

平成 28 年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

物 理

学類によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

学 域	学 類	解 答 す る 問 題
人間社会学域	学 校 教 育 学 類	I, II, III (3問)
理工学域	数 物 科 学 類 機 械 工 学 類 電 子 情 報 学 類 環 境 デ ザ イン 学 類 自 然 シ ス テ ム 学 類	I, II, III, IV, V (5問)
医薬保健学域	医 学 類 薬学類・創薬科学類	III, IV, V (3問)
	保 健 学 類	I, II, III (3問)

(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 10 ページです。答案用紙は、学校教育学類、保健学類は I, II, III の 3 枚、数物科学類、機械工学類、電子情報学類、環境デザイン学類、自然システム学類は I, II, III, IV, V の 5 枚、医学類、薬学類・創薬科学類は III, IV, V の 3 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しなさい。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ってください。

I [学校教育学類, 数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類,
自然システム学類, 保健学類]

以下の文章が正しい記述となるように, (1), (2), (3),
(6), (7) の中に適切な語句, 式あるいは値を記入しなさい。
(4), (5), (8), (9) は()の選択肢から適切なもの
を選び解答欄の選択肢に○をつけなさい。(10)の中には以下の{ }内の語句
を選択し記入しなさい。

{温度, 電界, 磁界, 電圧, 真空度, 圧力}

19世紀末ころ, 放電管内を陰極から陽極の方に向かって流れているものを
(1) といったが, その正体は不明であった。1897年, J. J. トムソンは,
(1) は負の電荷を持った粒子の流れであると結論した。このJ. J. トムソンの
実験について考えてみよう。

(1) は負に帯電した粒子の流れであると仮定すると, 粒子が陰極から陽極
に向かって移動する途中で, 電界や磁界をかけることにより (1) は曲げられ
るはずである。図1のように, 粒子が $+z$ 方向に速さ v [m/s]で飛び出すとしよう。
この粒子の質量を m [kg], 電気量を $-e$ [C] ($e > 0$)とする。図のように, 大
きさが一様な磁束密度 B [T]の磁界がかかっている。ただし, 粒子はじゅうぶんに
速く磁界や電界の影響を短い時間だけ受けるとし, 重力の影響は無視できると
する。

電極間の電位差がゼロのとき, 粒子は磁界から大きさ (2) [N]の
(3) 力を受け (4)($+x, -x, +y, -y$) 方向に軌道が曲がる。つぎに,
磁界によって生じた力を打ち消すために, 電極間に電位差を作り, 強さが
 E [V/m]の一様な電界を (5)($+x, -x$) 方向にかける。このとき, 電界により
粒子は大きさが (6) [N]の力を受ける。このため, 粒子が電界から受ける静
電気力と磁界から受ける (3) 力が釣り合って, 直進するとき,
 $v =$ (7) [m/s]となる。J. J. トムソンは, このような実験から, この負に帯
電した粒子の比電荷を求めることに成功した。J. J. トムソンの実験以前に, 正に帯

電した粒子の比電荷は測定されていた。しかし J. J. トムソンが得た負に帯電した粒子の比電荷は、それらの値に比べて (8)(非常に大きい・同じ・非常に小さい) 値であった。つまり、負の電荷は (9)(非常に重い・同じ重さの・非常に軽い) 粒子によって運ばれていることになる。

このような実験の場合、放電管の (10) がじゅうぶん高くないと、放電管内の気体と負に帯電した粒子の衝突によって粒子の軌道が影響を受けるために、(10) によって異なった実験結果が得られることになる。放電管の (10) をじゅうぶん高くすることは、J. J. トムソンの実験で決定的に重要であった。このようにして、(1) の正体をめぐっては意見が対立していたが、J. J. トムソンが決着をつけたのである。

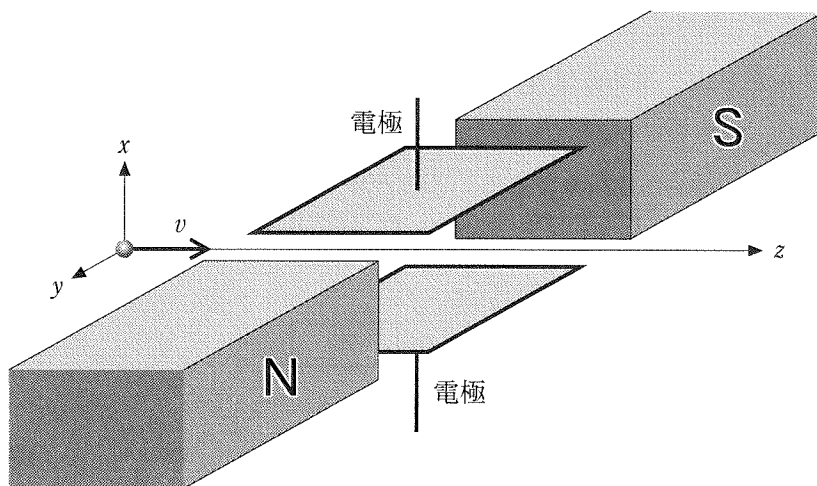


図 1

II [学校教育学類, 数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 保健学類]

図2 aのように, 上側の領域には透明な媒質1が, 下側の領域には透明な媒質2が満たされており, 水平な境界面で隔てられている。媒質1の中の光の速さを v_1 [m/s], 媒質2の中の光の速さを v_2 [m/s]とする。媒質1から媒質2へ平面波の単色光を入射させると光の一部は屈折した。

問1 図2 aに基づいて, 屈折の法則を説明する下の文章が正しい記述になるように, 文中の に式を記入しなさい。

光が媒質1から角度 i [rad]で, 境界面に入射する。入射波の波面の一端BがDに達するのに要した時間を t [s]とすると, BDの長さは (1) [m]となる。この間にAから出た素元波はAを中心とする半径 (2) [m]の円の周上まで進んでいる。AからCへ向かう方向が屈折波の進行方向となり, これと境界面の法線となす角 r [rad]が屈折角である。このとき,

$$BD = \text{ (1) } = AD \times \text{ (3) }$$

と

$$AC = \text{ (2) } = AD \times \text{ (4) }$$

より, 屈折の法則

$$\frac{\text{ (3) }}{\text{ (4) }} = \frac{v_1}{v_2} = n_{12}$$

が導かれる。この n_{12} を媒質1に対する媒質2の相対屈折率という。

特に, 光が真空から媒質に入射した場合の相対屈折率を絶対屈折率という。ある媒質の絶対屈折率 n をその媒質中の光の速さ v [m/s]と真空中の光の速さ c [m/s]で表すと, $n = \text{ (5) }$ となる。また, 相対屈折率 n_{12} を媒質1の絶対屈折率 n_1 と媒質2の絶対屈折率 n_2 を用いて表すと $n_{12} = \text{ (6) }$ となる。

次に、図 2 b のように、媒質 2 でできた円柱のまわりを媒質 1 でできた円筒で包んだ透明な棒が真空中に置かれている。円柱と円筒の中心軸は一致しており、棒の端面は中心軸に対して垂直である。真空側から棒の端面の中心に向けて、中心軸となす角が i_0 [rad] の方向から細く絞られた光を入射させた。媒質 1 と媒質 2 の絶対屈折率をそれぞれ n_1 , n_2 ($n_2 > n_1$) として以下の問いに答えなさい。

問 2 媒質 2 を伝わる屈折波の屈折角を θ [rad] とするとき、 $\sin \theta$ を n_2 と i_0 を用いて表しなさい。

媒質 2 を伝わる屈折波が、媒質 2 と媒質 1 の境界で全反射するためには、その境界での入射角が臨界角 ϕ [rad] よりも大きくなければならない。

問 3 $\sin \phi$ を n_1 と n_2 を用いて表しなさい。

問 4 全反射する場合の $\sin i_0$ の上限値を n_1 と n_2 を用いて表しなさい。

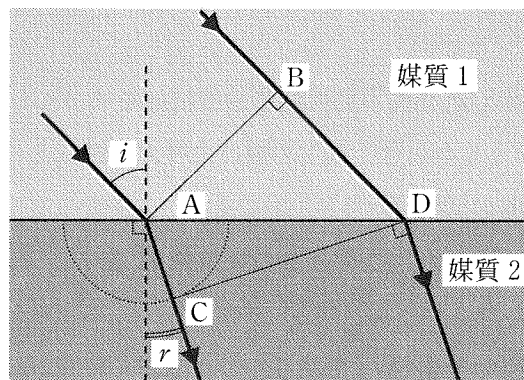


図 2 a

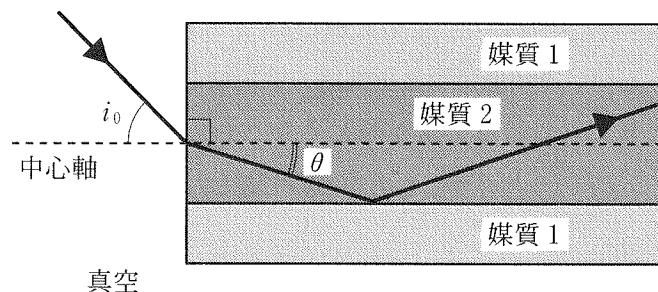


図 2 b

Ⅲ [学校教育学類, 数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類,
自然システム学類, 保健学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類]

図3のように, 抵抗値が R_x , $2R_0$, R_0 [Ω] の3つの抵抗器, 電気容量が C_0 , C_x [F] の2つのコンデンサー, 可変抵抗器, 内部抵抗 r [Ω] を持つ電池, 2つのスイッチ SW_1 , SW_2 , 電圧計を接続する。電圧計の内部抵抗はじゅうぶん大きいとし, はじめはコンデンサーには電荷が蓄えられていないものとする。

問1 可変抵抗器の抵抗値を R [Ω] とする。 SW_1 , SW_2 が開いているとき, AB間の抵抗値 R_{AB} [Ω] を答えなさい。

問2 SW_1 を閉じてじゅうぶん時間が経過したとき, AB間の電位差は V [V] であった。電気容量が C_0 のコンデンサーに蓄えられる電気量を答えなさい。

問3 問2のとき, V と電池の起電力との差が, 電池の起電力の1%以内となる内部抵抗 r の条件を, R_{AB} を用いて答えなさい。

次に, SW_1 を閉じたまま可変抵抗器の抵抗値をゆっくりと変化させた。 R_x および C_x を未知の値としたとき, 以下の問いに答えなさい。

問4 可変抵抗器の抵抗値が $3R_0$ [Ω] のとき, AB間の電位差は V_0 [V], 電圧計の示す値は0であった。このときの抵抗値 R_x を R_0 , V_0 , C_0 のうち必要なものを用いて表しなさい。

問5 問4の状態のまま SW_2 を閉じ, じゅうぶん時間が経過したとき, 電気容量が C_0 のコンデンサーに蓄えられる電気量を答えなさい。

問6 R_x が問4の値から ΔR [Ω] 増加するとAB間の電位差は V_1 [V], 電圧計の示す値は V_2 [V] となった。このときの ΔR を答えなさい。

問7 SW_2 を閉じた状態で可変抵抗器の抵抗値が R_C [Ω] のとき, 2つのコンデンサーに蓄えられる電気量が等しくなった。このときの電気容量 C_x を R_0 , R_C , V_0 , C_0 のうち必要なものを用いて表しなさい。

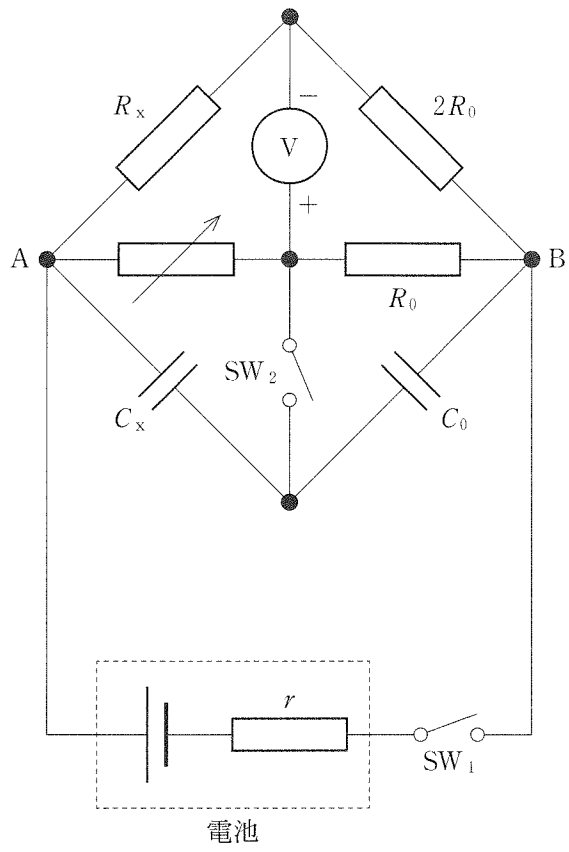


圖 3

IV [数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類]

図4に示すように, 水平な地面から高さ h [m] にある x 軸と平行なレールに, 質量の無視できるばねが取り付けられている。ばねは, 左端が固定されていて, 右端が原点 O の直上にあるときに自然長であり, レールから離れることなく滑らかに伸び縮みできる。そのばねを使って, 猿が地面の x 軸上の $-x_0 < x < x_0$ [m] に広がる池を飛び越えようとしている。ばねの先端をつかんだ質量 m [kg] の猿が, $x = -x_0$ [m] の位置までばねを縮めた状態でレールをつかんで待機している。猿が時刻 $t = 0$ [s] に初速度が 0 となるようにレールから手を離すと, 猿はばねとともに単振動をはじめた。ばね定数を k [N/m], 重力加速度の大きさを g [m/s²] として以下の問いに答えなさい。ただし, 猿は質点とみなせるとする。

問 1 単振動の周期を答えなさい。

問 2 猿が単振動している間の x 座標を時刻 t の関数として表しなさい。

問 3 猿が単振動している間の速さの最大値を答えなさい。

猿は単振動をしている最中に, 時刻 t_1 [s] にばねからそっと離れたところ, 放物線を描きながら落下した。

問 4 猿がばねから離れた瞬間の x 方向の速度を答えなさい。

問 5 猿が地面に着地したときの x 座標を答えなさい。

問 6 猿が地面に着地したときの x 座標の最大値を答えなさい。必要であれば下記
の公式を用いなさい。

$$\text{公式: } A \sin \alpha + B \cos \alpha = \sqrt{A^2 + B^2} \sin(\alpha + \beta) \text{ (ただし, } \tan \beta = \frac{B}{A} \text{)}$$

猿が最初の1周期のうちにばねから離れた。以下の問いでは, ばね定数を $k = \frac{mg}{6h}$ [N/m] とする。

問 7 着地点の x 座標が最大値になるとき, ばねから離れた時刻を答えなさい。

問 8 猿は池に落ちずに地面の $x \geq x_0$ に着地した。猿がばねから離れた時刻 t の
範囲を答えなさい。

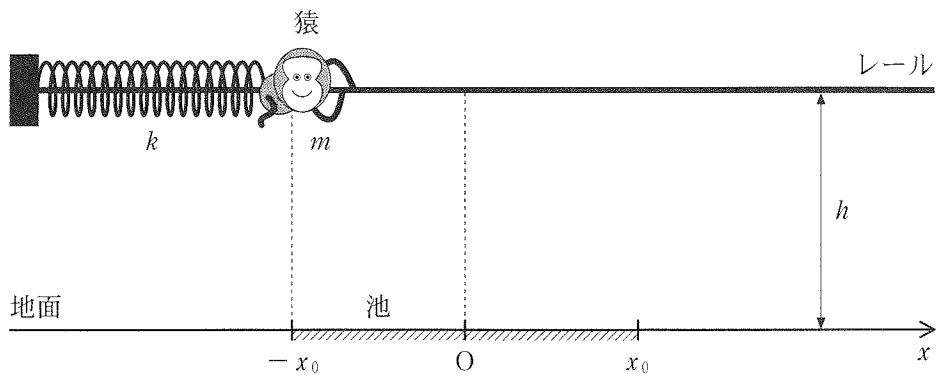


図 4

V [数物科学類, 機械工学類, 電子情報学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類]

図5 aのように断面積 $S[\text{m}^2]$, 高さ $L[\text{m}]$ の鉛直円筒容器と, 滑らかに動くことができ質量および厚みを無視できるピストンが, $n[\text{mol}]$ の単原子分子の理想気体を密封している。気体には熱を加えることができるようになっている。円筒容器とピストンはいずれも断熱材でできており, また気体が密封されている部分以外の空間は真空である。はじめに質量 $m[\text{kg}]$, 高さ $\frac{L}{2}$ のおもりがピストンに載せられており, ピストンは円筒容器の底から $\frac{L}{3}$ の高さで静止している。また円筒容器の上部にはピストン上のおもりが通り抜けられる大きさの穴が開いており, 質量 m のもう一つのおもりが載せられている(状態 A, 図5 a)。重力加速度を $g[\text{m/s}^2]$, 気体定数を $R[\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$ とする。

理想気体を以下のような過程で状態変化させた。

(過程 I) ゆっくりと気体を加熱すると気体の体積が増加していき, やがてピストン上のおもりが円筒容器上のおもりに接した(状態 B)。

(過程 II) ピストンが2つのおもりを載せたまま上昇を開始する直前まで, 気体を加熱し続けた。

(過程 III) 気体をさらに加熱するとピストンが上昇を開始した(状態 C)。ピストンが円筒容器上部に接したところで加熱を止めた(状態 D)。図5 bは過程 IIIの途中の状態を示している。

(過程 IV) ピストンに外力を加えて気体を状態 Bと同じ体積になるまでゆっくりと圧縮した(状態 E)。

問 1 状態 A の気体の圧力を答えなさい。

問 2 状態 A の気体の温度を答えなさい。

問 3 過程 I の変化を何というか答えなさい。

問 4 過程 I で気体がした仕事を答えなさい。

問 5 過程 I で気体に加えられた熱量を答えなさい。

問 6 過程 I での気体の内部エネルギーの増加分を答えなさい。

問 7 過程 II の変化を何というか答えなさい。

問 8 過程Ⅱでの気体の内部エネルギーの増加分を答えなさい。

問 9 円筒容器の底からのピストンの高さを横軸に、気体の圧力を縦軸にとった図に、状態 B, C, D を表す黒点と記号 B, C, D, および過程Ⅰ, Ⅱ, Ⅲの経路を表す実線を図示しなさい。なお、答案用紙の図には状態 A を表す黒点と記号 A が記してある。

問10 状態Eの気体の圧力を答えなさい。必要であれば $2^{\frac{7}{3}} \approx 2.6$ または $2^{\frac{5}{3}} \approx 3.2$ を用いなさい。

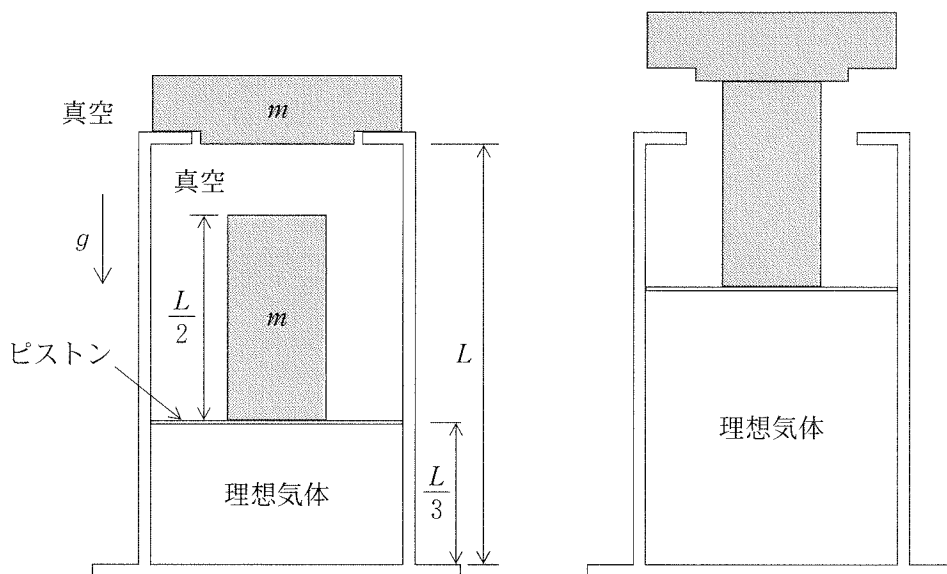


図 5 a

図 5 b