m}^2]$ 、長さ $L[\text{m}]$ の金属があり、この金属中に電荷マイナス $e[\text{C}]$ を持つ自由電子が 1m^3 あたり n [個] ある。この金属の両端に一定の電圧 $V[\text{V}]$ を与えると、大きさ (a) [N/C] の電場が発生する。自由電子はこの電場から大きさ (b) [N] の力を受けて加速されるが、熱振動している陽イオンと衝突を繰り返しながら移動する。平均的には自由電子は一定の速さ $v[\text{m/s}]$ で移動しているとみなされる。熱振動する陽イオンから自由電子が受ける力(抵抗力)の大きさは自由電子の速さに比例し、比例定数を $K[\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}]$ としたとき $Kv[\text{N}]$ で表されたとする。電場による力とこの抵抗力がつりあった状態で一定の電流が流れるとする。このとき電流の大きさ I は、(c) [A] と表される。したがって電気抵抗(以下、単に抵抗とよぶ) R は (d) [Ω] となり、抵抗率 ρ は (e) [$\Omega\cdot\text{m}$] で表される。多くの金属で抵抗率は温度の上昇とともにほぼ直線的に増加する。① $t[^\circ\text{C}]$ における抵抗率は、温度 0°C のときの抵抗率を $\rho_0[\Omega\cdot\text{m}]$ 、温度係数を $\alpha[1/\text{K}]$ とすると、 $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$ で表される。

以下の問いに答えよ。

問 1 上の文章中の空欄(a)~(e)に適切な数式を入れよ。ただし、 e 、 K 、 n 、 V 、 L 、 S 中の必要なもののみを用いて表せ。

問 2 金属線 X の抵抗 R_x を図 1 に示す起電力 E の電池、電流計④、抵抗値がそれぞれ R_1 と R_2 の 2 個の抵抗器および可変抵抗器からなる回路で測定する。電流計④を流れる電流の大きさ I は、可変抵抗器の抵抗値 R_3 によって調節される。金属線 X は、温度調節ができる容器(恒温槽)の中におかれ、容器内の温度と同じに保たれる。ここで電池と電流計④の内部抵抗および導線の抵抗は無視できるものとする。また、この金属線 X の断面積と長さは温度によって変化しないこととする。

(1) 次の文章中の空欄(f)~(k)に適切な数式を入れよ。ここで単位は考えなくてもよい。

抵抗 R_1, R_2, R_3, R_x , 電流計④を流れる電流をそれぞれ図1のように I_1, I_2, I_3, I_4, I として, キルヒホッフの第一法則を適用すると, 点Bでは,

$$I_3 = \boxed{\text{(f)}}$$

となり, 点Dでは,

$$I_4 = \boxed{\text{(g)}}$$

となる。

$A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow A$ の経路に対して, キルヒホッフの第二法則を適用すると,

$$\boxed{\text{(h)}} = 0$$

となる。同様にして $D \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ の経路では,

$$\boxed{\text{(i)}} = 0$$

となり, $Q \rightarrow P \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow Q$ の経路では,

$$\boxed{\text{(j)}} = 0$$

となる。

R_3 を調節して $I = 0$ としたとき, (f)~(j)の適当な式より R_x は R_1, R_2, R_3 を用いて

$$R_x = \boxed{\text{(k)}}$$

と表される。

(2) 金属線 X で下線部①で示された抵抗率の温度変化を確かめることとした。図1の回路において金属線 X をいくつかの温度で一定に保ち, そのつど電流計④の針が0を指すように R_3 を調節し, この値を記録した。実験結果の一部を表1に示す。この結果をもとにして金属線 X の抵抗率の温度係数を求めよ。

(3) この金属線 X は, 断面積が $1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2$, 長さが 2.0 m , 0° C における抵抗率が $5.0 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{ m}$ であったとする。 80° C における金属線 X の抵抗値を求めよ。

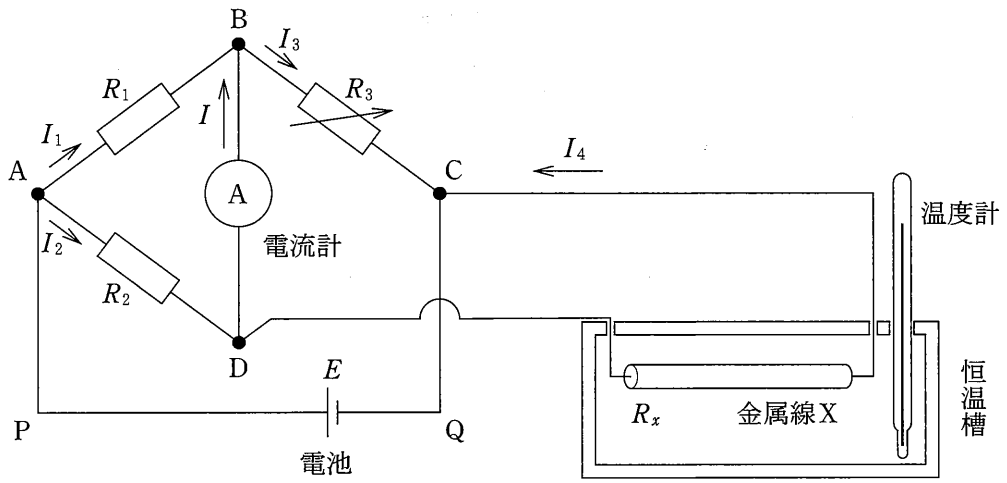


圖1

表1 実験結果

金属線 X の温度 [°C]	可変抵抗 R_3 [Ω]
0.0	10.0
40.0	12.0
100.0	15.0
180.0	19.0

3 水平な面の上に、反射波の生じにくい大きな透明な水槽が置かれている。この中に水を入れ、水槽内の水深を測ったところ、場所によらず同じであった。

以下の問いに答えよ。

問 1 この水槽の中で、直線状の棒を波源とする周期的な直線波を作った。波の波源は図 1 で水槽の左側にあり、波は水槽の長辺と平行な方向に図 1 の左から右へと進むものとする。この直線波の周期を調べるために、水槽の外側に図 1 のように線 L を印した板 S を置き、線 L の位置で 20 個の波を観測するのに要する時間を測定した。測定では、この時間は 10 s であった。また、波の波長を調べるために、水面の写真を撮り、波の数を数えたところ 50 cm 中 5 個であった。

- (1) 波の振動数 f [Hz] と波の速さ v_1 [cm/s] は、それぞれいくらか。
- (2) 波の進行方向に x 座標をとり、線 L の位置を x 座標の原点 ($x = 0$) とする。いま、 $x = 0$ で波の変位が最大であったとすると、いまから 0.25 s 後に水槽内で見られる波の形を図示せよ。波の形は、振幅 1 の正弦波を仮定せよ。
- (3) つぎに、板 S を波源の方向に水槽の長辺にそって一定の速さ 5 cm/s で、水槽内の波に影響を与えないように移動させる。観測者も一緒に移動するとき、線 L の位置で 20 個の波を観測するのに時間 t [s] 要した。 t はいくらか。ただし、板 S を t [s] 移動しても線 L の位置は波源に到達しないものとする。

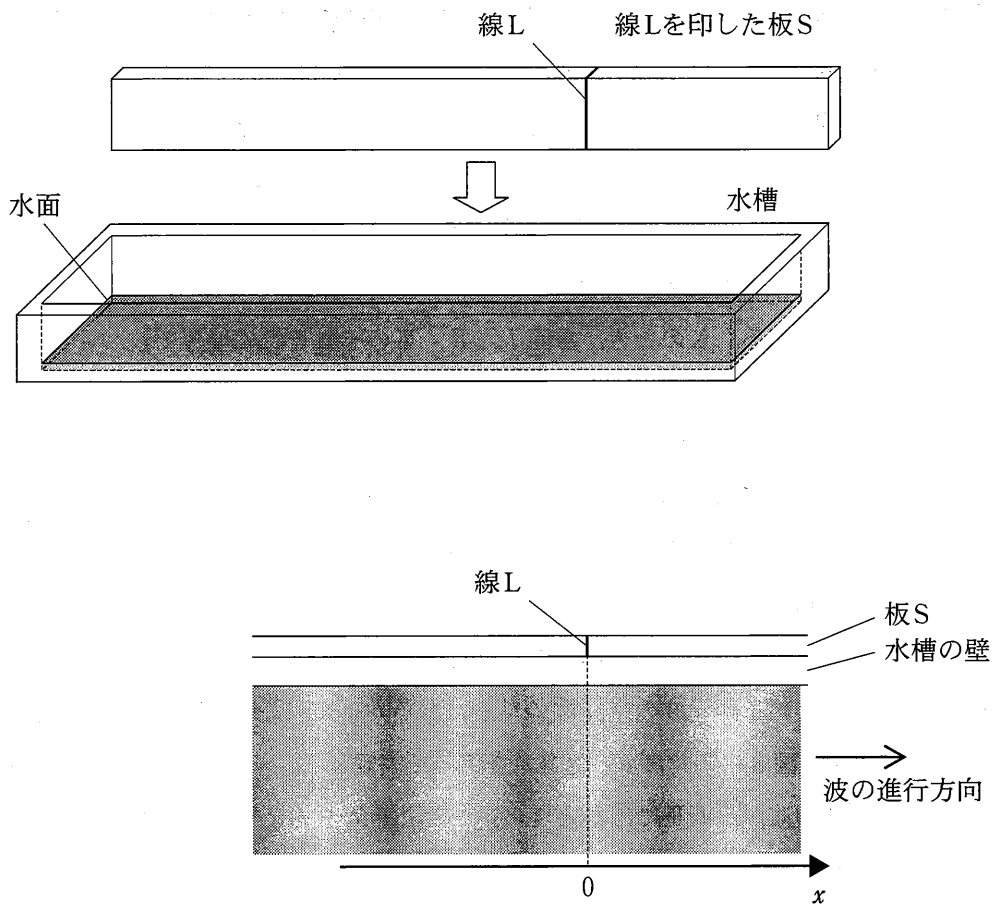


図1 水槽の外側に板Sを置く様子を示した図(上)と板Sを置いた後、線L近傍を拡大して上から見た図(下)

問 2 この水槽に厚みが一定の直角三角形の板を図 2 のように沈め、水深の浅い所を作った。板の沈んでいない水深の深い所は 2 か所でき、それぞれを水面 I、水面 III とし、板の沈んでいる浅い所を水面 II とする。

この水槽に、水槽の長辺と平行に伝わる、速さ v_2 の直線波を 1 つ発生させる。図 3 は、この直線波の進行方向を水槽の真上から見て示した図である。この波は、最初、水面 I にいるが、波が進むにつれ、水面 II に入り、水面 III に出る。このとき、水面 I、II、III のそれぞれの境界で波の屈折が生じる。なお、水面 I に対する水面 II の屈折率を $n (n > 1)$ とする。

- (1) 波の屈折は、ホイヘンスの原理を使うと「波が異なる媒質に進むとき、境界上の媒質の各位置は、波の到着と同時に素元波を出す」と考えることで理解できる。いま、左から来た直線波が水面 I から入射し、図 3 中の X 点、Y 点を通過する。Y 点に直線波が到着した時、X 点を出て水面 II を伝わっている素元波の半径はいくらになるか。XY 間の距離を d とし、屈折率 n 、図 3 中の角度 α 、距離 d を用いて表せ。
- (2) この波が水面 III に出たときの、波の屈折角を ϕ とする。 $\sin \phi$ を屈折率 n と角度 α を用いて表せ。

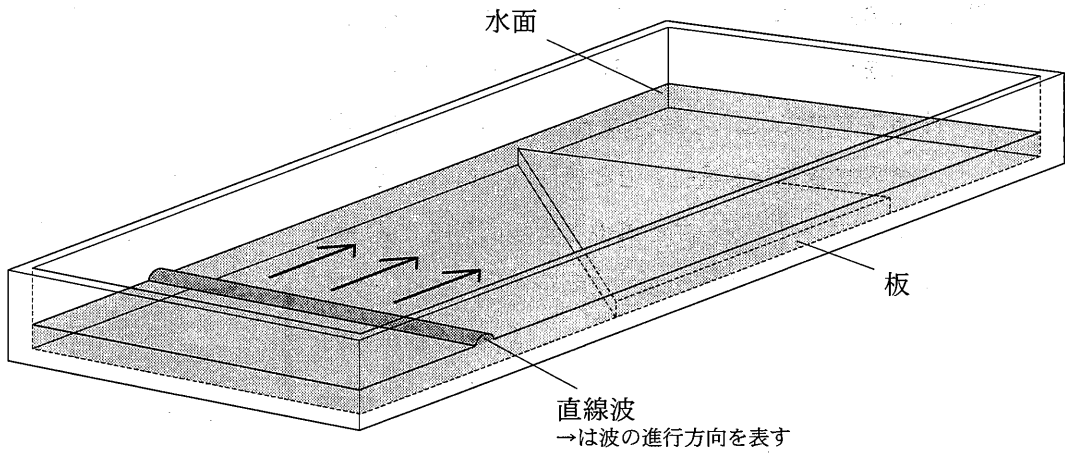
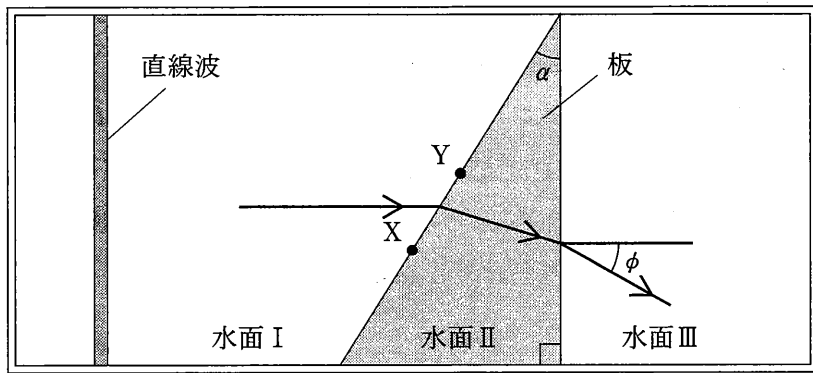


図2



→ 波の進行方向を表す

図3 水槽を真上から見た図

4

以下の問いに答えよ。

問 1 図 1 のように、ばね定数 k_0 [N/m] のばねがシリンダーの底面に鉛直にとりつけられている。ばねの上端にはシリンダー内を外部と等しい気圧に保つための空気孔がある皿が水平に固定されている。皿の上には容器がのせられており、皿はシリンダーの内面にそってなめらかに上下できる。ばねと皿および容器の質量は無視でき、容器に水が入ってないときに、ばねは自然の長さである。容器がゆっくり下降するように水を静かに容器に注入したところ、容器内の水の質量は M [kg] となり、ばねは自然の長さより x [m] だけ縮んだ。

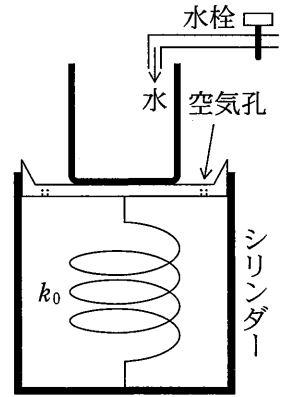


図 1

- (1) ばねの弾性力による位置エネルギー U [J] を k_0 , x を用いて表せ。
- (2) x を重力加速度 g [m/s²] と M , k_0 を用いて表せ。
- (3) U を g , M , x を用いて表せ。
- (4) あらかじめ水を入れた容器を、ばねが自然の長さに保たれるように皿の上に静かに置き、手をはなした。その後の容器の運動を、エネルギーと関連づけて 60 字以内で説明せよ。ただし、空気の抵抗や容器内の水の動きなど、容器の運動を妨げるものはないとする。

問 2 図 2 のように、上面と底面が閉じられた断面積 $S[\text{m}^2]$ のシリンダーの内部にピストン a、ピストン b がある。ピストン a の下の A 室に圧力 $p[\text{Pa}]$ の気体が入っている。ピストン a とピストン b の間には、ばね定数 $k_1[\text{N/m}]$ のばねが鉛直にとりつけられており、ばねのある B 室とピストン b の上の C 室は真空になっている。A 室の底部にはヒーターがとりつけられており、A 室内の気体を加熱できる。ピストン a、ピストン b はシリンダー内を鉛直にな

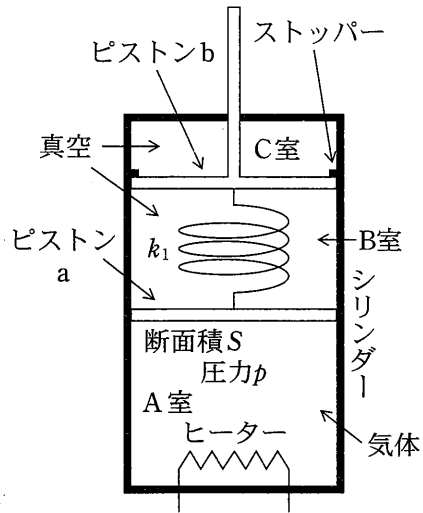


図 2

めらかに動くことができるが、ピストン b はストッパー(止板)より上には動くことができない。また、ピストンとシリンダーは断熱材でできており、ピストンとばねの質量は無視できる。

初めの状態では、ピストン b はストッパーの位置にあり、A 室の気体の圧力 p は $p_1[\text{Pa}]$ であった。このとき、ばねは自然の長さより $x_1[\text{m}]$ だけ縮み、ばねの弾性力による位置エネルギーは $U_1[\text{J}]$ となった。

つぎに、ヒーターに 10 V の直流電圧を加え、 0.2 A の電流を 200 秒間流して、気体をゆっくり加熱したところ、ピストン a だけが上に動いた。ばねは自然の長さより $x_2[\text{m}]$ だけ縮んで、ばねの弾性力による位置エネルギーは $U_2[\text{J}]$ になり、気体の圧力 p は $p_2[\text{Pa}]$ となった。このとき、 $Q[\text{J}]$ の熱量が気体に加えられた。 $x_1 = 0.01\text{ m}$, $U_2 = 20\text{ J}$, $k_1 = 10^5\text{ N/m}$, $S = 0.01\text{ m}^2$ である。

- (1) p_1 を k_1 , x_1 , S を用いて表せ。
- (2) p_1 , U_1 の値をそれぞれ求めよ。
- (3) x_2 , p_2 の値をそれぞれ求めよ。
- (4) ヒーターの加熱による気体の内部エネルギーの増加 $\Delta U_2[\text{J}]$ を Q , U_1 , U_2 を用いて表せ。

- (5) ヒーターのジュール熱の 50% が気体の内部エネルギーに加えられたとして、 Q と ΔU_2 の値をそれぞれ求めよ。

問 3 最後に、図 2 のピストン b に力を加えて下方に動かしたところ、図 3 のようにばねは縮み、ピストン a は下方に動いた。ばねは自然の長さより x_3 [m] だけ縮んで、ばねの弾性力による位置エネルギーは U_3 [J]、圧力 p は p_3 [Pa] になった。 $U_3 = 45$ J であり、ピストン b になされた仕事を W [J] とする。

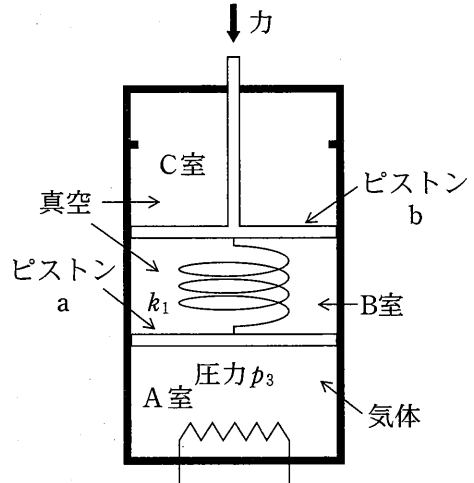


図 3

- (1) x_3 , p_3 の値をそれぞれ求めよ。
- (2) ピストン b への仕事による気体の内部エネルギーの増加 ΔU_3 [J] を W , U_2 , U_3 を用いて表せ。
- (3) $W = 70$ J のときの ΔU_3 の値を求めよ。