2019（平成31）年度

一般前期入学試験

理　科

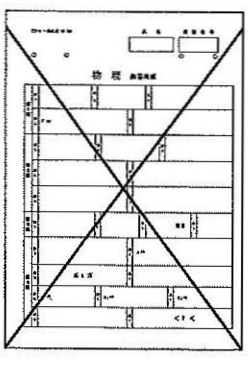
科目選択について			問題ページ
右記①～③のうち 2つを選択	①	物理	1～ 5
	②	化学	7～12
	③	生物	13～20

注意：答えはすべてそれぞれの解答用紙に記入しなさい。

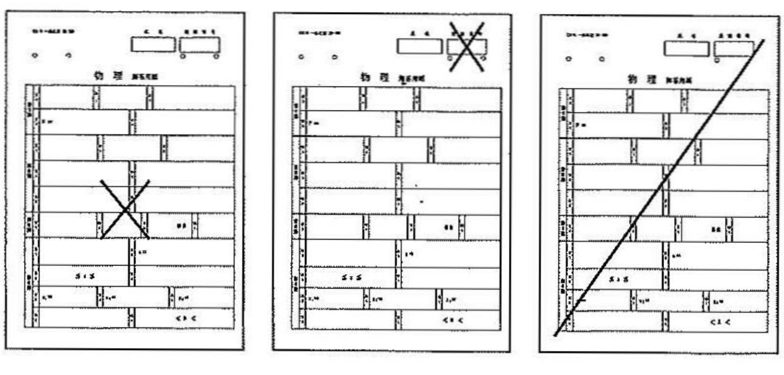
非選択科目の解答用紙への記入について（注意事項）

- 試験開始30分後に、非選択科目の解答用紙を回収します。
- 非選択科目の解答用紙にも氏名、受験番号を記入し、解答用紙全体に隅から隅まで大きく『×(バツ)』を記入して下さい。

良い書き方



良くない書き方



藤田医科大学医学部

物　理　(その1)

第1問

水平で摩擦のある床から高さ H の位置に、水平方向にのびたレールがある。このレールの鉛直下方の床に棒ABをレールと平行に置く。自然長 H の軽いばねの一端を棒の端点Bに、ばねのもう一方の端をレール上の点Cにとりつける（図1）。この点 C はレールに沿って位置を変えることができるものとする。また、棒の太さは無視でき、ばねの長さ方向BCが鉛直方向を向く位置でばねは自然長になるとし、棒は一様で、その重心は棒の中心にあるとする。以下の問いにおいて、ばね定数を k、棒の長さを a、棒の質量を m、重力加速度の大きさを g とする。

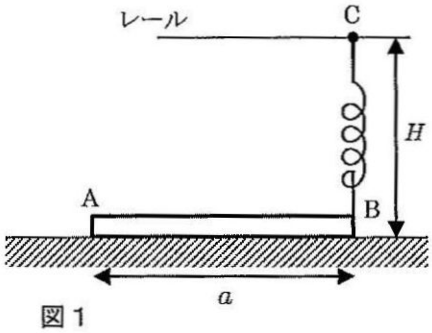


図1

点 C の位置を少しずつ移動させて、図2のように、ばねを鉛直方向から θ だけ傾けて点 C をとめたところ、棒は動かなかった。このときのばねの自然長からの伸びを x とする。

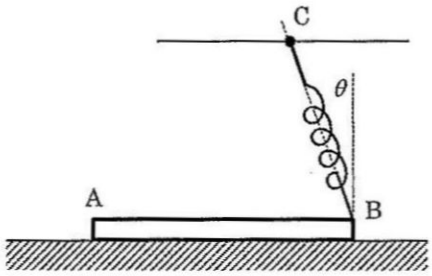


図2

問1　棒が床から受ける静止摩擦力 f の大きさを k、θ、x を用いて表せ。

問2　棒が床から受ける垂直抗力の大きさ N を k、θ、x、m、g を用いて表せ。

問3　棒が床から受ける垂直抗力の作用点と棒の端点 A との距離を b として、点 A のまわりの力のモーメントのつり合いの式から b を求め a、k、θ、x、m、g を用いて表せ。

つぎに、点 C の位置を変えて θ を大きくしていったところ、θ が θ_{max} をこえると、棒の端点Aが床に対してすべらずに、端点Bが床から離れた。

問4　$0 \leqq \theta \leqq \theta_{max}$ の場合のばねの自然長からの伸び x を H、θ を用いて表せ。

問5　$\cos(\theta_{max})$ を求め H、k、m、g を用いて表せ。

つぎに、図3のように、ばねを鉛直方向から θ $(0 < \theta < \theta_{max})$ だけ傾けて点 C を固定したまま、図中の左向きに、棒の端点 A に水平方向の外力を加える場合を考える。

外力の大きさを徐々に大きくしていくと、外力の大きさが F より大きくなったとき棒が床に対して動いた。

問6　棒と床の間の静止摩擦係数を μ として、F を H、k、m、g、μ、θ を用いて表せ。

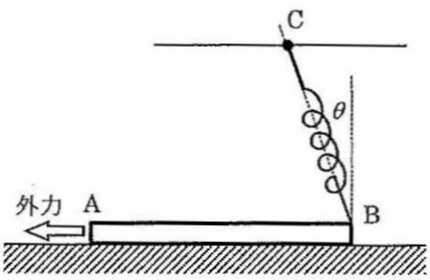


図3

物　理　(その2)

第2問

なめらかに動くピストンをもつシリンダー容器に閉じこめた n [mol] の気体がある。
この気体に熱量 Q を加えたとき、温度がΔT 上昇したとする。このとき、気体の内部エネルギーの増加量を ΔU、気体が外にした仕事を W として次の問1と問2に答えよ。

問1　Q、ΔU、W の間に成り立つ関係式をかけ。

問2　この気体のモル比熱を n、Q、ΔT で表せ。また、熱量の単位をジュール（記号 J)、温度の単位をケルビン（記号 K) としたときの、モル比熱の単位もかけ。

同じシリンダー容器に閉じ込めた温度 T_0 の n [mol] の気体に対して、以下の空欄に当てはまる適切な式、または数値を答えよ。

問3　ピストンを固定し、体積を一定にして気体に熱量 Q_1 を加えるとき内部エネルギーの増加量は $\Delta U_1=$ $\boxed{(ア)}$ である。このとき、気体の温度が T_0 から $T_0+\Delta T_1$ に上昇したとすると、気体の定積モル比熱 C_V は n、Q_1、ΔT_1 を用いて $C_V=$ $\boxed{(イ)}$ と表される。これらのことを用いると、内部エネルギーの増加量は n、ΔT_1、C_V を用いて $\Delta U_1=$ $\boxed{(ウ)}$ と表すことができる。

一方、ピストンを自由に動ける状態にして、気体の圧力 p を一定に保ちながら気体に熱量 Q_2 を加えるとき、気体の温度が T_0 から $T_0+\Delta T_2$ に上昇したとすると、気体の定圧モル比熱 C_P は n、Q_2、ΔT_2 を用いて $C_P=$ $\boxed{(エ)}$ と表される。また、このとき、気体の体積が ΔV 増加したとすると、気体が外にした仕事は $W_{定圧}=$ $\boxed{(オ)}$ である。

以下では、シリンダーに入っている気体が理想気体である場合を考える。熱量 Q_2 の大きさを調節し、定圧変化の場合の温度変化 ΔT_2 が定積変化の場合の温度変化 ΔT_1 と同じになるようにする。すなわち $\Delta T_2=\Delta T_1$ となるようにする。このとき、気体の圧力 p を一定に保ちながら気体に熱量 Q_2 を加えたときの内部エネルギーの増加量をΔU_2 とすると、内部エネルギーの増加量 ΔU_1 とΔU_2 の間には $\Delta U_1-\Delta U_2=$ $\boxed{(カ)}$ という関係がある。

さらに、理想気体の状態方程式を用いると、気体に加えた熱量 Q_2 を n、ΔU_1、ΔT_1、および気体定数 R を用いて $Q_2=$ $\boxed{(キ)}$ と表すことができる。これらの関係を用いて C_P を C_V と R で表す式、$C_P=$ $\boxed{(ク)}$ が得られる。

物　　理　(その３)

第３問

物質の電気抵抗の値が温度によって変化する性質を利用して温度を測定することができる。いま、抵抗Ｒの抵抗値が、温度 t [℃]のとき、$R=R_0(1+\alpha t)$ で表されるとする。ここで、R_0は 0 ℃のときの抵抗値であり、α [1/℃]は温度係数で正の定数である。以下の問いにおいて電源と電流計の内部抵抗は無視できるものとする。

まず、起電力 E の電源と電流計、および抵抗Ｒで右図（図１）の回路をつくる。

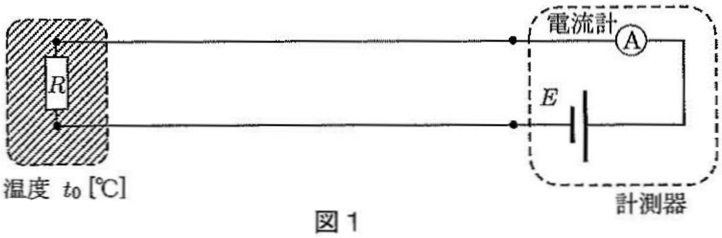


図１

問1　図１の電流計の測定値が I_0 であるとき、抵抗Ｒの温度 t_0 を R_0、α、E、I_0 を用いて表せ。ただし、ここでは、導線の抵抗は無視できるものとする。

実際には、導線にも抵抗がある。このことを考慮に入れるため、導線の抵抗を、図２のように抵抗値 r の抵抗２個で表した回路を考える。

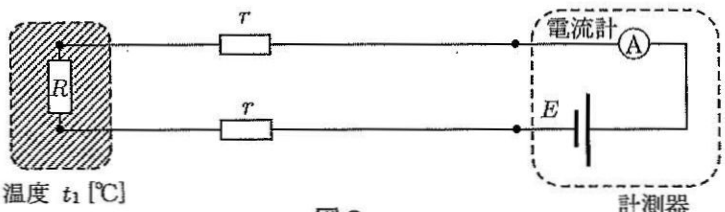


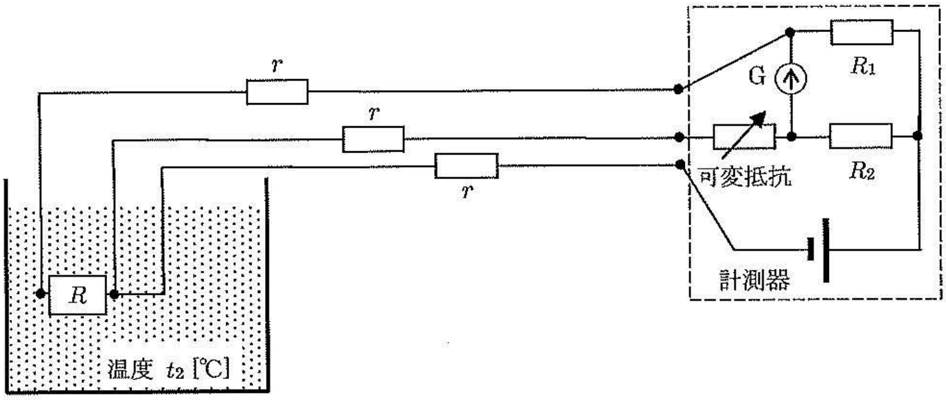
図２

問2　図２の回路で電流計の測定値が I_1 であるとき、抵抗Ｒの温度 t_1 を R_0、α、E、r、I_1 を用いて表せ。ただし、ここでは、導線の抵抗値 r は一定で温度変化しないものとする。

物　理　(その4)

さらに、より現実的な状況を考えると、計測器と抵抗Rをつなぐ導線の周囲の温度によって導線の抵抗値 r も変化する。抵抗Rを使って温度を測定する際に、導線の周囲の温度を正確に把握することは難しく、導線の抵抗値 r を正しく把握することはできない。

そこで、導線の抵抗値によらずに温度を測れるように回路を工夫したい。抵抗値 R_1 の抵抗、抵抗値 R_2 の抵抗、可変抵抗、および検流計Gを使って、下の図のような回路をつくる。ただし、3本の導線の温度はともに周囲と同じ温度（一般には、抵抗Rの温度と異なる）であり、3本の導線の抵抗値は等しく r であるとする。



問3　検流計に電流が流れなくなるように可変抵抗の抵抗値を調節する。この時の可変抵抗の抵抗値を R_c として、抵抗Rの温度 t_2 を求め、R_0、R_1、R_2、R_c、r、αを用いて表せ。

問4　抵抗Rの温度 t_2 を導線の抵抗値 r によらずに決めるためには、R_1 と R_2 の間にどのような関係があればよいか答えよ。

物　理　（その５）

第４問

質点をとりつけた自然長が等しい軽いばねを２本用意する。２つの質点を質点P、質点Qとし、各々の質量はともにmであるとする。図１のように、質点Pと質点Qが接して２本のばねが一直線になるように、なめらかで水平な床の上におき、ばねが自然長になる状態で各々のばねの質点がついていない側の端を固定する。また、質点Pと質点Qが静止している位置を原点$x=0$、図の右向きを正として床と平行にx軸を設定する。以降、この問題では質点は床の上でx軸方向にのみ運動するものする。

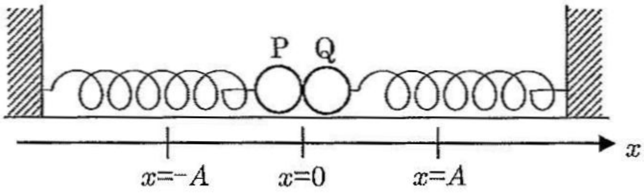


図１

いま、質点Pがついたばねを長さAだけ縮めて（図２）、$x=-A$の位置で質点Pを静かにはなす。質点Pはx=0で質点Qと１回目の衝突をする。反発係数をe（$0<e<1$）とし、２本のばねのばね定数はともにkで等しいものとして以下の問いに答えよ。

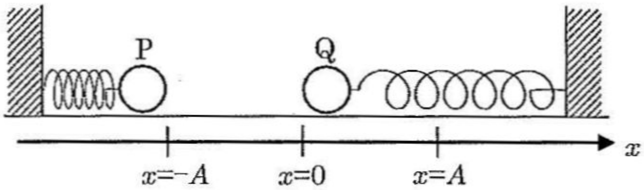


図２

問1　質点Pが質点Qに衝突する直前の質点Pの速度の大きさを求めよ。

問2　質点Pが動き始めてから、１回目の衝突直後の質点Pの速度の大きさと向き、および質点Qの速度の大きさと向きを求めよ。速度の向きに関しては、図中で右向きか左向きか正しい向きを選び解答欄の「右」または「左」を○で囲むこと。

問3　１回目の衝突で失われる力学的エネルギーの大きさを求めよ。

質点Pと質点Qは運動を続け、２回目の衝突をする。

問4　１回目に衝突してから２回目に衝突するまでにかかる時間を答えよ。

問5　２回目に衝突をする位置のx座標を答え、その位置になると答えた理由を説明せよ。

十分に時間が経過した後においても質点Pと質点Qは運動を続ける。

問6　十分に時間が経過した後の運動における質点Pの速度の大きさの最大値を求めよ。

問7　十分に時間が経過した後の運動において、２つの質点が動くxの範囲を求めよ。

問8　$e=\frac{1}{2}$の場合に対して、横軸を時間（質点Pをはなした時刻を０とする）、縦軸をx座標にとって、質点Pおよび質点Qのx座標のグラフをかけ。ただし、質点Pのグラフは実線、質点Qのグラフは破線で表し、時刻０に質点Pを静かにはなしてから３回目に衝突するまでの間のグラフをかくこと。