

Q 3 物理

Q 4 化学

Q 5 生物

この冊子は、**物理**，**化学** 及び **生物** の問題を 1 冊にまとめてあります。

電子応用工学科は物理指定

材料工学科は、物理または化学のどちらかを選択

生物工学科は、物理、化学、生物のいずれかを選択

物理の問題は、1 ページより 22 ページまであります。

化学の問題は、23 ページより 37 ページまであります。

生物の問題は、38 ページより 66 ページまであります。

〔注 意〕

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用紙に受験番号と氏名を記入してください。また、解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し、さらに受験番号をマークしてください。
- (3) 解答は、所定の解答用紙に記入したもの及び解答用マークシートにマークしたものだけが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは、絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。
指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は、消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取り除いたうえ、新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは、横 1 行について 1 箇所に限ります。
2 箇所以上マークすると採点されません。
あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
 - ⑤ 解答用マークシートに記載されている解答上の注意事項を、必ず読んでから解答してください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

物 理

以下の物理の問題 **1**, **2**, **3**, **4** において、文章中の **(ア)** などにあてはまる最も適当なものを指定の解答群の中から選び、その番号を解答用マークシートの指定欄にマークしなさい。ただし、**(ア)** などは既出の **(ア)** などを表す。

1 (40 点)

- (1) 図 1-1 のように、ばね定数 k [N/m] の軽いばねの左端を固定し、右端に質量 m [kg] の小球を取りつけた。ばねと小球は水平な床の上にある。ばねが自然の長さのときの小球の位置を原点とし、ばねが伸びる向きに x 軸をとる。以下では、小球の位置は座標 x [m] を用いて表す。床はあらく、小球と床との間の静止摩擦係数は μ 、動摩擦係数は μ' である。 μ' は $\mu' = \frac{3}{4}\mu$ と表すことができる。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

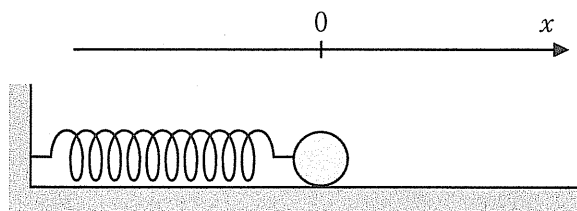


図 1-1

- (a) 小球の位置 x [m] を変え静かに放したとき、小球が静止したまま動かない x の範囲を範囲 A と呼ぶことにする。範囲 A は原点对称で $-x_c \leq x \leq x_c$ と表すことができ、 $x_c =$ **(ア)** [m] である。

次に、小球をひっぱり、小球の位置を $x = l[\text{m}]$ ($l > x_c$) としてから、静かに放す。その後の小球の運動は $l[\text{m}]$ の値によって異なる。図 1-2 は、小球を放してから完全に停止するまでの動きを、①、②の 2 つの場合について示してある。①の運動は左向きにのみ動き、向きを変えることなく停止する場合である。②の運動は一度だけ向きを反転し、右向きに動いてから停止する場合である。以下では、これら 2 つの運動について考える。

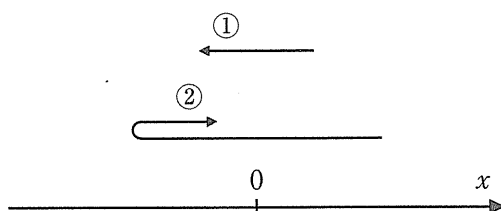


図 1-2 小球を放してから完全に停止するまでの動き

(ア)の解答群

- | | | |
|---|---|---|
| (1) $\frac{1}{4} \left(\frac{\mu mg}{k} \right)$ | (2) $\frac{1}{2} \left(\frac{\mu mg}{k} \right)$ | (3) $\frac{3}{4} \left(\frac{\mu mg}{k} \right)$ |
| (4) $\left(\frac{\mu mg}{k} \right)$ | (5) $\frac{5}{4} \left(\frac{\mu mg}{k} \right)$ | (6) $\frac{3}{2} \left(\frac{\mu mg}{k} \right)$ |

(b) 図 1-2 の①の運動について考える。小球を放したあと、はじめのうち小球にはたらく力の合力は左向きで、小球の速さは増加する。しかし、小球の位置が $x = \text{イ}$ [m] に達したあと合力の向きは反転し、小球の速さは減少に転じる。その後、 l [m] の値によっては、小球がちょうど $x = 0$ で停止する場合がある。このような運動となるのは、 $l = \text{ウ}$ [m] のときである。また、このとき小球を放してから小球が停止するまでの時間は エ [s] である。

一般に、小球が動きはじめてから最初に速さが 0 となる小球の位置を x_1 [m] とすると、 $x_1 = \text{オ}$ [m] である。①の運動となるのは、位置 x_1 が範囲 A にあるときである。よって、①の運動となる l [m] の値の範囲は、 $x_c < l \leq \text{カ}$ である。一般に、①の運動で小球が停止したとき、静止摩擦力の大きさは キ [N] である。

(c) 図 1-2 の②の運動について考える。 $\text{カ} < l$ のとき、小球は位置 $x_1 = \text{オ}$ [m] で完全に停止することなく、右向きに動きはじめる。②の運動となるのは、小球が右向きに動きはじめた後、再び $x > x_c$ の範囲 (範囲 A の外) に達することなく停止するときである。よって、②の運動となる l [m] の値の範囲は、 $\text{カ} < l \leq \text{ク}$ である。②の運動で小球が右向きに動いているとき、小球の運動エネルギーが増加するのは、小球の位置 x [m] の範囲が $x_1 < x < -\text{ケ}$ のときである。小球が右向きに動きはじめてから停止するまでの時間は コ [s] である。

右のページは白紙です。

(イ), (ウ), (カ), (ク), (ケ)の解答群

(0) 0

(1) $\frac{1}{4}\left(\frac{\mu mg}{k}\right)$

(2) $\frac{1}{2}\left(\frac{\mu mg}{k}\right)$

(3) $\frac{3}{4}\left(\frac{\mu mg}{k}\right)$

(4) $\left(\frac{\mu mg}{k}\right)$

(5) $\frac{3}{2}\left(\frac{\mu mg}{k}\right)$

(6) $2\left(\frac{\mu mg}{k}\right)$

(7) $\frac{5}{2}\left(\frac{\mu mg}{k}\right)$

(8) $3\left(\frac{\mu mg}{k}\right)$

(9) $4\left(\frac{\mu mg}{k}\right)$

(エ), (コ)の解答群

(1) $\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{m}{k}}$

(2) $\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}$

(3) $\frac{3\pi}{4}\sqrt{\frac{m}{k}}$

(4) $\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

(5) $\frac{5\pi}{4}\sqrt{\frac{m}{k}}$

(6) $\frac{3\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}$

(7) $\frac{\pi}{\sqrt{\frac{k}{m} - \frac{3\mu g}{4l}}}$

(8) $\frac{\pi}{\sqrt{\frac{k}{m} - \frac{3\mu g}{8l}}}$

(9) $\frac{\pi}{\sqrt{\frac{k}{m} - \frac{\mu g}{4l}}}$

(オ)の解答群

(1) $-\frac{3}{2}\left(\frac{\mu mg}{k}\right) + l$

(2) $-\left(\frac{\mu mg}{k}\right) + l$

(3) $-\frac{1}{2}\left(\frac{\mu mg}{k}\right) + l$

(4) $\frac{1}{2}\left(\frac{\mu mg}{k}\right) - l$

(5) $\left(\frac{\mu mg}{k}\right) - l$

(6) $\frac{3}{2}\left(\frac{\mu mg}{k}\right) - l$

(キ)の解答群

(1) $\frac{1}{2}\mu mg$

(2) $\frac{3}{4}\mu mg$

(3) μmg

(4) $\left|\frac{1}{2}\mu mg - kl\right|$

(5) $|\mu mg - kl|$

(6) $\left|\frac{3}{2}\mu mg - kl\right|$

左のページは白紙です。

- (2) 一般に、天体からある距離の地点にある物体が、その天体から無限遠に飛び去るために必要な、最小限の速度の大きさを脱出速度と呼ぶ。この脱出速度を基準にして、天体の万有引力のもとでの探査機の運動を調べてみよう。

以下では、天体の質量を $M[\text{kg}]$ 、探査機の質量を $m[\text{kg}]$ 、万有引力定数を $G[\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2]$ とし、万有引力による位置エネルギーの基準を無限遠とする。また、天体は静止しているものとし、探査機や天体の大きさは無視できるものとする。

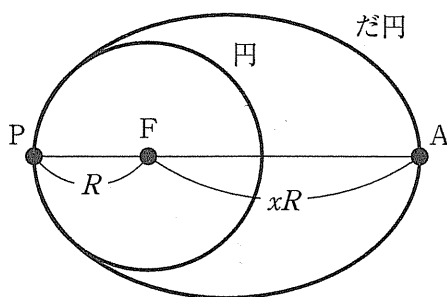


図 1-3

- (a) はじめ、探査機は、図 1-3 のように、点 F にある天体から距離 $R[\text{m}]$ で円運動していた。その速さを $v_c[\text{m/s}]$ とすると、 $v_c = \boxed{\text{㉞}}$ $[\text{m/s}]$ である。天体から距離 R の地点にある探査機の脱出速度を $v_e[\text{m/s}]$ とすると、 $v_e = \boxed{\text{㉟}}$ $[\text{m/s}]$ である。円運動の速さ v_c は脱出速度 v_e の $\boxed{\text{㉚}}$ 倍である。

(㉞), (㉟)の解答群

(1) $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{GM}{R}}$

(2) $\sqrt{\frac{GM}{2R}}$

(3) $\sqrt{\frac{GM}{R}}$

(4) $\sqrt{\frac{2GM}{R}}$

(5) $2\sqrt{\frac{GM}{R}}$

(㉚)の解答群

(1) $\frac{1}{2}$

(2) $\frac{1}{\sqrt{2}}$

(3) 1

(4) $\sqrt{2}$

(5) 2

(b) その後、探査機は、図1-3の点Pにおいて、円運動の接線方向への加速で速さが増加し、脱出速度 v_e の n 倍の速さになった。このとき、 $n > \boxed{\text{ズ}}$ である。いま、探査機がだ円軌道を描くと仮定しよう。この軌道で点Fから最も近い点は点Pであり、最も遠い点は図1-3の点Aとなる。点Fと点Aの距離を $R[\text{m}]$ の x 倍として、 x を求めよう。

点Aにおける速さを $v_A[\text{m/s}]$ とすると、面積速度一定の法則より $\frac{1}{2} R n v_e = \boxed{\text{セ}}$ が成り立つ。また、点Pと点Aにおける力学的エネルギー保存則が成り立つ。以上より、 v_A を消去して得られる x が満たす方程式は、次の式で表される。

$$\boxed{\text{ソ}} x^2 + x + \boxed{\text{タ}} = 0$$

$1 \leq n$ の場合、探査機は無限遠に飛び去る。したがって、探査機が天体の周りをだ円軌道で運動するのは、 $\boxed{\text{ズ}} < n < 1$ の場合であり、 x が満たす方程式の解は $x = 1$ と $x = \boxed{\text{チ}}$ の2つである。後者が点Aを表す解である。

(セ)の解答群

- | | | |
|---------------------------------|---|---|
| (1) $\frac{v_A^2}{x\sqrt{GMR}}$ | (2) $\frac{1}{2} \frac{v_A^2}{x\sqrt{GMR}}$ | (3) $\frac{1}{4} \frac{v_A^2}{x\sqrt{GMR}}$ |
| (4) xRv_A | (5) $\frac{1}{2} xRv_A$ | (6) $\frac{1}{4} xRv_A$ |

(ソ), (タ)の解答群

- | | | | |
|-----------------|--------------|-----------------|-------------------|
| (1) $(n^2 - 1)$ | (2) n^2 | (3) $(n - 1)^2$ | (4) 1 |
| (5) $(n^2 + 1)$ | (6) $(-n^2)$ | (7) $n(n - 1)$ | (8) $\frac{1}{2}$ |

(チ)の解答群

- | | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| (1) $\frac{n}{1 - n}$ | (2) $\frac{n}{n - 1}$ | (3) $\frac{1 - n}{n}$ | (4) $\frac{n - 1}{n}$ |
| (5) $\frac{n^2}{1 - n^2}$ | (6) $\frac{n^2}{n^2 - 1}$ | (7) $\frac{1 - n^2}{n^2}$ | (8) $\frac{n^2 - 1}{n^2}$ |

- (3) 図1-4のように、直角三角形のうすい板がある。板の質量は m [kg]、板にはたらく重力の作用点は G である。板の頂点 A , B , C に軽い糸をつけて引き上げ、板のつり合いについて考える。ただし、糸は常に鉛直方向を向くようにする。このとき、頂点 A , B , C につけた糸が板を引く力(張力)の大きさを、それぞれ T_A [N], T_B [N], T_C [N] と表すことにする。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

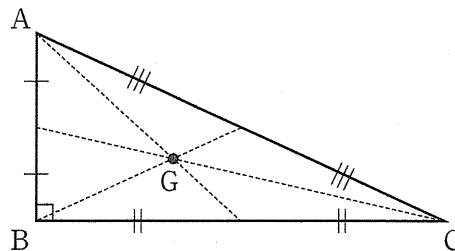


図1-4

- (a) 頂点 A , C につけた糸を持ち、2本の糸だけで板を完全に持ち上げた。辺 BC が水平になるようにしたとき、 T_A は ツ mg [N], T_C は テ mg [N] である。
- (b) 板をなめらかで水平な床の上に置く。頂点 A につけた糸を持ち、1本の糸だけで板を少し引き上げ、板を傾けた。このとき、辺 BC は床と接したままで、板と床のなす角は θ [rad] ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) であった。このとき、板が床から受ける垂直抗力の作用点を D とすると、点 D は辺 BC 上にある。線分 BC の長さに対する線分 BD の長さの比を x ($0 \leq x \leq 1$) とすると、 $x =$ ト である。このことを踏まえると、板が床から受ける垂直抗力の大きさは ナ mg [N], T_A は ニ mg [N] となる。
- (c) つづいて、(b)の状態からさらに頂点 B , C につけた糸も持ち、3本の糸で板を鉛直上方に平行移動し、完全に持ち上げた。このとき、 T_A は ヌ mg [N], T_B は ネ mg [N], T_C は ノ mg [N] となる。

右のページは白紙です。

(ツ), (テ)の解答群

(1) $\frac{1}{4}$

(2) $\frac{1}{3}$

(3) $\frac{1}{2}$

(4) $\frac{2}{3}$

(5) $\frac{3}{4}$

(6) 1

(ト)~(ノ)の解答群

(10) 0

(11) $\frac{1}{4}$

(12) $\frac{1}{3}$

(13) $\frac{1}{2}$

(14) $\frac{2}{3}$

(15) $\frac{3}{4}$

(16) 1

(17) $\frac{1}{3}\cos\theta$

(18) $\frac{2}{3}\cos\theta$

(19) $\cos\theta$

(20) $\frac{1}{3}\sin\theta$

(21) $\frac{2}{3}\sin\theta$

(22) $\sin\theta$

(23) $\frac{1}{3}\cos^2\theta$

(24) $\frac{2}{3}\cos^2\theta$

(25) $\cos^2\theta$

(26) $\frac{1}{3}\sin^2\theta$

(27) $\frac{2}{3}\sin^2\theta$

(28) $\sin^2\theta$

(29) $\left(1 - \frac{1}{3}\cos\theta\right)$

(30) $\left(1 - \frac{2}{3}\cos\theta\right)$

(31) $(1 - \cos\theta)$

(32) $\left(1 - \frac{1}{3}\sin\theta\right)$

(33) $\left(1 - \frac{2}{3}\sin\theta\right)$

(34) $(1 - \sin\theta)$

(35) $\left(1 - \frac{1}{3}\cos^2\theta\right)$

(36) $\left(1 - \frac{2}{3}\cos^2\theta\right)$

(37) $\left(1 - \frac{1}{3}\sin^2\theta\right)$

(38) $\left(1 - \frac{2}{3}\sin^2\theta\right)$

左のページは白紙です。

2

(35 点)

- (1) ある電球にかかる電圧と電流の関係を測定したところ、図 2-1 に示すグラフを得た。この電球を 2 つ用いて、図 2-2 に示すように、内部抵抗の無視できる起電力 12 V の電池と、 $15\ \Omega$ の抵抗をつないだ。このとき電球に流れる電流は (ア) A である。次に、同じ電球 2 つを用いて、図 2-3 に示すように、内部抵抗の無視できる起電力 10 V の電池と、 $5.0\ \Omega$ の抵抗をつないだ。このとき、2 つの電球で消費される電力の合計は (イ) W である。

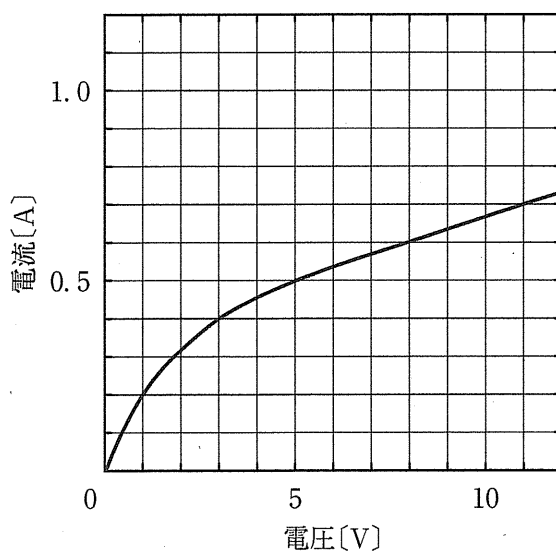


図 2-1

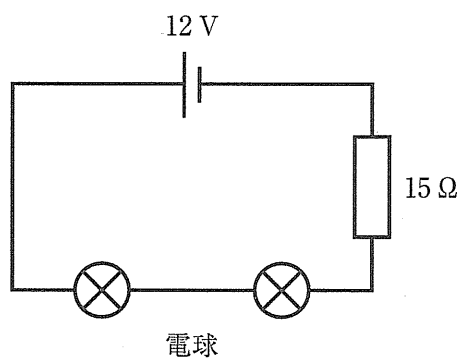


図 2-2

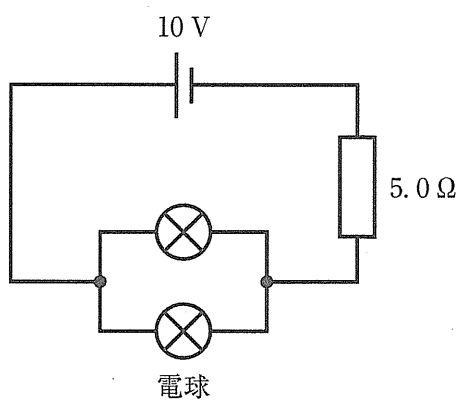


図 2-3

(ア)の解答群

- | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| (1) 0.10 | (2) 0.20 | (3) 0.25 | (4) 0.30 | (5) 0.40 |
| (6) 0.50 | (7) 0.75 | (8) 0.90 | | |

(イ)の解答群

- | | | | | |
|----------|---------|---------|---------|---------|
| (1) 0.50 | (2) 1.0 | (3) 2.5 | (4) 5.0 | (5) 7.5 |
| (6) 10 | (7) 12 | (8) 14 | | |

左のページは白紙です。

(2) 図2-4, 2-5のような, スイッチ, 電池, 抵抗, ダイオード, コンデンサーからなる回路がある。以下の条件のとき, b点を基準としたa点の電位 V_a [V] を答えなさい。なお, すべての電池は起電力 E [V], 内部抵抗 0Ω であり, すべての抵抗の電気抵抗は等しい。すべてのダイオードは, 整流作用のみを有し, 順方向の電圧の場合は電気抵抗が非常に小さく 0Ω と見なすことができ, 逆方向の電圧の場合は電流が全く流れないものとする。図2-4, 2-5のいずれの場合も, はじめにスイッチは開いており, コンデンサーには電荷がたくわえられていない。

(a) 図2-4の回路で, スイッチを閉じ, じゅうぶん時間が経過した。このとき V_a は (ウ) [V] である。次にスイッチを開いた。直後の V_a は (エ) [V] である。その後, じゅうぶん時間が経過した。このとき V_a は (オ) [V] である。

(b) 図2-5の回路で, スイッチを閉じ, じゅうぶん時間が経過した。このとき V_a は (カ) [V] である。次にスイッチを開いた。直後の V_a は (キ) [V] である。その後, じゅうぶん時間が経過した。このとき V_a は (ク) [V] である。

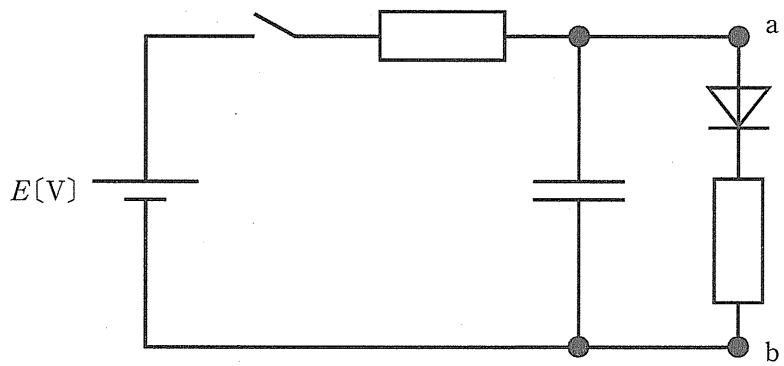


図 2-4

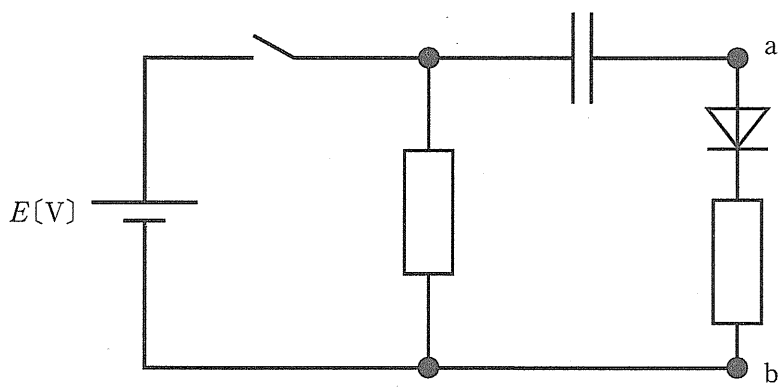


図 2-5

(ウ)～(ク)の解答群

(0) 0

(1) $-\frac{1}{4}E$

(2) $-\frac{1}{2}E$

(3) $-E$

(4) $-2E$

(5) $\frac{1}{4}E$

(6) $\frac{1}{2}E$

(7) E

(8) $2E$

- (3) 図 2-6, 2-7 は, 真空中で, 点電荷が電場(電界)の中で加速され, 磁場(磁界)の中に入った後, 出ていくようすを表す。

2 枚の平行な極板 a, b 間には紙面に平行で一様な電場があり, 電場の漏れはない。極板間の間隔は d [m], 電位差は V [V] である。極板 b には点電荷が通る小さな穴がある。図の灰色で示す領域には紙面に垂直で磁束密度の大きさが B [T] の一様な磁場がある。その境界面は紙面に垂直な平面である。点電荷は, 質量 m [kg], 電気量 q [C] ($q > 0$) である。

点電荷は, はじめに極板 a の位置で静止していて, 紙面内を運動する。重力および地磁気の影響は無視できる。

- (a) 図 2-6, 2-7 において, 極板間の電場の大きさは ケ [V/m] である。また, 磁場に入る直前の点電荷の速さは コ [m/s] である。図の点電荷の運動のようすから, 磁場の向きは カ の向きである。

- (b) 図 2-6 は, 点電荷が磁場の境界面に対し垂直に磁場に入る場合を表す。このとき磁場中では点電荷には大きさ シ [N] の力がはたらき, これを向心力として点電荷は等速円運動をする。点電荷が磁場に入る点を P, 磁場から出る点を Q とすると, PQ 間の距離は ス [m] であり, 点電荷が磁場に入ってから出るまでの時間は セ [s] である。

- (c) 図 2-7 は, 図 2-6 の極板 a, b を, 磁場の境界面に対し斜めに配置し, 点電荷が磁場の境界面に対し角度 θ [rad] で磁場に入る場合を表す。点電荷が磁場に入る点を R, 磁場から出る点を S とすると, RS 間の距離は ソ [m] であり, 点電荷が磁場に入ってから出るまでの時間は タ [s] である。

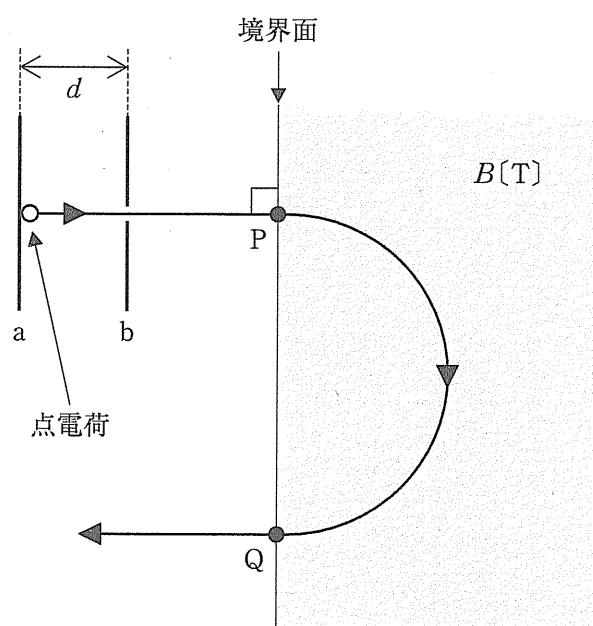


図 2-6

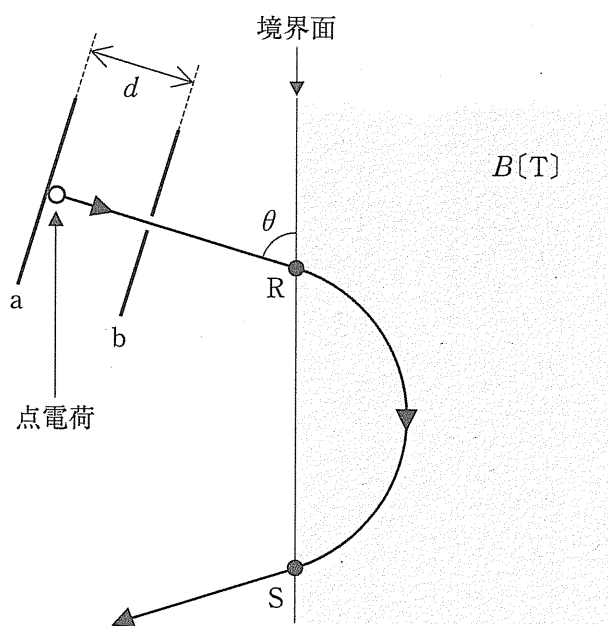


図 2-7

(ケ)～(サ)の解答群

(11) 紙面裏から表

(12) 紙面表から裏

(13) $\frac{V}{2d}$

(14) $\frac{V}{d}$

(15) $\frac{Vd}{2}$

(16) Vd

(17) $\sqrt{\frac{qV}{2m}}$

(18) $\sqrt{\frac{qV}{m}}$

(19) $\sqrt{\frac{2qV}{m}}$

(20) $\sqrt{\frac{4qV}{m}}$

(シ)～(セ)の解答群

(11) $Bq\sqrt{\frac{qV}{2m}}$

(12) $Bq\sqrt{\frac{qV}{m}}$

(13) $Bq\sqrt{\frac{2qV}{m}}$

(14) $Bq\sqrt{\frac{4qV}{m}}$

(15) $\frac{1}{B}\sqrt{\frac{mV}{q}}$

(16) $\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}$

(17) $\frac{2}{B}\sqrt{\frac{mV}{q}}$

(18) $\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}$

(19) $\frac{\pi m}{2Bq}$

(20) $\frac{\pi m}{Bq}$

(21) $\frac{2\pi m}{Bq}$

(22) $\frac{4\pi m}{Bq}$

(ソ), (タ)の解答群

(11) $\frac{1}{B}\sqrt{\frac{mV}{q}}\sin\theta$

(12) $\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}\sin\theta$

(13) $\frac{2}{B}\sqrt{\frac{mV}{q}}\sin\theta$

(14) $\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}\sin\theta$

(15) $\frac{1}{B}\sqrt{\frac{mV}{q}}\cos\theta$

(16) $\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}\cos\theta$

(17) $\frac{2}{B}\sqrt{\frac{mV}{q}}\cos\theta$

(18) $\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}\cos\theta$

(19) $\frac{\theta m}{2Bq}$

(20) $\frac{\theta m}{Bq}$

(21) $\frac{2\theta m}{Bq}$

(22) $\frac{4\theta m}{Bq}$

左のページは白紙です。

3

(15 点)

図 3-1, 3-2 のように, O を中心にして水平面からの角度を変更できるシリンダーを考える。シリンダーの断面積は $S[\text{m}^2]$ であり, 同じ断面積で質量が $M[\text{kg}]$ のピストンがなめらかに動くようになっている。シリンダー内には 1 mol の理想気体が注入されている。シリンダーとピストンは断熱材でできていて, 気体は直接外部との熱のやりとりをおこなうことはできない。しかし, シリンダーには熱交換器がついていて, これを通じてシリンダー内の気体に熱を加えたり, 気体から熱をとりさることができる。以下では, この機構をもちいて, ピストンが常に自由に動く状態で実験をおこなう。気体定数を $R[\text{J}/(\text{K}\cdot\text{mol})]$, 気体の定積モル比熱を $C_v[\text{J}/(\text{K}\cdot\text{mol})]$, 大気圧を $P_0[\text{N}/\text{m}^2]$, 重力加速度の大きさを $g[\text{m}/\text{s}^2]$ とする。

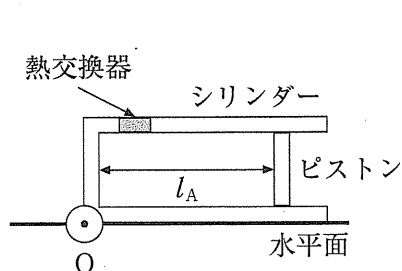


図 3-1

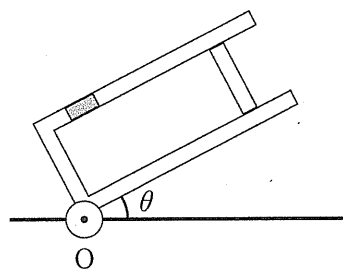


図 3-2

はじめに, 図 3-1 のように, シリンダーと水平面のなす角度が 0° で, シリンダー内の気体の温度が $T_A[\text{K}]$ の状態を考える。この状態を状態 A とする。このとき, シリンダー底面からピストンまでの距離 $l_A[\text{m}]$ は, $l_A = \boxed{\text{ア}}$ $[\text{m}]$ である。

次に, 状態 A から気体の温度を一定に保つように気体から熱をとりさりながら, シリンダーと水平面のなす角度が $\theta (0^\circ < \theta < 90^\circ)$ になるまで, ゆっくりとシリンダーを傾けた(図 3-2)。この状態を状態 B とする。このとき, シリンダー内の気体の圧力 $P_B[\text{N}/\text{m}^2]$ は, $P_B = \boxed{\text{イ}}$ $[\text{N}/\text{m}^2]$ である。また, シリ

ンダー底面からピストンまでの距離 l_B [m] は、 $l_B = \boxed{\text{ウ}}$ [m] である。

さらに、状態 B からシリンダーの傾きを一定に保ちながら、気体に熱を加えて、シリンダー底面とピストンまでの距離が l_A になるまで、気体をゆっくりと膨張させた。この状態を状態 C とする。状態 B → 状態 C の変化において気体に加えられた熱量 Q_{BC} [J] は、 $Q_{BC} = \boxed{\text{エ}}$ [J] となる。

今度は、状態 A から気体の体積を一定に保つように気体に熱を加えながら、シリンダーと水平面のなす角度が θ になるまで、ゆっくりとシリンダーを傾けた。この状態は状態 C と等しい。この状態変化において気体に加えられた熱量 Q_{AC} [J] は、 $Q_{AC} = \boxed{\text{オ}}$ [J] となる。

(ア)の解答群

$$(1) \frac{2RT_A}{P_0 S} \quad (2) \frac{RT_A}{2P_0 S} \quad (3) \frac{RT_A}{P_0 S} \quad (4) \frac{C_v T_A}{P_0 S}$$

(イ)の解答群

$$(1) P_0 - \frac{Mg \sin \theta}{S} \quad (2) P_0 - \frac{Mg \cos \theta}{S} \quad (3) P_0$$

$$(4) P_0 + \frac{Mg \sin \theta}{S} \quad (5) P_0 + \frac{Mg \cos \theta}{S}$$

(ウ)の解答群

$$(1) \frac{RT_A}{P_0 S + Mg \sin \theta} \quad (2) \frac{RT_A}{P_0 S + Mg \cos \theta} \quad (3) \frac{RT_A}{P_0 S}$$

$$(4) \frac{RT_A}{P_0 S - Mg \sin \theta} \quad (5) \frac{RT_A}{P_0 S - Mg \cos \theta}$$

(エ), (オ)の解答群

$$(11) R \frac{Mg \sin \theta}{P_0 S} T_A \quad (12) C_v \frac{Mg \sin \theta}{P_0 S} T_A$$

$$(13) R \frac{Mg \cos \theta}{P_0 S} T_A \quad (14) C_v \frac{Mg \cos \theta}{P_0 S} T_A$$

$$(15) -R \frac{Mg \sin \theta}{P_0 S} T_A \quad (16) -C_v \frac{Mg \sin \theta}{P_0 S} T_A$$

$$(17) -R \frac{Mg \cos \theta}{P_0 S} T_A \quad (18) -C_v \frac{Mg \cos \theta}{P_0 S} T_A$$

$$(19) (C_v + R) \frac{Mg \sin \theta}{P_0 S} T_A \quad (20) (C_v + R) \frac{Mg \cos \theta}{P_0 S} T_A$$

左のページは白紙です。

4 (10 点)

図 4-1 のように，一方が平面で他方が曲率半径 $R[\text{m}]$ の球面の平凸レンズを平面ガラスの上に載せ，平凸レンズの上方から，空気中で波長 $\lambda[\text{m}]$ の単色光を照射した。平凸レンズはガラスでできており，その絶対屈折率と平面ガラスの絶対屈折率は等しく，空気の絶対屈折率より大きい。ただし，空気の絶対屈折率は 1 とする。平面ガラスの下方から観察したところ，直接透過する光 a と，平面ガラスの上面で反射した後，平凸レンズの下面で反射した光 b とが干渉することにより，明暗が交互に繰り返される同心円状のしま模様(明環と暗環)が見えた。明環や暗環の半径を図のように $r[\text{m}]$ とする。このとき，曲率半径 $R[\text{m}]$ は半径 $r[\text{m}]$ における両ガラスの間隔 $d[\text{m}]$ よりもじゅうぶん大きいので， d は，

$$d \doteq \frac{r^2}{2R} \quad \text{①}$$

と近似できる。この関係を用いると，暗環の半径 r は，ア $[\text{m}]$ と表される。

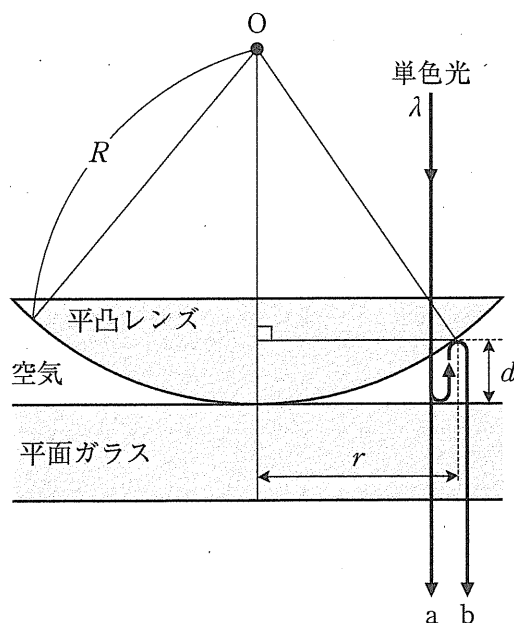


図 4-1

次に、図4-2のように、平凸レンズと平面ガラスの間に絶対屈折率 n の液体をすきまなく満たし、平凸レンズと平面ガラスを h [m] だけ離し、平面ガラスの下方から観察したところ、同様に同心円状のしま模様(明環と暗環)が見えた。明環や暗環の半径が r [m] の位置における平凸レンズと平面ガラスの間隔は、①式の d をもちいて $d + h$ と表される。このとき、暗環の半径 r は (イ) を満たす。ただし、液体の絶対屈折率 n は両ガラスの絶対屈折率よりも小さい。

いま、 $\lambda = 5.2 \times 10^{-7}$ m の単色光を照射し、 $h = 0$ から徐々に h を増やしながらしま模様を観察したところ、 $h = 1.0 \times 10^{-7}$ m のときに、 $h = 0$ における明環の位置に暗環が、暗環の位置に明環がはじめて現れた。このことから、間に満たされた液体の絶対屈折率は (ウ) と求められる。

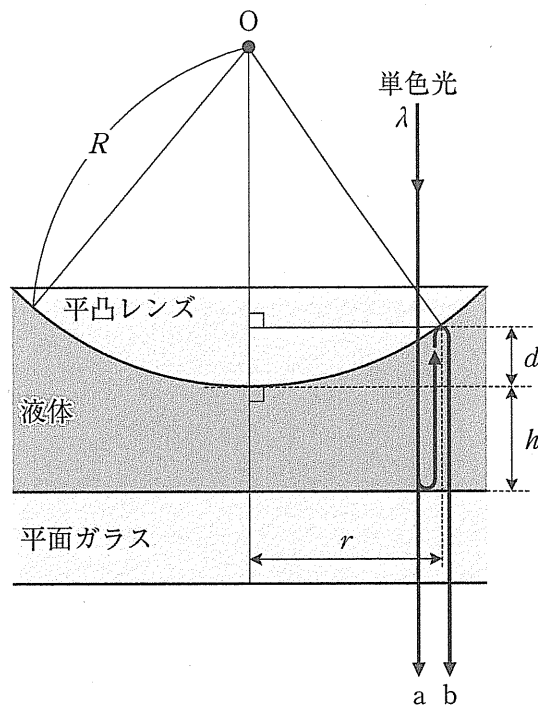


図4-2

(ア)の解答群(この解答群において, $m = 0, 1, 2, \dots$ である。)

$$(1) \sqrt{\frac{2}{3}R\lambda\left(m + \frac{1}{2}\right)} \qquad (2) \sqrt{R\lambda\left(m + \frac{1}{2}\right)}$$

$$(3) \sqrt{\frac{2}{3}R\lambda m} \qquad (4) \sqrt{R\lambda m}$$

(イ)の解答群(この解答群において, m' は整数を表す。)

$$(1) n\left(\frac{r^2}{R} + 2h\right) = \left(m' + \frac{1}{2}\right)\lambda \qquad (2) n\left(\frac{r^2}{R} + 2h\right) = m'\lambda$$

$$(3) \frac{1}{n}\left(\frac{r^2}{R} + 2h\right) = \left(m' + \frac{1}{2}\right)\lambda \qquad (4) \frac{1}{n}\left(\frac{r^2}{R} + 2h\right) = m'\lambda$$

(ウ)の解答群

$$(1) 1.1 \qquad (2) 1.2 \qquad (3) 1.3 \qquad (4) 1.4$$

$$(5) 1.5 \qquad (6) 1.6 \qquad (7) 1.7$$

左のページは白紙です。

