

A, D

平成 27 年度個別学力検査問題
(国際資源学部, 理工学部)

物 理

前 期 日 程

注 意 事 項

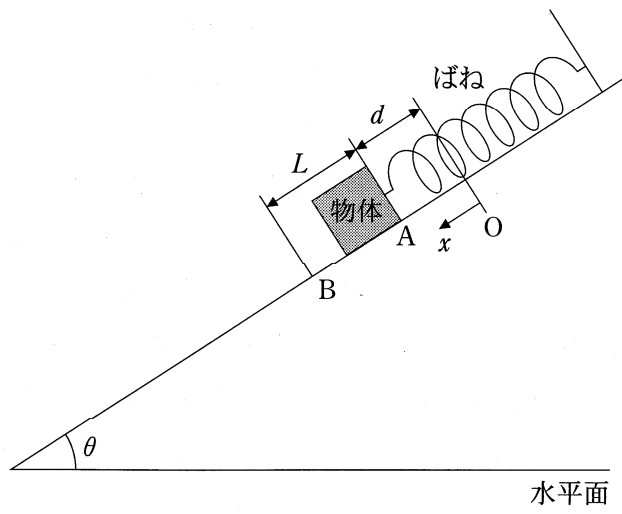
- 1 試験開始の合図があるまで, この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は 10 ページあります。解答用紙は 1 枚あります。
問題は I から IV まで 4 題あります。ただし, IV は問題 A または B のいずれかを選択して解答しなさい。
試験中に問題冊子の印刷不鮮明, ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 監督者の指示に従って, 解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 4 解答は, 解答用紙の該当欄に記入しなさい。
- 5 配付された解答用紙は, 持ち帰ってはいけません。
- 6 試験終了後, 問題冊子は持ち帰りなさい。

I 次の文章中の空欄①～⑥、⑧、⑨を数式で埋め、空欄⑦は(ア)～(エ)のうちから正しいものを一つ選び、解答欄に記入しなさい。

図のように水平面と角度 θ をなす斜面上に、ばね定数 k のばねが上端を固定されて置かれている。また、ばねの下端に質量 m の物体がつるされている。自然長のばねの下端の位置を原点 O として、斜面に沿って下向きに x 軸をとる。重力加速度の大きさを g 、円周率を π とする。ばねの質量、物体と斜面との摩擦、空気抵抗は無視できるものとする。

(i) 物体は静止してつり合いの状態になっている。このときのばねの下端の位置を点 A とする。ばねの自然長からの伸び d は、物体にはたらく斜面方向の力のつり合いから、 m 、 g 、 k 、 θ を用いて、 $d = (\text{①})$ と表される。次に、物体を手で斜面に沿って下方に引き、ばねの下端の位置を点 A から点 B まで移動させて静止させた。このとき、ばねの弾性力による位置エネルギーの変化 ΔE_1 は、 k 、 d と移動させた距離 L を用いて、 $\Delta E_1 = (\text{②})$ である。また、点 A から点 B に移動させたときの物体の重力による位置エネルギーの変化 ΔE_2 は、 m 、 g 、 L 、 θ を用いて、 $\Delta E_2 = (\text{③})$ である。したがって、物体を斜面に沿って L だけ下方に引く際に要した仕事 W は、 k 、 L を用いて、 $W = (\text{④})$ である。

(ii) 点 B まで引いていた物体から手を静かにはなしたところ、物体は斜面上で角振動数 ω の単振動をした。ここで、この単振動の周期 T は、 ω と π を用いて、 $T = (\text{⑤})$ と表される。また、 k と ω の間には $k = m\omega^2$ の関係がある。したがって、単振動の周期 T は、 m 、 k 、 π を用いて、 $T = (\text{⑥})$ と表すことができる。物体の速さは、ばねの下端の位置が(⑦ (ア) $x = 0$ 、(イ) $x = \frac{d}{2}$ 、(ウ) $x = d$ 、(エ) $x = d + L$)において最大となり、そのときの物体の速さ v は、 L 、 m 、 k を用いて、 $v = (\text{⑧})$ である。また、手をはなしてから物体が最大の速さになるまでに要する最小の時間 t は、 m 、 k 、 π を用いて、 $t = (\text{⑨})$ である。



II 次の文章中の空欄①, ②を語句で埋め, ③, ⑦は(ア)~(ウ)のうちから正しいものを一つ選び, ④~⑥, ⑧, ⑨を数式で埋め, 解答欄に記入しなさい。

図1のように光源, スリット S_1 およびスクリーンを設置し, S_1 からスクリーンに対して下した垂線とスクリーンとの交点を点 Q とする。また, 直線 S_1Q に対して平行を保ったまま上下に動かすことができる十分に大きな鏡を配置し, 鏡面の延長とスクリーンとの交点を点 M とし, MQ 間の距離を h とする。点 P はスクリーン上の点であり, MP 間の距離を x ($x > h$) とする。ここで, スリット設置面とスクリーンとの距離を L とし, L は x に比べて十分大きいものとする。

(i) 光源から波長 λ の単色光を S_1 に照射すると, 光は S_1 を通過しその背後に回り込む。この現象を(①)という。また, S_1 を通過した光のうち, スクリーンに直接到達する光と鏡面で反射してスクリーンに到達する光が, 強め合ったり弱め合ったりすることで, スクリーン上に明暗の縞模様しまが現れる。この現象を(②)という。

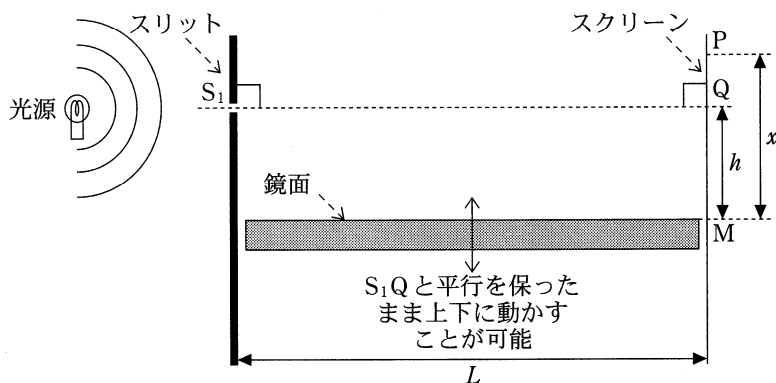


図1

(ii) 図2のように、点Pに到達する光について考える。鏡面で反射して点Pに到達する光が、鏡面上で反射する点を点Rとすると、直線PRの延長とスリット設置面の交点を仮想的なスリット S_2 を仮定することができる。このとき、 S_1 と S_2 から点Pに到達した2つの光の経路差 $|S_1P - S_2P|$ によって、(②)が起こると考えることもできる。ここで、鏡面で反射した光の位相が反転することを考慮すると、点Pに明線が現れるための条件は、 $m = 0, 1, 2 \dots$ として、 $|S_1P - S_2P| =$ (③) (ア) $2m \frac{\lambda}{2}$, (イ) $(2m + 1) \frac{\lambda}{2}$, (ウ) $m \frac{\lambda}{2}$)である。さらに、 S_1S_2 間の距離を d とすると、 $|S_1P - S_2P| \approx \frac{xd}{L}$ と近似できることから、 x は m, λ, d, L を用いて表すと(④)となる。また、 d は h を用いて(⑤)となることから、隣り合う明線の間隔を λ, h, L を用いて表すと(⑥)となる。

(iii) 隣り合う明線が点Pと点Qに現れているとき、点Qに到達する光の経路差は点Pに到達する光の経路差よりも(⑦) (ア)半波長, (イ)1波長, (ウ)2波長)だけ短い。ここで、 $m = 1, 2, 3 \dots$ として、点Pに到達する光の経路差が(③)と表されるとき、 h は m, λ, L を用いて(⑧)と表すことができる。さらに、鏡を下方へ静かに動かしたところ、点Q上の光は一度暗くなった後に再び点Qに明線が現れた。このときの鏡の移動した距離は h, λ, L を用いて(⑨)と表される。

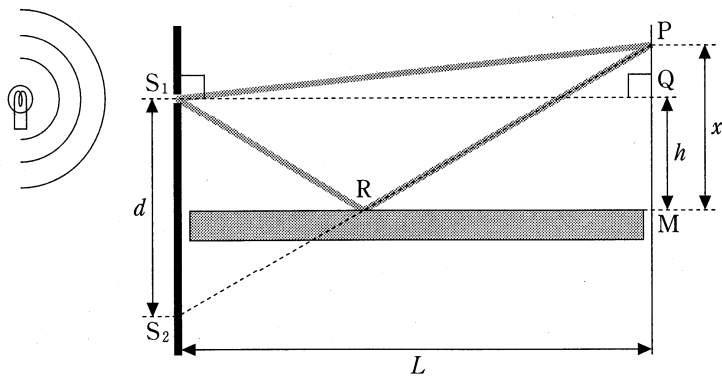


図2

Ⅲ 次の文章中の空欄①，②，⑥～⑨，⑫を数値で，③と④を語句で，⑤，⑩を数式で埋め，⑪は(ア)～(ウ)のうちから正しいものを一つ選び，解答欄に記入しなさい。なお，数値は有効数字2桁で答えなさい。

(i) 図1は，ある電球の電流電圧特性である。この電球に1.4 Aの電流が流れたときの電球の抵抗値は(①) [Ω]である。この抵抗値は，1.2 Aの電流が流れたときの抵抗値の(②)倍である。電流により発生する熱を(③)熱といい，温度の上昇とともにフィラメント内部の金属イオンの熱振動は激しくなり，(④)の運動が妨げられるようになる。したがって，フィラメントの抵抗率は増加し，図1のような非直線抵抗特性が生じる。

(ii) この電球と，電池，可変抵抗R，コンデンサーCおよびスイッチSを用いて，図2のような回路を組んだ。電池の内部抵抗は 5.0Ω ，起電力は6.0 Vである。Sが開いている状態で十分に時間が経過したとき，電球を流れる電流を I ，電球の両端の電圧を V と表すと， I と V の関係式は(⑤)となる。この関係式と図1の電流電圧特性の交点より， V の値は(⑥) [V]， I の値は(⑦) [A]となる。

(iii) 次に，スイッチSを1側に接続してから十分に時間が経過したとき，電球を流れる電流は0.50 Aであった。このときの可変抵抗Rを流れる電流は(⑧) [A]であり，Rの抵抗値は(⑨) [Ω]である。また，Rの抵抗値を 10Ω としたとき， I と V の関係式は(⑩)となる。

(iv) コンデンサーCに電荷は蓄えられておらず，可変抵抗Rの抵抗値を 10Ω とした状態において，スイッチSを1から2に切り替えた。Sを2側に接続した直後の電球の明るさは(⑪) (ア)明るくなる，(イ)暗くなる，(ウ)変わらない)。また，その後十分に時間が経過した状態において，電球が消費する電力は(⑫) [W]である。

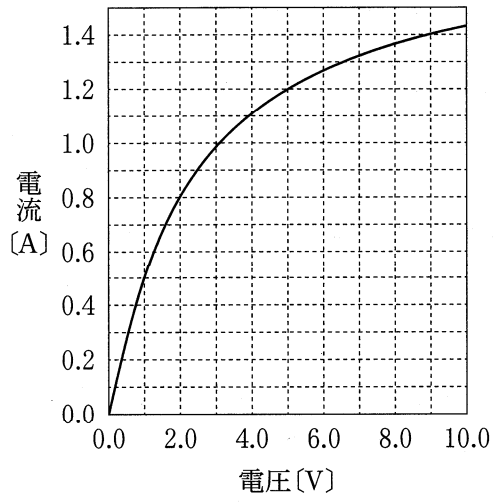


图 1

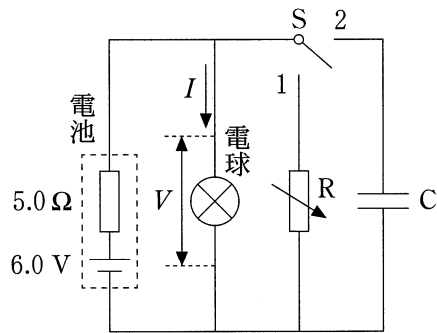


图 2

IV 問題Aと問題Bのいずれかを選択して解答しなさい。なお、解答欄にある、選択した問題の記号AまたはBを○で囲みなさい。

《問題A》

次の文章中の空欄①～⑦を数式で埋め、解答欄に記入しなさい。ただし、気体定数を R [J/(mol·K)]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

単原子分子の理想気体 n [mol] を、質量 M [kg]、断面積 S [m²] のなめらかに動くピストンと温度調節器を備えた円筒容器に入れた。容器内部のピストンの上にはばね定数 k [N/m] のばねがあり、ばねの一端は円筒容器の上にある天井に固定されている。なお、大気圧を p_0 [Pa] とし、温度調節器は気体の加熱のみ行い、容器とピストンは熱を伝えないものとする。また、ばねの質量は無視できるものとする。

図1のように、気体の温度が T_1 [K]、体積が V_1 [m³] のとき、ばねの長さは自然長であった。この状態を状態Iとする。状態Iでの気体の圧力 p_1 [Pa] は、 p_0 、 M 、 S 、 g を用いて (①) [Pa] と表され、容器の底からピストンまでの高さ h_1 [m] は、 p_1 、 T_1 、 n 、 S 、 R を用いて (②) [m] と表される。

次に、図2のように温度調節器によって気体をゆっくりと加熱し、熱量 Q [J] を加えたところ、容器内の気体の温度は T_2 [K] となり、体積は V_2 [m³] に増加し、ばねが縮んだ。このときの容器の底からピストンまでの高さは h_2 [m] であった。この状態を状態IIとする。状態Iから状態IIへ変化したとき、容器の底からピストンまでの高さの変化 Δh [m] は、 V_1 、 V_2 、 S を用いて (③) [m] と表され、状態IIでの気体の圧力 p_2 [Pa] は、 p_0 、 M 、 S 、 g 、 k 、 Δh を用いて (④) [Pa] と表される。状態Iから状態IIの変化の間に気体がした仕事を W [J]、内部エネルギーの変化を ΔU [J] とすると、熱力学第1法則から、熱量 Q [J] は、 W 、 ΔU を用いて (⑤) [J] と表される。このとき、気体がした仕事 W [J] は、 p_1 、 p_2 、 V_1 、 V_2 を用いて (⑥) [J] と表され、内部エネルギーの変化 ΔU [J] は、 T_1 、 T_2 、 n 、 R を用いて (⑦) [J] と表される。

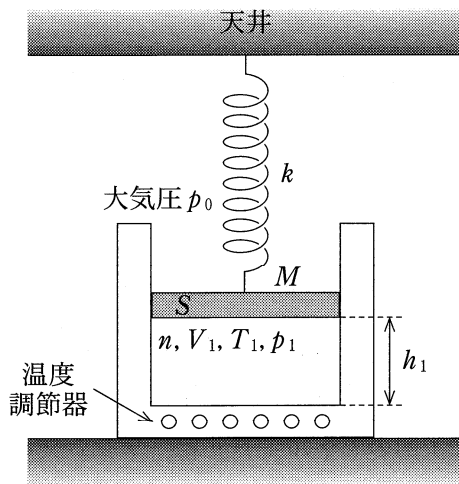


図1 状態Ⅰ

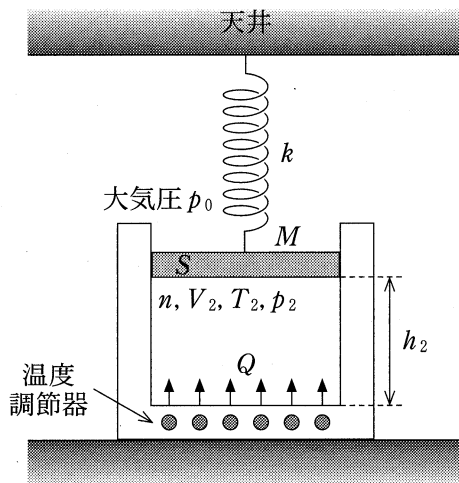


図2 状態Ⅱ

《問題 B》

次の文章中の空欄①, ②を語句で埋め, ③, ⑤, ⑥を数式で埋め, ④は(ア), (イ)のうちから正しいものを一つ選び, ⑦は(ア)~(エ)のうちから正しいものを一つ選び, 解答欄に記入しなさい。

(i) 金属などの物質に波長の短い光を当てたとき, 金属から電子が外部に飛び出てくる現象を(①)という。また, このとき飛び出てくる電子を(②)という。この現象は, 光は光子(光量子)と呼ばれる粒子の集まりであり, 振動数が ν である光子の1個のエネルギー E は, プランク定数を h とすると(③)で与えられる, という光量子説で説明される。金属から1個の電子を取り出すために必要な最小のエネルギー(仕事関数)を W とすると, (④ (ア) $E > W$, (イ) $E < W$)のときに, 金属から電子が飛び出ることになる。

(ii) さまざまな振動数の光を金属 A に当て, 光の振動数 ν と, 飛び出てくる電子の運動エネルギーの最大値 K_0 との関係を調べると, 図1のようになった。図中の ν_0, ν_1, k_1 を用いると, プランク定数 h は(⑤), 金属 A の仕事関数 W_A は(⑥)となる。次に, 仕事関数 $W_B (W_B > W_A)$ の金属 B においても, ν と K_0 との関係を調べた。2つの金属 A, B における ν と K_0 との関係を表したグラフとして最も適当なものは, 図2の(⑦)である。ただし, 図2において, 実線が金属 A, 破線が金属 B を表すものとする。

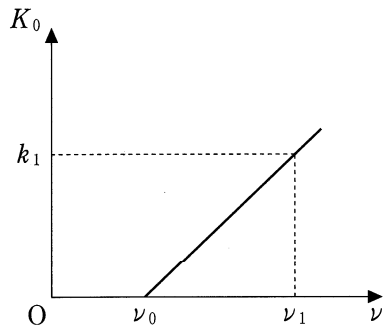


图 1

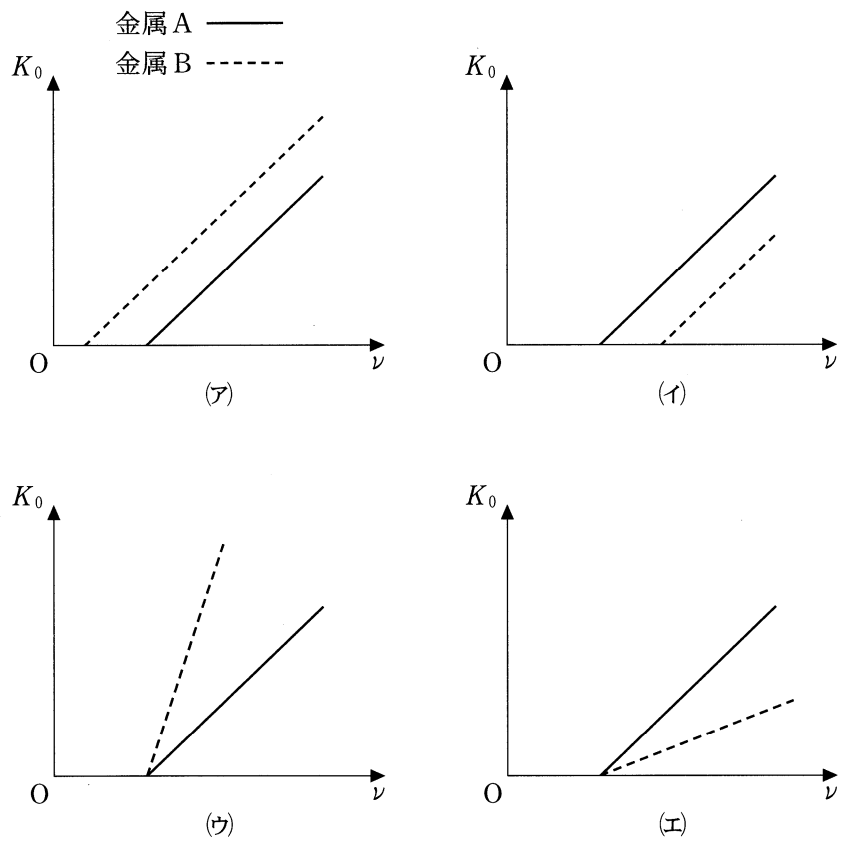


图 2