

平成 28 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～ 18 ページ

化 学 19 ページ～ 31 ページ

生 物 32 ページ～ 46 ページ

地 学 47 ページ～ 54 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄には受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ必ず記入しなさい。その他の欄には記入してはいけません。
3. 選択科目として届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、各学部・学科ごとに異なるので、各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は持ち帰ってかまいません。
8. 落丁、乱丁、または印刷の不備なものがあったら申し出なさい。

物 理

注意 1. 志望学部・学科により、以下に示す番号の問題を解答すること。

志望する学部・学科	解答する問題番号
国際教養学部 志望者のうち物理を選択する者	1 3 5 6
教育学部 志望者のうち物理を選択する者	1 3 5
理学部 物理学科志望者	2 4 5 6
理学部 地球科学科志望者のうち物理を選択する者	1 3 5 6
医学部 志望者のうち物理を選択する者	2 4 6
看護学部 志望者のうち物理を選択する者	1 3 5
工学部 建築学科、機械工学科、電気電子工学科、情報画像学科志望者	2 4 6
工学部 都市環境システム学科、メディカルシステム工学科、ナノサイエンス学科、共生応用化学科、画像科学科志望者、およびデザイン学科志望者のうち物理を選択する者	1 3 5
園芸学部 志望者のうち物理を選択する者	1 3 5
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 物理学関連分野志望者	2 4 5 6
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 物理化学・生命化学関連分野志望者のうち物理を選択する者	1 3 5 6
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 工学関連分野(電気電子工学科および情報画像学科)志望者	2 4 6
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 工学関連分野(ナノサイエンス学科および画像科学科)志望者	1 3 5

2. 解答はすべて所定の解答用紙に記入すること。
3. 問題文中に特に指示がない限り、結果のみを解答用紙の該当する欄に記入すること。

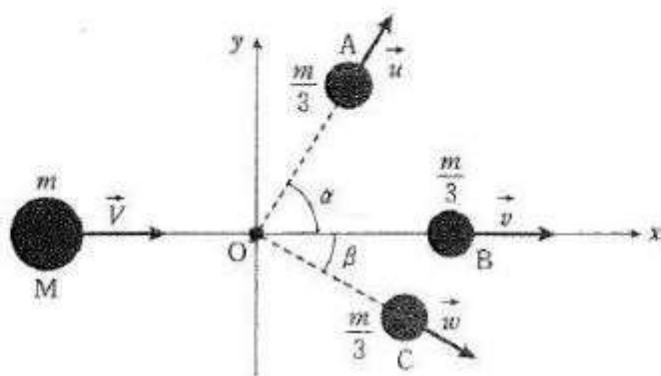
- 1 図のように、 x 軸の正の向きに速度 \vec{V} で進んできた質量 m の物体Mが、内部にある少量の火薬の爆発によって、点Oで質量 $\frac{m}{3}$ の3つの物体A, B, Cに分裂した。その後、物体A, B, Cは x - y 平面内を進んだ。物体Bは初めの進行方向と同じ向きに進み、物体A, Cは図のように x 軸の正の方向となす角度 α , β の向きにそれぞれ進んだ。分裂直後の物体A, B, Cの速度はそれぞれ \vec{u} , \vec{v} , \vec{w} であった。物体M, A, B, Cの速さをそれぞれ V , u , v , w とし、以下の問いに答えなさい。

問1 物体Mの速度 \vec{V} を物体A, B, Cの速度 \vec{u} , \vec{v} , \vec{w} を用いて表しなさい。

問2 速さ u を w , α , β を用いて表しなさい。

問3 角度 α が 60° , β が 30° の場合について、速さ u と w の比 $\frac{u}{w}$ を求めなさい。

問4 角度 α と β が等しくなる場合について、速さ v を V , u , α を用いて表しなさい。



図

分裂前の物体 M の持つ運動エネルギーは E であった。 xy 平面内を運動する物体 A, B, C の全運動エネルギーには、火薬の爆発によって新たに $2E$ の運動エネルギーが加わったとする。 $\alpha = \beta$ となる場合を考え、以下の問いに答えなさい。

問 5 物体 M のもっていた運動エネルギー E を、 m, u, v を用いて表しなさい。

ここで、 $\alpha = \beta = 60^\circ$ となる場合を考える。

問 6 速さ u, v, w を、それぞれ、 V を用いて表しなさい。

問 7 物体 A, B, C の運動エネルギー E_A, E_B, E_C を、 E を用いて表しなさい。

- 2 図1のような途中がループしているレールがある。レールの太さは無視できるものとし、ループBCDEは鉛直面をなす半径 r の円軌道になっている。点Aから初速0で出発した質量 m の小球Pの運動を考える。点Aの水平面GBからの高さを h として、以下の問1～問9に答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを g とし、摩擦や空気の抵抗は無視できるものとする。

問1 最初に点Bを通過するときの小球Pの速さ v_B を g 、 h を用いて表しなさい。

その後、小球Pはレールに沿って点C、D、Eを通過して運動し、再び、点Bに到達した。以下の問2～問4について、 m 、 g 、 h 、 r のうち必要な記号を用いて答えなさい。

問2 ループ最高点Dにおける小球Pの速さ v_D を求めなさい。

問3 点Dにおいて、小球Pがレールから受ける垂直抗力の大きさ N_D を求めなさい。

問4 小球Pがレールから離れずにループを一周するための h の最小値 h_1 を求めなさい。

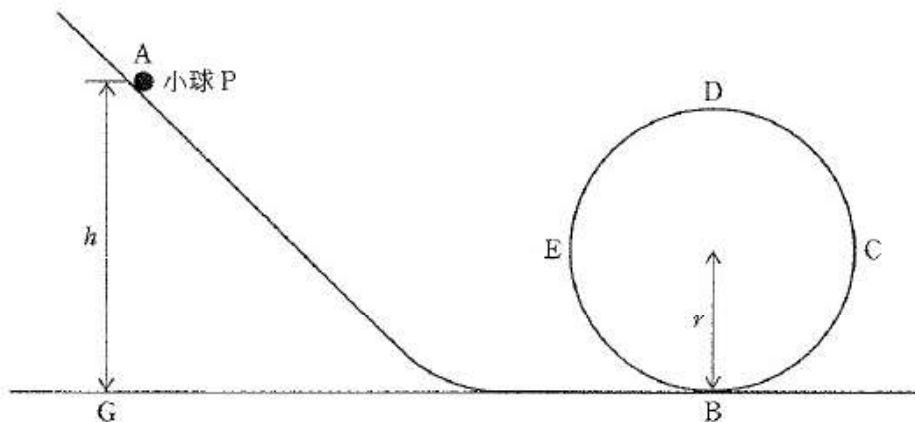


図1

次に $h < h_1$ の場合の小球 P の運動を考える。そのとき、図 2 のように小球 P は点 F において、レールから離れ、放物運動を行ったとする。そのとき、FOC のなす角を θ とする ($0^\circ < \theta < 90^\circ$)。小球 P がレールから離れた後はレールとは衝突せず、そのまま放物運動を続けるものとする。以下の問 5 ~ 問 7 について、 g 、 r 、 θ のうち必要な記号を用いて答えなさい。

問 5 小球 P が点 C に到達するための h の最小値 h_2 を求めなさい。

問 6 レールから離れる点 F における小球 P の速さ v_F を求めなさい。

問 7 このとき、点 A の高さは $h = h_F$ であった。高さ h_F を求めなさい。ただし、 $h_1 > h_F > h_2$ である。

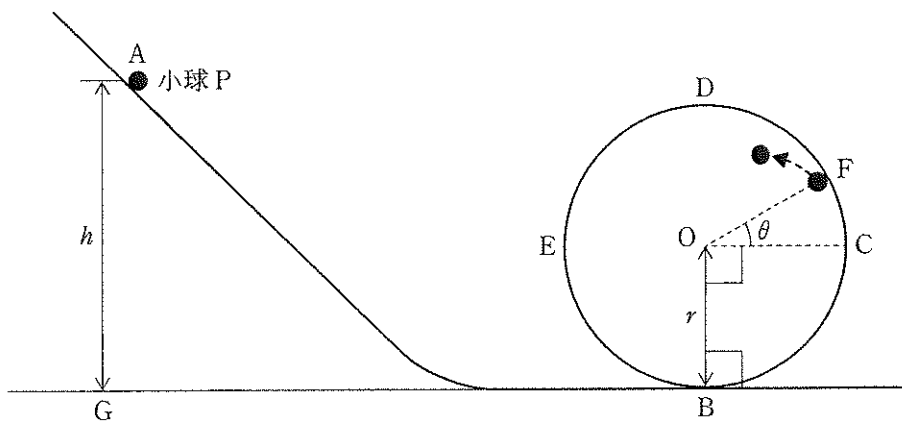


図 2

図2において、 $\theta = 30^\circ$ であった。小球Pが点Fを離れた瞬間を時刻 $t = 0$ とし、その後の時刻 t における小球Pの運動について考える。以下の問8～問9について、 g 、 r 、 t のうち必要な記号を用いて答えなさい。

問8 図3のように点Bを原点とし、水平方向を x 軸(図3の右方向を正とする)、鉛直方向を y 軸(図3の上方向を正とする)とする。小球Pが点Fを離れた後の時刻 t における小球Pの x 座標と y 座標を求めなさい。

問9 $t = T$ において $x = 0$ となった。このときの時刻 T と小球Pの y 座標を求めなさい。

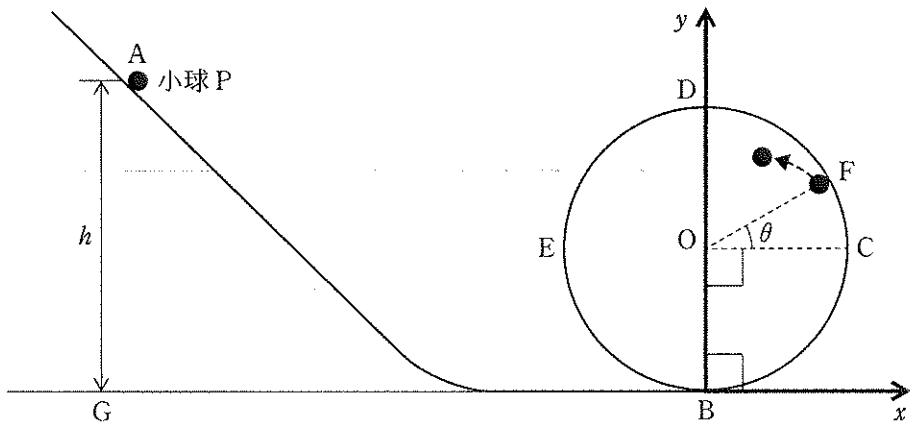


図3

- 3 図1のように、コンデンサー、コイル、2つの抵抗A、B、電池、4つのスイッチSからなる回路がある。初めにスイッチ S_1 、 S_3 、 S_4 は開いており、 S_2 は閉じていて、コンデンサーには電荷は蓄えられていないものとする。コンデンサーの電気容量は $2.0\ \mu\text{F}$ 、コイルの自己インダクタンスは $20\ \text{mH}$ 、抵抗A、Bの抵抗値はそれぞれ $10\ \Omega$ 、 $40\ \Omega$ 、電池の起電力は $10\ \text{V}$ として、以下の問いに答えなさい。ただし、電池の内部抵抗、コイルの抵抗は無視できるものとする。また、求める物理量は数値で表し、必ず単位をつけること。

まず、 S_4 を閉じた後、 S_1 を閉じた。

- 問1 S_1 を閉じた瞬間に抵抗Aに流れる電流の大きさを求めなさい。
- 問2 コンデンサーの極板間の電位差が $5.0\ \text{V}$ となったときに抵抗Aに流れる電流の大きさを求めなさい。
- 問3 S_1 を閉じてから十分に時間がたったとき、コンデンサーに蓄えられているエネルギーを求めなさい。

次に、 S_4 を開いた後、 S_3 を閉じた。

- 問4 S_3 を閉じた瞬間に抵抗Aに流れる電流の大きさを求めなさい。
- 問5 S_3 を閉じてからコイルに流れる電流は一定の割合で増大し、 0.018 秒たったときに、コイルの両端に生じた誘導起電力は $1.0\ \text{V}$ であった。このとき抵抗Aに流れていた電流の大きさを求めなさい。

S_3 を閉じて十分に時間がたった後、 S_1 を開いた。

- 問6 S_1 を開いた瞬間、抵抗Bにかかる電圧の大きさを求めなさい。

S_1 を開いて十分に時間がたった後、 S_2 を開き、 S_4 を閉じたところ、コイルとコンデンサー間に振動電流が流れた。

問 7 振動電流の振動数を求めなさい。ただし、有効数字 2 桁で答えること。

問 8 ある時刻を基準として、 $a \rightarrow b$ の向きに流れる電流の時間変化は図 2 のようになった。このとき、コンデンサーの b 側の極板に蓄えられている電荷量の時間変化を図 2 に対応するように図示しなさい。ただし、コンデンサーの b 側の極板に正の電荷がある場合を正の値とし、電荷量の値はグラフに記さなくても良い。

問 9 図 2 の点 P において、コイルに流れている電流と、コイルに蓄えられているエネルギーを求めなさい。

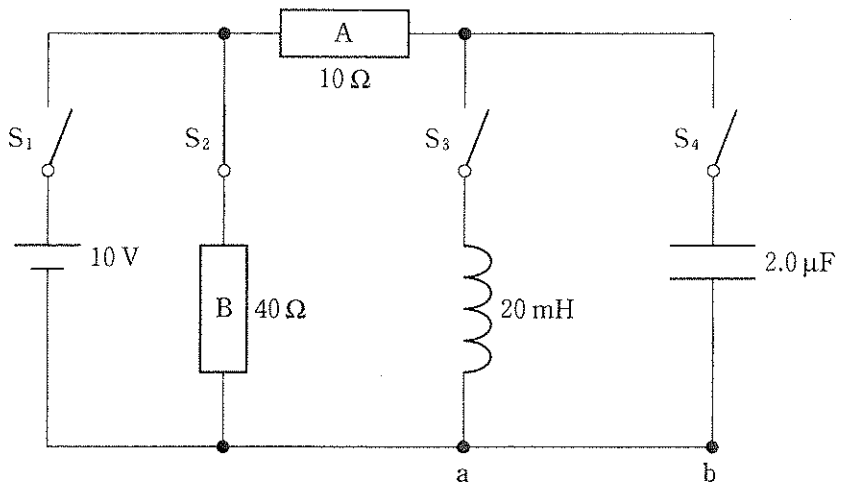


圖 1

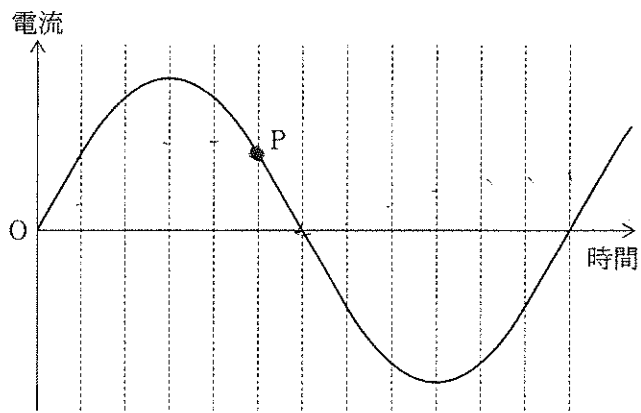


圖 2

4 以下の問いに答えなさい。

A

図1のように、真空中に、ばね定数 k のばね M を通して、長方形 $ABCD$ のコイル(長方形コイル)が天井から鉛直下向きにつるされている。長方形コイルと同一平面内に、十分長い導線 L を、長方形コイルの辺 AB と平行で、間隔が d になるように置く。ここで、導線 L は固定されて動かないとし、ばね M は自然長の状態にある。長方形コイルの水平方向の辺 AB と辺 CD の長さを d 、鉛直方向の辺 BC と辺 DA の長さを d' (d' は d に比べて十分に長い)とする。図1に示すように、導線 L に図中の左から右方向に定常電流 I を流した。真空の透磁率を μ_0 、円周率を π として以下の問いに答えなさい。ただし、長方形コイルとばね M の質量は十分に小さいので、重力の効果は無視でき、また、長方形コイルは変形しないものとする。

問 1 長方形コイルの辺 AB における磁場の大きさを求めなさい。

次に、長方形コイルを空間に固定し、長方形コイル内に定常電流 i を流した。このとき、長方形コイルには、鉛直方向で下向きの力が働いた。しかし、水平方向には力が働かなかった。

問 2 長方形コイルを流れる定常電流 i の方向は(ア)時計回り(イ)反時計回りのどちらか、図2を参考にして答えなさい。

問 3 長方形コイルが水平方向に力を受けなかった理由を以下の(ア)から(エ)の中から選びなさい。

- (ア) 辺 BC と辺 DA には力が働かない。
- (イ) 辺 BC と辺 DA に力が働くが、鉛直方向である。
- (ウ) 辺 BC と辺 DA にはそれぞれ辺の内側に向かって同じ大きさだけ力が働き、互いに打ち消す。
- (エ) 辺 BC と辺 DA にはそれぞれ辺の外側に向かって同じ大きさだけ力が働き、互いに打ち消す。

さらに、長方形コイルの固定をはずし、手でコイルを支えながら、コイル位置を導線 L の方向にゆつくりと d よりも小さい距離 s だけ移動した。移動後の様子を図 3 に示す。以下の問いに答えなさい。ただし、辺 CD の位置での磁場の大きさは十分に小さく、無視できるものとし、また手には電流が流れないものとする。

問 4 長方形コイルに働く力の合力 F を s, i, k, d, μ_0, I を用いて表しなさい。ただし、鉛直上向きを正とし、鉛直下向きを負とする。

問 5 $0 < s < d$ の範囲で、長方形コイルに働く力が釣りあう位置が存在するためには、電流 i はある値以下をもつ必要がある。その値を k, d, μ_0, I を用いて表しなさい。

問 6 問 5 で長方形コイルに働く力が釣り合うときの s をすべて求めなさい。

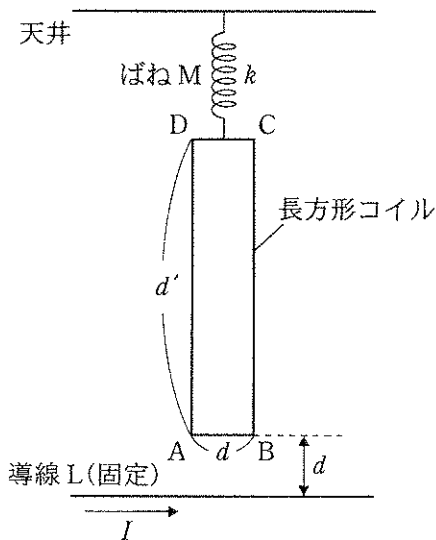


図 1

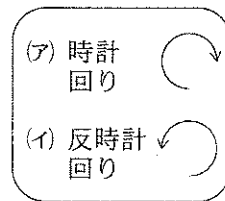


図 2

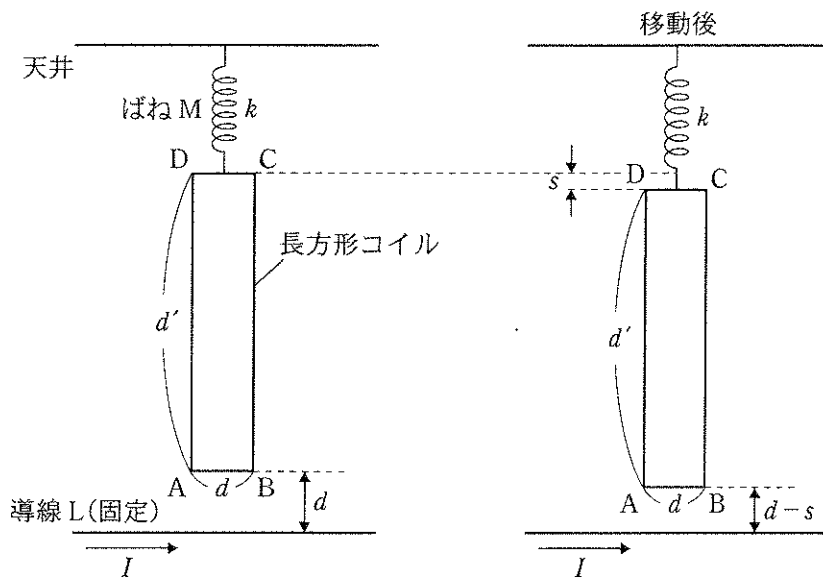


図 3

B

図4に示す回路は、内部抵抗 r 、起電力 E の電池と、pq間の抵抗値が R_1 の抵抗線および抵抗 R_2 、 R_3 から成る。点sはpq間を滑り動く接点である。この回路に関して、文中の空欄 ~ に入れるべき適切な式を答えなさい。

回路の各部分を通れる電流を I_1 、 I_2 および I_3 とし、それらの向きを図4のようにとると、電流の保存則(キルヒホッフの第1法則)より、接点sにおいて

$$\text{1} = 0 \quad (1)$$

が成り立つ。

次に、点aおよび点eの電位をそれぞれ V_a および V_e とし、aからeまでの経路 asde と経路 ae について、電位差 $V_a - V_e$ を考える。ps間の抵抗を Z とすると、経路 asde における電圧降下は電位差 $V_a - V_e$ に等しく

$$V_a - V_e = ZI_1 + \text{2} \quad (2)$$

が成り立つ。経路 ae では、起電力を考慮して

$$V_a - V_e = E - rI_1 \quad (3)$$

が成り立つ。したがって、式(2)および(3)より

$$E = \text{3} \quad (4)$$

が得られる。式(4)は、図4と見比べてみると、閉回路 asdea において、電圧降下を加え合せたものが閉回路内の起電力に等しいことを示している(キルヒホッフの第2法則)。

閉回路 abcea についても、式(4)に相当する式

$$E = \text{4} \quad (5)$$

が得られ、式(1)、(4)および(5)から回路の各部分を通れる電流を求めることができる。

その結果、 I_2 は

$$I_2 = \frac{R_2 E}{\text{5} + (2R_1 + R_2 + 2R_3)r + R_2(R_1 + R_3)}$$

と表される。さらに、図4の回路でsの位置を変化させたとき、 I_2 の大きさが最小となるZは

$$Z = \boxed{6}$$

と求められる。ただし、 R_1 と R_3 は r よりも大きいとする。

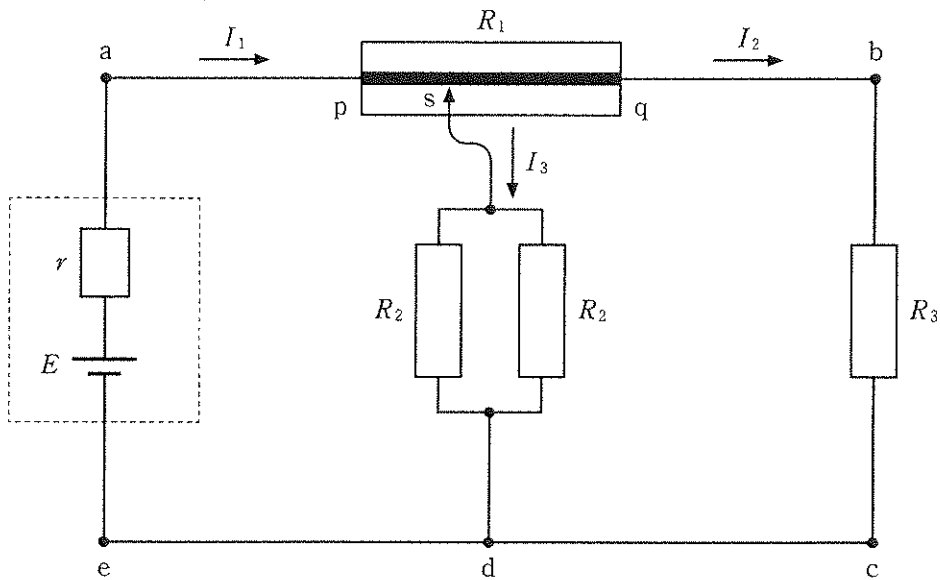


図4

- 5 屈折率 n_1 の媒質 1 と、屈折率 n_2 の媒質 2 がある。ただし、 $n_2 > n_1 > 1$ とする。

A

図 1 に示すように、平行な平面である境界面 X、Y (間隔は d) を境界として、真空、媒質 1、媒質 2 がある。媒質 2 での波長が λ の光が、境界面 Y に垂直に入射した場合を考える。ここで、境界面 Y に到達したとき、光の位相はそろっているものとする。以下の問いに答えなさい。

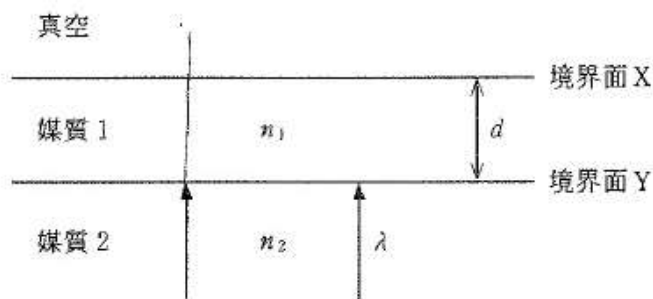


図 1

- 問 1 媒質 1 における光の波長 λ_1 を λ 、 n_1 、 n_2 を用いて表しなさい。
- 問 2 境界面 Y でも境界面 X でも反射されなかった透過光と、境界面 Y をいったん透過し境界面 X、境界面 Y の順で 1 回ずつ反射された透過光が互いに強めあう条件を、 λ 、 n_1 、 n_2 、 d 、 m ($m = 0, 1, -2, \dots$) を用いて表しなさい。
- 問 3 真空での光の速さを c としたとき、問 2 の条件を満たす光の振動数の最小値 f_1 を c 、 n_1 、 d を用いて表しなさい。

B

Aと同様に真空、媒質1、媒質2が存在し、ここでは図2のように、波長 λ の位相のそろった光が境界面Yに対して入射角 θ_2 で入射した場合を考える。ただし、入射角 θ_2 は境界面Yで全反射しない角度とする。以下の問いに答えなさい。

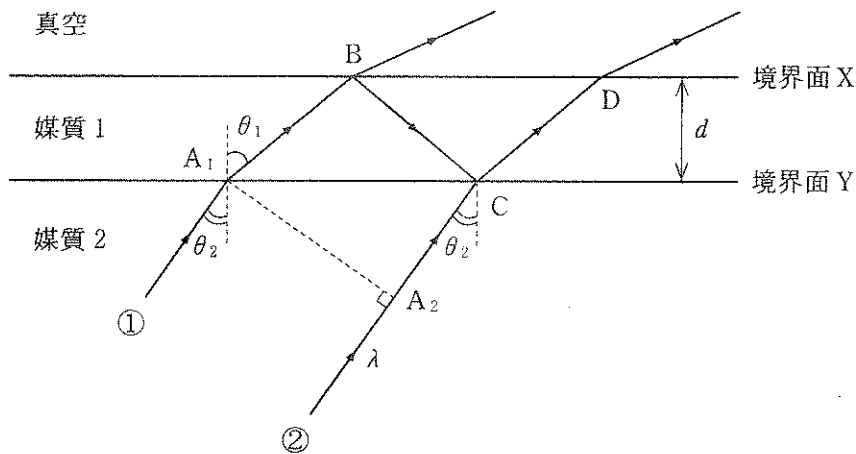


図2

- 問1 入射角 θ_2 と屈折角 θ_1 および屈折率 n_1 、 n_2 の間に成り立つ関係式を書きなさい。
- 問2 境界面Xで全反射するための条件を、 n_2 、 θ_1 、 θ_2 のうち必要なものを用いて表しなさい。
- 問3 光線①が点 A_1 から点Bで反射し点Cに至るまでと、光線②が点 A_2 から点Cに至るまでとの光路差を、 n_1 、 d 、 θ_1 を用いて表しなさい。
- 問4 光線①と光線②が強めあうための媒質1の最小の厚さ d_{\min} を、 λ 、 n_1 、 n_2 、 d 、 θ_1 を用いて表しなさい。

6 図のように断面積がそれぞれ S および $2S$ のシリンダー A, B を水平に固定し、断熱材で作られた滑らかに動くピストンを入れて伸縮しない棒で連結した。シリンダー A, B は、おのおの単原子分子理想気体で満たされており、また加熱用のヒーターが内蔵されている。図の初期状態(状態 0 とする)でピストンは静止している。このときシリンダー外部の大気圧は p_0 、シリンダー A, B 内の気体はともに温度 T 、体積 V 、シリンダー A 内の気体の圧力は p であった。

シリンダーとピストンおよび外部の間で熱の出入りはないものとして、以下の問いに答えなさい。なお、解答に用いる物理量を表す記号には問題文中に与えられているもののみを使うこと。

問 1 ピストンに働く力のつりあいを考えて、シリンダー B 内の気体の圧力を求めなさい。

次にシリンダー A 内の気体をゆっくりあたためたところ、ピストンは右に距離 x だけ移動して静止し、シリンダー A 内の気体の温度は T_1 となった。これを状態 1 とする。

問 2 状態 1 でのシリンダー A 内の気体の圧力を求めなさい。

問 3 状態 1 でのシリンダー B 内の気体の圧力を求めなさい。

問 4 状態 0 から状態 1 への変化においてシリンダー A, B 内の気体がした仕事の和を求めなさい。

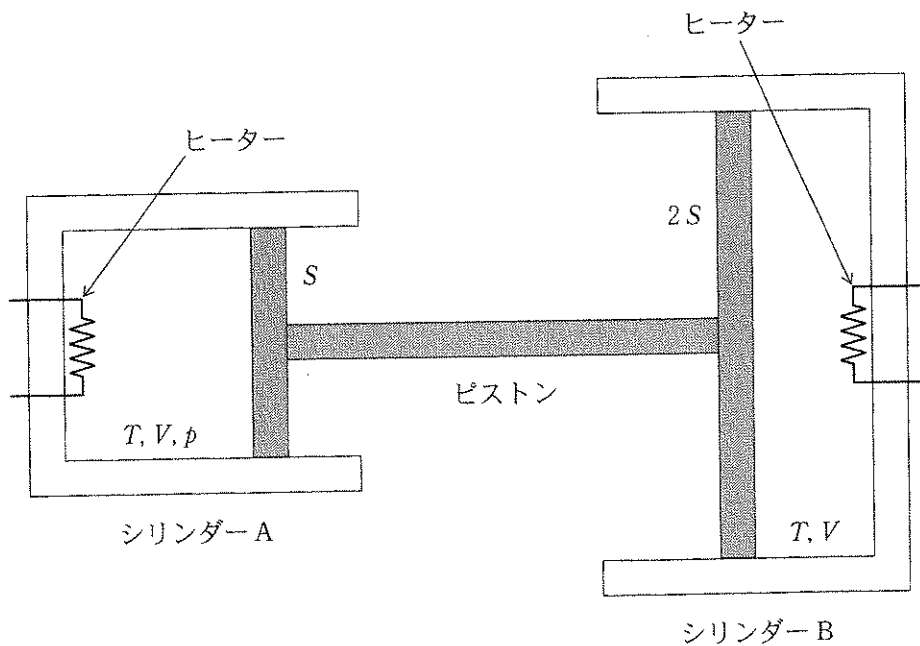
次にシリンダー B 内の気体をゆっくりあたためたところ、ピストンは左に距離 x だけ移動して初期状態のピストンの位置に戻って静止し、シリンダー A 内の気体の温度は T_2 となった。これを状態 2 とする。

問 5 状態 2 でのシリンダー A 内の気体の圧力を求めなさい。

問 6 状態 2 でのシリンダー B 内の気体の圧力を求めなさい。

問 7 状態 1 から状態 2 への変化においてシリンダー A の気体がした仕事を求めなさい。なお、単原子分子理想気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ (R は気体定数) とする。

問 8 状態 0 のときのシリンダー A の気体の圧力 p が大気圧 p_0 に等しいとき、状態 0 から状態 2 に至るまでにシリンダー A、B 内の気体に加えた総熱量を求めなさい。



大気圧 p_0

図