

物理 問題 I

水平な床の上を、同じ質量 m の小物体 A, B, C が、互いにその運動を妨げることなく、 x 軸上をそれぞれ正の向きに進んでいる。

図 1 は、これらの 3 つの小物体の運動を表すグラフであり、縦軸は小物体の位置 x を、横軸は時刻 t を示している。また、 $0 < x_1 < x_2$ であり、 $0 < t_1 < t_A < t_B < t_C < t_2$ である。

3 つの小物体は、時刻 $t=0$ ではどれも $x=0$ の位置にあって、時刻 t_2 のときにはどれも x_2 の位置にあり、小物体 A は、時刻 t_1 のとき x_1 の位置にあった。また、時刻 t_A での小物体 A の瞬間の速度と、時刻 t_B での小物体 B の瞬間の速度、および時刻 t_C での小物体 C の瞬間の速度は、それぞれその速度の大きさが等しかった。

このとき、以下の問いに答えよ。

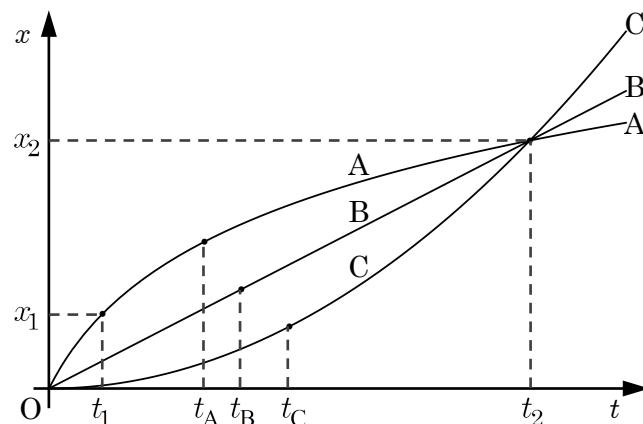


図 1

問 1. 時刻 $t=0$ の直後から時刻 t_2 の直前までの間における、小物体 A, B, C の位置について、図 1 の $x-t$ グラフからわかることは何か。最も適切なものを、次の選択肢 1 の①～④の中から 1 つ選び、番号で答えよ。

選択肢 1

- ①先頭は A, 次が B, 最後が C で、その順番は変わらない
- ②先頭は C, 次が B, 最後が A で、その順番は変わらない
- ③最初は、先頭が A, 次が B, 最後が C であるが、途中でその順番は変化する
- ④最初は、先頭が C, 次が B, 最後が A であるが、途中でその順番は変化する

問 2. 時刻 t_1 から時刻 t_2 の間における小物体 A の平均の速度を求めよ。

問 3. 小物体 B の速度 v と時刻 t との関係を表す $v-t$ グラフとして最も適切なものを、図 2 の①～④の中から 1 つ選び、番号で答えよ。

問 4. 小物体 B の加速度を求めよ。

問 5. 小物体 A, B, C の初速度（時刻 $t=0$ での瞬間の速度）の大きさを、それぞれ v_{A0} , v_{B0} , v_{C0} とする。 v_{A0} , v_{B0} , v_{C0} を大きい順に左から並べて答えよ。

問 6. 時刻 t_1 において、小物体 A, B, C がもつ運動エネルギーを、それぞれ K_A , K_B , K_C とする。 K_A , K_B , K_C を大きい順に左から並べて答えよ。

問 7. 時刻 t_1 から時刻 t_2 の間において、小物体 A, B, C のそれぞれにはたらく x 軸方向の力の合力がした仕事を、 W_A , W_B , W_C とする。 W_A , W_B , W_C はそれぞれどのような値をもつか。次の選択肢 2 の①～③の中から 1 つ選び、それぞれ番号で答えよ。ただし、同じ番号を複数回選んでもよく、また、該当するものがない場合は“×”（バツ）を記入せよ。

選択肢 2

- ①正の値 ②負の値 ③値は 0

問 8. 図 1 で、小物体 C の運動について、 a を 0 より大きい正の定数として、時刻 t における位置が $x=at^2$ と表すことができるとする。このとき、小物体 C の速度 v と時刻 t との関係を表す $v-t$ グラフとして最も適切なものを、図 2 の①～④の中から 1 つ選び、番号で答えよ。

問 9. 問 8 のように、小物体 C の運動が $x=at^2$ と表されるとき、小物体 C にはたらく x 軸方向の力の合力を m , x_2 , t_2 を用いて表せ。

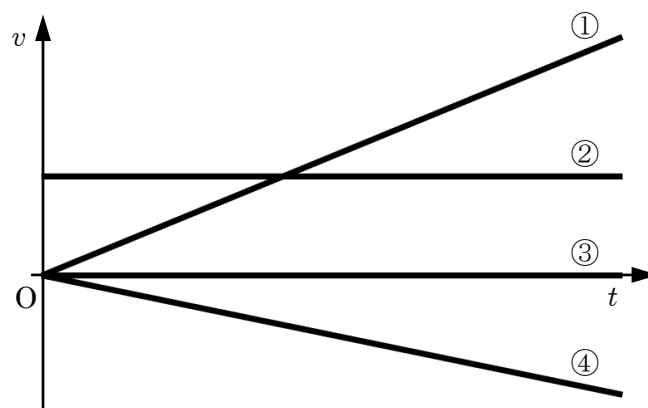


図 2

物理 問題 II

以下の問いに数値は有効数字2桁で答えよ。解答欄の括弧内には単位記号を書くこと。

問1. 時刻 $t=0\text{ s}$ で図1のような波形をもつ連続する三角波が、 x 軸の正の向きに進んでいる。 y 軸は波の変位を表していて、この三角波の振幅は 1.0 cm 、波長は 4.0 cm である。この三角波は時刻 $t=1.5\text{ s}$ のとき図2のようになった。

- (1) この三角波が進む速さを求めよ。
- (2) この三角波の振動数を求めよ。
- (3) 原点における時刻 $0\text{ s} \leq t \leq 4.0\text{ s}$ の間の変位 y を表すグラフを解答欄に図示せよ。

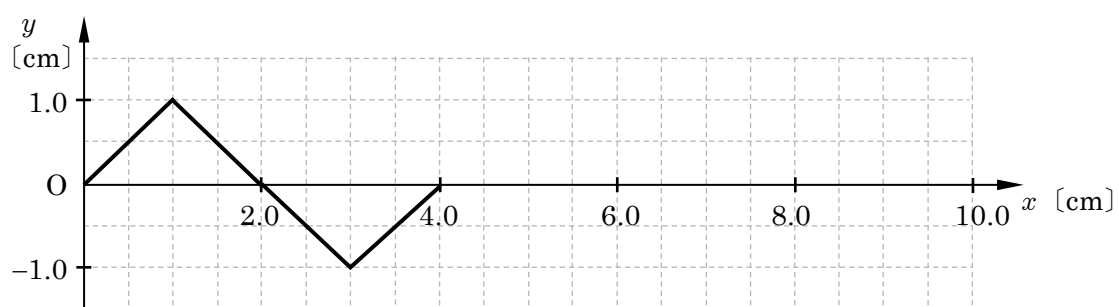


図1

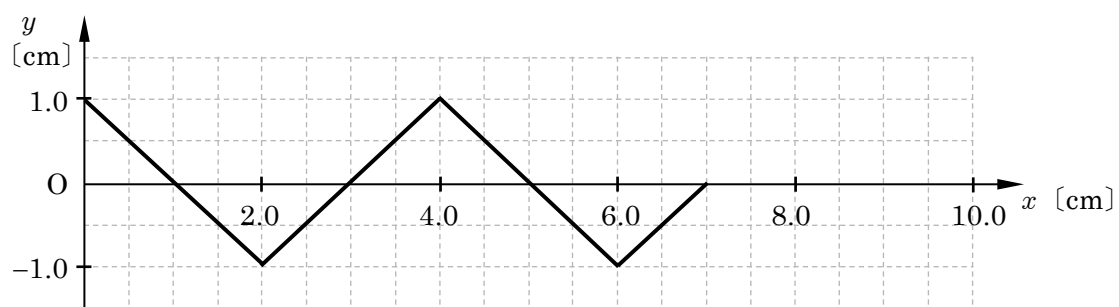


図2

問2. 図1, 図2で示した三角波について、振幅と波長は変えずに x 軸の正の向きに進む速さを 1.0 cm/s に変更した波を考える。図3はこの三角波の先頭が初めて位置 $x=10.0\text{ cm}$ の点Aに達したときの波の様子を表していて、その後、波は点Aで反射した。図3のときの時刻を $t=0\text{ s}$ 、位置 $x=9.0\text{ cm}$ を

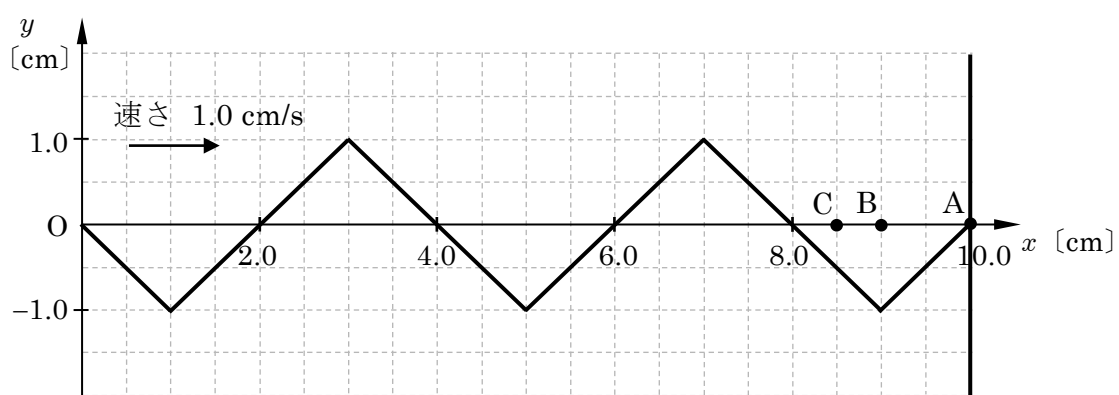


図3

点B, 位置 $x=8.5\text{ cm}$ を点Cとする。三角波の入射波と反射波が合成されたとき、打ち消し合って変位 y が常に 0 cm になる節の位置が現れた。また、合成波の変位 y の最大値は 2.0 cm になった。

- (1) 点Aが自由端の場合、時刻 $t=3.0\text{ s}$ のときの点Aにおける合成波の変位 y を求めよ。
- (2) 点Aが自由端の場合、時刻 $t=3.0\text{ s}$ のときの点Cにおける合成波の変位 y を求めよ。
- (3) 点Aが自由端の場合、複数の節が現れたときの点Aに最も近い節の位置 x を求めよ。
- (4) 点Aが固定端の場合、時刻 $t=2.0\text{ s}$ のときの点Cにおける合成波の変位 y を求めよ。
- (5) 点Aが固定端の場合、複数の節が現れたときのとなり合う節の間隔を求めよ。
- (6) 点Aが固定端の場合、時刻 $0\text{ s} \leq t \leq 8.0\text{ s}$ の間に、点Bにおける合成波の変位 y が 2.0 cm となる時刻 t を、次の選択肢の中からすべて選び、番号で答えよ。

選択肢 ① 1.0 s ② 2.0 s ③ 3.0 s ④ 4.0 s ⑤ 5.0 s ⑥ 6.0 s ⑦ 7.0 s ⑧ 8.0 s

物理 問題 III

図1の一边の長さが a の立方体の抵抗を組み合わせ、図2、図3のような様々な直方体の抵抗を作る。このとき、以下の問いに答えよ。

図4のように、直流電源と2つの端子A、Bをもつ電気回路を用意し、様々な直方体の抵抗の向かい合う2つの面をそれぞれの端子に接続すると、直方体の抵抗の内部には端子に接続した2つの面に垂直に一樣な電流が流れる。

図1の立方体の抵抗の左右の面をそれぞれ端子A、Bに接続した。このときの抵抗値を R とする。

問1. この抵抗に電圧 V をかけたときに、回路上の点Pに流れる電流の大きさを求めよ。

問2. この抵抗に電圧 V をかけたときに、抵抗で消費される電力を求めよ。

図2のように、図1の立方体 N 個（図2は $N = 5$ の例）を直列につなぎ、図2の左端と右端の面に相当する面をそれぞれ端子A、Bに接続して電圧をかけると、点Pに大きさ I の電流が流れた。

問3. このときに、抵抗全体にかけた電圧を、 R 、 N 、 I の中から必要なものを用いて表せ。

問4. このときに、抵抗全体で消費される電力を、 R 、 N 、 I の中から必要なものを用いて表せ。

図3のように、図1の立方体 N 個を1列につないだものを1組として M 組（図3は $N = 5$ 、 $M = 6$ の例）作成し、それらを並列につなぎ、図3の左端と右端の面に相当する面をそれぞれ端子A、Bに接続した。

この抵抗の組み合わせは、長さ $L = Na$ 、断面積 $S = Ma^2$ の1つの抵抗とみなすことができる。

問5. 抵抗全体に電圧 V をかけたときに、点Pに流れる電流の大きさを、 R 、 N 、 M 、 V の中から必要なものを用いて表せ。

問6. 抵抗全体に電圧 V をかけたときに、（一边の長さが a の）立方体の抵抗1つで消費される電力を、 R 、 N 、 M 、 V の中から必要なものを用いて表せ。

問7. この抵抗全体の抵抗値を、 a 、 R 、 L 、 S の中から必要なものを用いて表せ。

図1の立方体の抵抗を8個まで使って直方体の抵抗を作る。様々な直方体の抵抗を作ることができるが、それらの合成抵抗の抵抗値も様々なものである。

問8. これらのうち、最も大きな抵抗値は最も小さな抵抗値の何倍になるか答えよ。

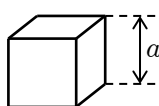


図1

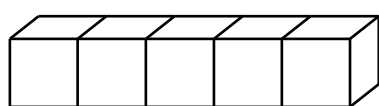


図2

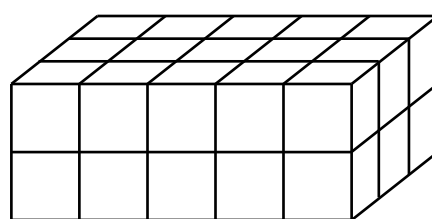


図3

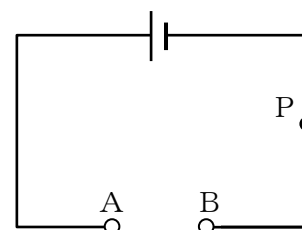


図4