

平成 25 年 度

問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	物 理	9

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と選択した選択問題の番号、志望学部及び受験番号のほかはいつさい記入しないこと。
4. 問題〔Ⅳ〕、〔Ⅴ〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。両方を解答してはいけない。選択問題〔Ⅳ〕、〔Ⅴ〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙 4 ページ目の所定の枠内に記入すること。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、解答用紙 1 ページ目、3 ページ目、5 ページ目に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を机上の右側に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰ること。

〔I〕 図1のように、鉛直な壁 AP から l だけ離れた水平な床上の原点 O から、斜め上方 45° をなす方向にボールを打ち出したところ、ボールは壁面の点 P に垂直に当たった。その直後、ボールは跳ね返って床上の点 B に落ちて跳ね上がり、点 Q まで上がって再び床上の点 C に落ちた。時刻 $t = 0$ のときにボールが打ち出されたとし、ボールの質量を m 、ボールと床およびボールと壁の間の反発係数を e 、重力加速度を g として、以下の問いに答えよ。ただし、空気抵抗は無視するものとする。なお、(4)~(9)までの解答については導出過程も示せ。

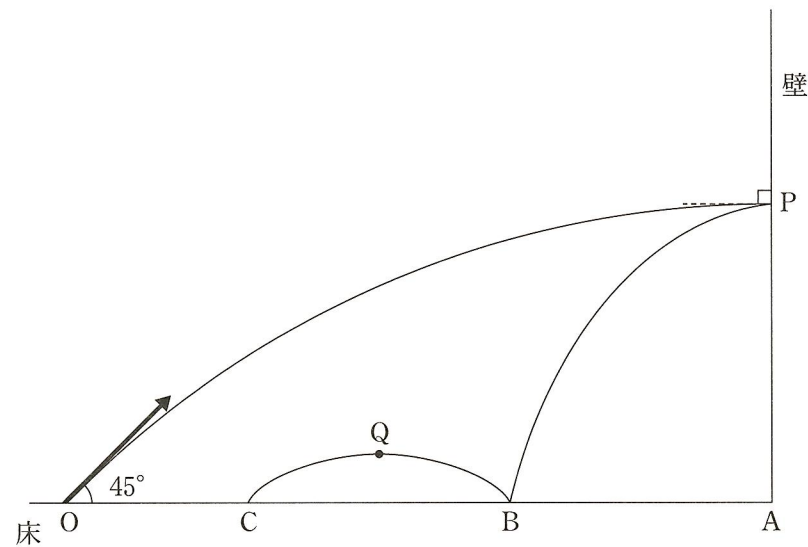


図1

- (1) ボールの初速度の大きさを v_0 とするとき、ボールが壁に当たるまでの間のある時刻 t において、原点 O からのボールの水平方向の距離を求めよ。
- (2) 上記(1)のときの鉛直方向の速度を求めよ。
- (3) ボールが壁面の点 P に垂直に当たるときの鉛直方向の速度はいくらか。
- (4) 点 P の床からの高さを求めよ。
- (5) 点 A と点 B の距離を求めよ。
- (6) 点 Q の床からの高さを求めよ。
- (7) 点 B と点 C の距離を求めよ。

- (8) ボールが点 O を打ち出されてから点 C に落下する直前までに、ボールの失った力学的エネルギーを求めよ。
- (9) 点 C が点 O に一致するとき、 e の値はいくらになるか。

〔Ⅱ〕 一般に乾電池には内部抵抗が存在する。それを模式的に表したのが図1である。いま起電力が E_1, E_2, E_3 の電池とスイッチ S, 可変抵抗器 X を用いて図2のような回路を作った。すべての電池には図1で示したような内部抵抗が存在し, その内部抵抗は E_1, E_2, E_3 の順に, $r, 2r, 2r$ である。初めスイッチ S は閉じていないとして, 次の問いに答えよ。なお, (3)~(5)までの解答については導出過程も示せ。

- (1) BC間が閉じた回路になっていることより, この回路内の電流を求めよ。ただし, $E_2 > E_3$ とする。
- (2) 点 C を基準とした AC間の電圧を求めよ。
- (3) スイッチ S を閉じた。可変抵抗器 X の抵抗値が x のとき, 抵抗器を流れる電流を求めよ。
- (4) AC間の3つの電池全体が1つの電池であると見なすと, その内部抵抗を求めよ。
- (5) x を変化させて可変抵抗器での消費電力を最大にした。その時の x の値を求めよ。

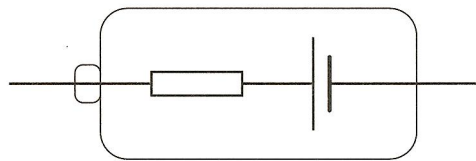


図1 乾電池の内部抵抗と起電力の関係の模式図

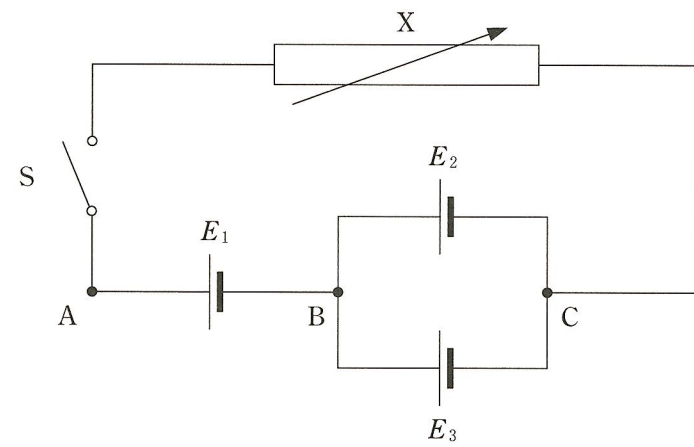


図 2 問題の回路図

〔Ⅲ〕 波が伝わるようすについて3通りの観察実験を行った。以下の問いに答えよ。

(実験1)

図1(ア)と(イ)はそれぞれ時刻 $t = T$ と $t = 3T$ における正弦波の形状のパルス波が x 軸上を正方向へ伝わるようすを示している。

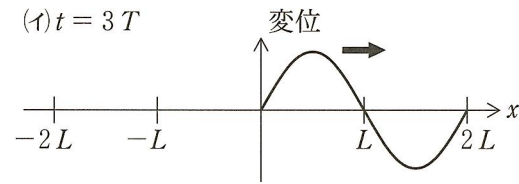
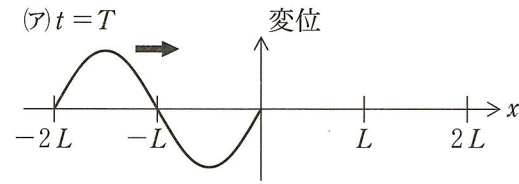
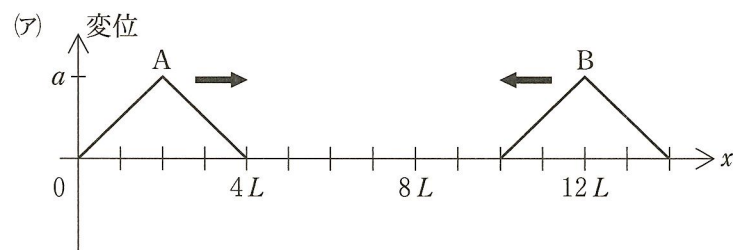


図1

- (1) 波の伝わる速さを L , T を用いて答えよ。
- (2) 時刻 $t = 2T$ において、波の媒質の変位速度が0である x の位置をすべて答えよ。その点がない場合は「なし」とせよ。
- (3) 時刻 $t = 2T$ において、波の媒質の変位速度が最大である x の位置を $-L < x < L$ の範囲ですべて答えよ。その点がない場合は「なし」とせよ。

(実験2)

波の伝わるようすと合成のようすについて観察実験をした。図2(ア)のように時刻 $t = 0$ において、2つの三角形形状のパルス波があり、パルス波Aは x 軸上を正方向に、パルス波Bは負の方向に速さ v で伝わっている。同様に、



図(イ)のように時刻 $t = 0$ において、2つの三角形形状のパルス波AおよびCが x 軸上を速さ v で、それぞれ正および負の方向に伝わっている。

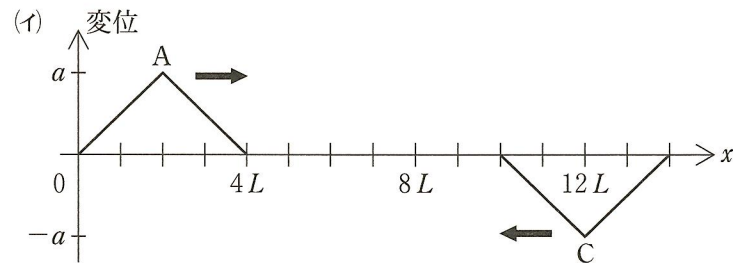
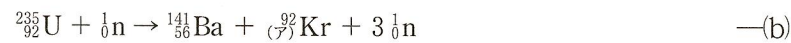


図2

〔V〕 選択問題

- (1) 原子核の周りを半径 r (m) で回る電子は量子条件を満たしている。量子条件とは何かを説明せよ。ただし、電子の質量を m (kg)、速さを v (m/s)、プランク定数を h (J・s) とする。
- (2) 上記(1)の問題においても量子条件がなかった場合どのようなことが起こりえるかを説明せよ。
- (3) 原子核は正の電荷をもつ陽子と電荷をもたない中性子よりなり、原子核の半径は約 10^{-15} (m) である。陽子の電荷は 1.6×10^{-19} (C) として陽子同士の間働くクーロン力による位置エネルギーはいくらか。ただし、真空中のクーロンの法則の定数を $k_0 = 9.0 \times 10^9$ (N・m²/C²) とする。
- (4) 原子核の内部の正の電荷をもつ陽子同士が反発しあうにもかかわらず、なぜ原子核がバラバラにならないで安定しているのかを説明せよ。
- (5) 陽子や中性子はどのような内部構造を持つのか説明せよ。
- (6) 以下の反応について問題にこたえよ。



- あ) 化学反応を示す反応式はどれか記号で示せ。
- い) α 崩壊を示す反応式はどれか記号で示せ。
- う) β 崩壊を示す反応式はどれか記号で示せ。
- え) 核融合を示す反応式はどれか記号で示せ。
- お) 連鎖反応となる反応式はどれか記号で示せ。
- か) $\bar{\nu}_e$ は何を示すか？
- き) 式(b)の(ア)に当てはまる数字を示せ。
- く) 式(d)の(イ)に当てはまる数字を示せ。

る。パルス波 A および B の頂点の変位を a 、C の頂点の変位を $-a$ とする。

- (4) パルス波 A の頂点が $x = 8L$ へ伝わる時刻を答えよ。
- (5) 図 2(ア)でパルス波 A の頂点が $x = 8L$ へ伝わる時刻に $x = 7L$ における変位を答えよ。
- (6) 図 2(イ)でパルス波 A の頂点が $x = 8L$ へ伝わる時刻に $x = 6L$ における媒質の変位を答えよ。
- (7) 図 2(イ)で媒質の変位が時刻に関係なく常に 0 となる x 軸上の位置を答えよ。その点がない場合は「なし」とせよ。

(実験 3)

時刻 $t = 0$ に図 3 のような形状の連続波が x 軸上を x 軸正の方向に速さ v で伝わっているとす。ただし、波の先頭の点を Q とし、時刻 $t = 0$ において点 Q より右側に波はなかったものとする。また、波は点 P ($x = 8L$) で反射するものとする。以下の問いの解答では図中に位置、時刻および変位などの値を適宜記入せよ。

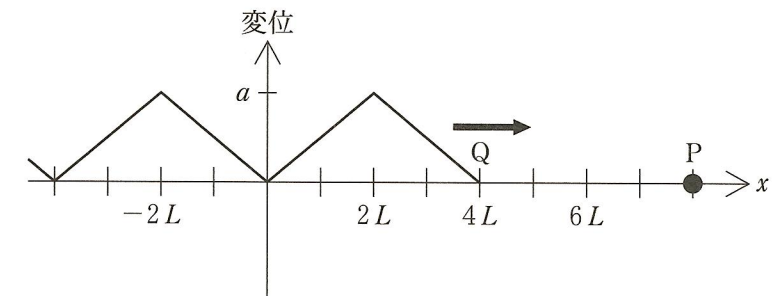


図 3

- (8) 点 P が固定端であるとする。点 Q が進んで点 P で反射し、 $x = -2L$ に伝わった時刻における波の変位の様子を、 $0 < x < 8L$ の範囲で図示せよ。
- (9) 点 P が自由端であるとする。点 $x = 4L$ での変位の時間変化を図示せよ。ただし、図示する時間範囲を時刻 0 から、点 Q が右向きに進んで点 P で反射し、 $x = -2L$ に伝わるまでとする。

〔IV〕 選択問題

単原子分子からなる 1 モルの理想気体が、図 1 のようになめらかに移動できるピストンを備えた容器の中に閉じ込められている。容器内の理想気体は最初に体積 V_0 [m³]、圧力 p_0 [Pa] の状態 A であった。この理想気体に、図 2 の p - V 曲線で示した 1 サイクルの状態変化 A → B → C → D → A を行わせた。状態 C、D における理想気体の体積は状態 A の体積 V_0 [m³] の x ($x > 1$) 倍の xV_0 [m³] である。また、状態 B、C の理想気体の圧力は p_1 [Pa] である。この理想気体の状態変化についての以下の問いに答えよ。ただし、気体定数を R [J/K] とし、 V_0 [m³]、 p_0 [Pa]、 p_1 [Pa] および x を用いて答えよ。また、この理想気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2} R$ [J/K] であることを用いよ。

- (1) 状態 B の理想気体の絶対温度を求めよ。
- (2) A → B の状態変化のときに、理想気体が外部の熱源から吸収する熱はいくらか。
- (3) B → C の状態変化のときに、理想気体が外部にする仕事はいくらか。
- (4) B → C の状態変化のときに、理想気体が外部の熱源から吸収する熱はいくらか。
- (5) C → D の状態変化のときに、理想気体の内部エネルギー変化はいくらか。
- (6) D → A の状態変化のときに、理想気体が外部からされる仕事はいくらか。
- (7) この理想気体が 1 サイクルの状態変化を行うとき、外部の熱源から吸収する熱の総量はいくらか。
- (8) この理想気体が 1 サイクルの状態変化を行うとき、外部にする仕事の総量はいくらか。
- (9) この理想気体が 1 サイクルの状態変化を行うとき、熱機関としての熱効率はいくらか。
- (10) $x (> 1)$ を一定にしている場合に、熱効率を上げるためには圧力比 p_1/p_0 をどのようにすればよいか。
- (11) $x = 3.0$ の場合に、到達できる最大の熱効率はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

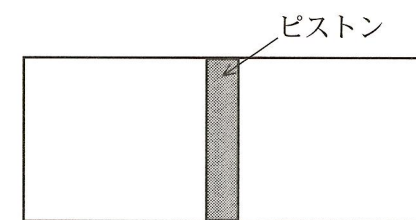


図 1

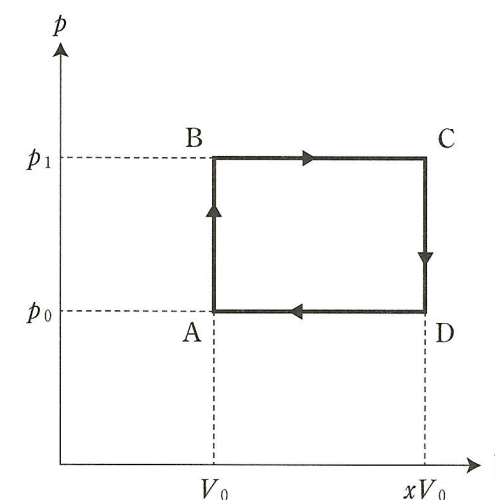


図 2

訂 正

理科(物理)

問題冊子 9 ページ [V] 設問 4

(誤) 原子核がバラバラにならない・・・

(正) 原子核がバラバラにならない・・・