

①大学（薬・香薬以外）

② 入試区分

I 期A日程

③ 出題科目

物理基礎

④ 出題の意図

物体の運動、波、電気の3つの分野について、基礎から標準的なレベルで出題している。

特に、基本的な知識や考え方を十分に身につけているかを問うている。

また、公식을単に暗記するだけでなく、その背後にある物理法則をしっかり修得しておくことが必要な問題を出題している。

更に、数値で解答する問題や文字式で解答する問題に加えて、作図する問題も出題し、物理的な関係性を図に表す習慣を身につけているかも確認している。

物理基礎

- I 図1のように、水平な机の上面に質量 m [kg] の物体Aを置く。物体Aに軽くて伸びないひもをつけ、これを机の端に固定した軽い滑車に通して、ひもの端に質量 M [kg] の物体Bをつける。物体Aをおさえていた手を静かにはなすと、物体Aと物体Bは運動を始めた。重力加速度の大きさを g [m/s²] として、次の問い（1，2）に答えよ。ただし、物体Aと物体Bが移動する距離に対して、机の上面の長さや高さがそれぞれ十分にあるものとする。

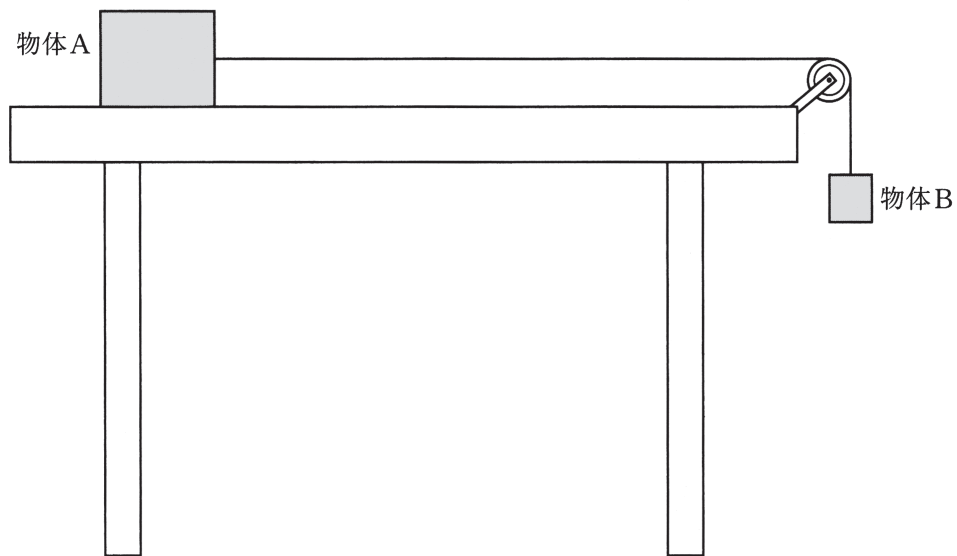


図1

- 1 机の上面がなめらかであるとき、次の問い ((1)～(5)) に答えよ。
- (1) ひもが物体Aを引く力の大きさを T [N]、物体Aの加速度の大きさを a [m/s²] とするとき、物体Aと物体Bのそれぞれの運動方程式を示せ。
 - (2) 物体Aの加速度の大きさ a [m/s²] を T [N] を用いないで表せ。
 - (3) 運動を始めてから t 秒後の物体Aの速さ v [m/s] を T [N] を用いないで表せ。
 - (4) 運動を始めてから t 秒間に物体Aが移動する距離 ℓ [m] を T [N] を用いないで表せ。
 - (5) 物体Aの質量 m を 0.40 kg, 物体Bの質量 M を 0.010 kg, 重力加速度の大きさ g を 9.8 m/s² とするとき、運動を始めてから 2.0 秒間に物体Bが鉛直下向きに移動する距離 L [m] を求めよ。
- 2 机の上面があらく、上面と物体Aとの間の動摩擦係数が μ' であるとき、物体Aの加速度の大きさ a' [m/s²] を求めよ。

Ⅱ 次の問い（１，２）に答えよ。

- 1 次の文章は波の性質について記述したものである。（ア）～（ス）に入る語句を選択肢から選んで番号で記せ。

図１のように、媒質の両端で波を起こし、２つの波を互いに逆向きに進める。途中で出会った波はしばらくの間、複雑に変化する。ところが、やがて同じ波形の波がそれぞれ現れ、互いに相手の波を通り抜けたように進んでいく。このような性質を波の（ア）性という。また、複雑に変化するときに見れている波形は、それぞれの波の（イ）を足し合わせたものになる。これを波の（ウ）の原理という。（ウ）によってできた波を合成波という。

一つの媒質中を進んできた波は、媒質の端や異なる媒質との境界で反射する。反射する前の波を入射波、反射により向きを変えて進む波を反射波という。媒質の端では、媒質が自由に（エ）場合と（オ）場合の２種類があり、それにより反射の仕方がそれぞれ異なる。反射端において媒質が自由に（エ）場合は、反射波の振動が入射波と（カ）になる。このような反射の仕方を自由端反射という。一方、反射端において媒質が（オ）場合は、反射波の振動が入射波と（キ）になる。このような反射の仕方を固定端反射という。

媒質の端を単振動させると正弦曲線の波形をもつ波が媒質を伝わっていく。この波を正弦波という。正弦波が反射する場合、その反射波も正弦波となる。そのとき入射波と反射波は、波長、（ク）、（ケ）が等しく、逆向きに進む波であるから、これらを（ウ）たことで、定在波が生じる。自由端で反射する場合、反射点において、入射波による振動と反射波による振動は常に（カ）になり、振動が互いに（コ）ので、自由端は定在波の（サ）となる。一方、固定端で反射する場合、反射点において、入射波による振動と反射波による振動は常に（キ）になり、振動が互いに（シ）ので、固定端は定在波の（ス）になる。

語句

- | | | | |
|---------|--------|---------|---------|
| 1 独立 | 2 連続 | 3 変位 | 4 振幅 |
| 5 周期 | 6 位相 | 7 重ね合わせ | 8 同位相 |
| 9 逆位相 | 10 動ける | 11 動けない | 12 強め合う |
| 13 弱め合う | 14 腹 | 15 節 | 16 疎 |
| 17 密 | | | |

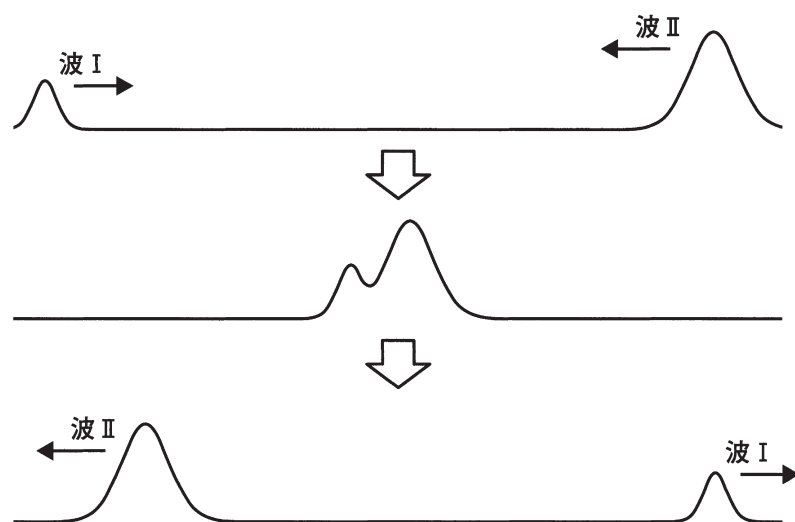


図 1

2 x 軸の原点で媒質を単振動させると、波が x 軸の正の向きに進み、やがて $x = 10.0$ m の位置にある自由端で反射し、 x 軸の負の向きに進む反射波が生じた。入射波と反射波が媒質に十分広がったあと、媒質には定在波が生じた。次の問い (1)～(5) に答えよ。

- (1) 正の向きに進む波について、ある時刻 t_0 [s] とその 0.50 秒後である $t_0 + 0.50$ [s] の波形を調べたところ、図 2 のようになっていた。この波の、波長 λ 、速さ v 、振動数 f を求めよ。

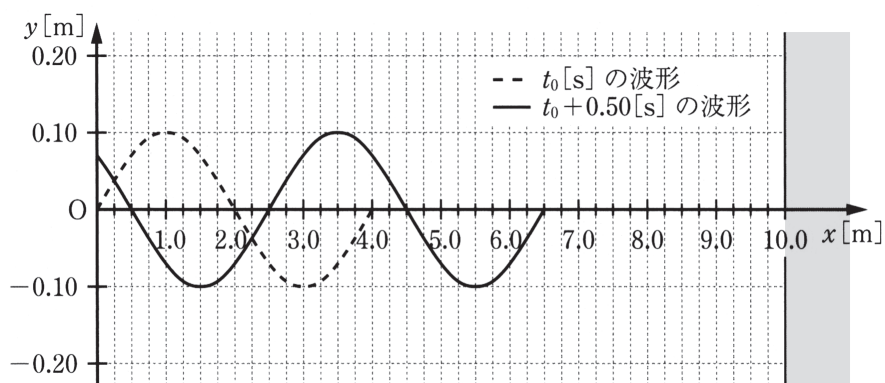


図 2

- (2) 定在波が生じたあと、入射波の波形が図 3 のようになった瞬間の合成波の波形を、太い実線で描け。

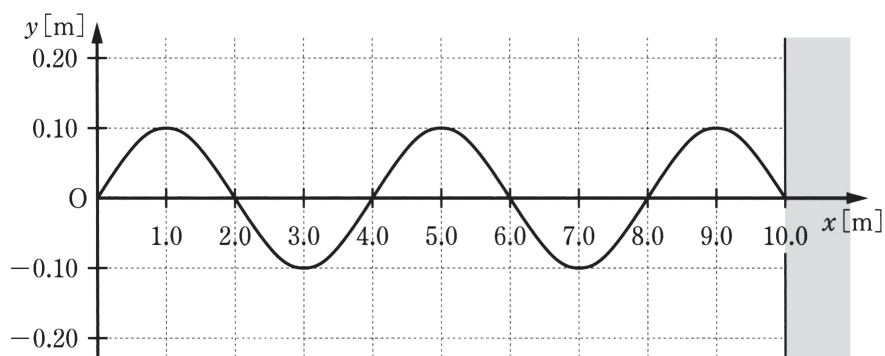


図 3

- (3) 定在波が生じたあと，入射波の波形が図 4 のようになった瞬間の合成波の波形を，太い実線で描け。

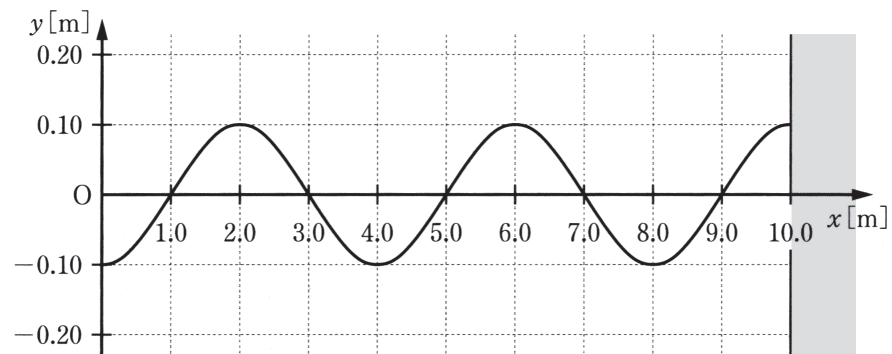


図 4

- (4) 媒質に生じた定在波の節の位置 (x 座標) をすべて求めよ。なお，単位は m とする。
- (5) 自由端の位置で何秒ごとに変位が正で最大になるか求めよ。

- Ⅲ 図1のように、抵抗 R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , 電圧 E [V] の電池からなる回路がある。次の問い (1, 2) に答えよ。

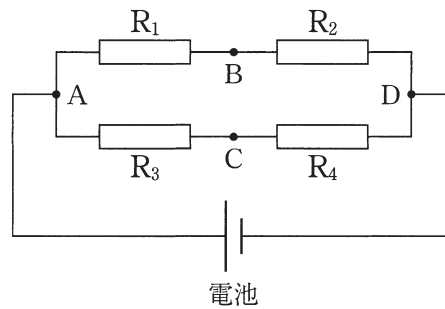


図1

- 1 抵抗 R_1 , R_2 , R_3 , R_4 がすべて同じ抵抗値 R [Ω] である場合について、次の問い ((1)~(6)) に答えよ。
 - (1) 抵抗 R_1 に流れる電流 I_1 を求めよ。
 - (2) AB 間の電圧 V_{AB} を求めよ。
 - (3) 抵抗 R_3 に流れる電流 I_3 を求めよ。
 - (4) AC 間の電圧 V_{AC} を求めよ。
 - (5) 電圧 V_{AC} と電圧 V_{AB} との電圧の差 V_{CB} を求めよ。
 - (6) AD 間の合成抵抗の抵抗値 R_{AD} を求めよ。

- 2 抵抗 R_1 , R_3 , R_4 が同じ抵抗値 R [Ω] であり、抵抗 R_2 の抵抗値を R [Ω] から $R+R'$ [Ω] に変えた場合について、次の問い ((1)~(5)) に答えよ。
 - (1) 抵抗 R_1 に流れる電流 I_1' を求めよ。
 - (2) AB 間の電圧 V_{AB}' を求めよ。
 - (3) 抵抗 R_3 に流れる電流 I_3' を求めよ。
 - (4) AC 間の電圧 V_{AC}' を求めよ。
 - (5) 電圧 V_{AC}' と電圧 V_{AB}' との電圧の差 V_{CB}' を求めよ。

I

- 1 (1) (答) 物体 A :
- $ma = T$
- 物体 B :
- $Ma = Mg - T$

- (2) (導出過程)

物体 A の運動方程式が $ma = T$ (式 1), 物体 B の運動方程式が $Ma = Mg - T$ (式 2) となるから, (式 1) と (式 2) より,

$$(M + m)a = Mg$$

$$\text{よって, } a = \frac{Mg}{M + m}$$

$$\text{(答)} \quad \frac{Mg}{M + m} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

- (3) (導出過程)

初速度は 0 だから, 求める速さ v は, $v = at$ となる。

$$\text{また, (2)より } a = \frac{Mg}{M + m} \text{ だから, } v = \frac{Mgt}{M + m}$$

$$\text{(答)} \quad \frac{Mgt}{M + m} \text{ [m/s]}$$

- (4) (導出過程)

初速度は 0 だから, 求める距離 ℓ は, $\ell = \frac{1}{2}at^2$ となる。

$$\text{また, (2)より } a = \frac{Mg}{M + m} \text{ だから, } \ell = \frac{Mgt^2}{2(M + m)}$$

$$\text{(答)} \quad \frac{Mgt^2}{2(M + m)} \text{ [m]}$$

- (5) (導出過程)

t 秒間に物体 B が鉛直下向きに移動する距離 L は, (4)で求めた t 秒間に物体 A が机の上面を移動する距離 ℓ と同じである。

m が 0.40 kg, M が 0.010 kg, g が 9.8 m/s^2 , t が 2.0 秒だから,

$$\text{(4)より } L = \frac{0.010 \times 9.8 \times 2.0 \times 2.0}{2(0.010 + 0.40)} \approx 0.478$$

$$\text{(答)} \quad 0.48 \text{ [m]}$$

- 2 (導出過程)

ひもが物体を引く力の大きさを T' [N] とし, 物体 A, 物体 B のそれぞれについて運動方程式を立てると,

$$\text{物体 A : } ma' = T' - \mu' mg \text{ (式 3)}$$

$$\text{物体 B : } Ma' = Mg - T' \text{ (式 4)}$$

(式 3) と (式 4) より,

$$(M + m)a' = Mg - \mu' mg$$

$$\text{よって, } a' = \frac{(M - \mu' m)g}{M + m}$$

$$\text{(答)} \quad \frac{(M - \mu' m)g}{M + m} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

II

- | | | | | |
|---------|--------|---------------|---------------|--------|
| 1 (ア) 1 | (イ) 3 | (ウ) 7 | (エ) 10 | (オ) 11 |
| (カ) 8 | (キ) 9 | (ク) 4 (または 5) | (ケ) 5 (または 4) | (コ) 12 |
| (サ) 14 | (シ) 13 | (ス) 15 | | |

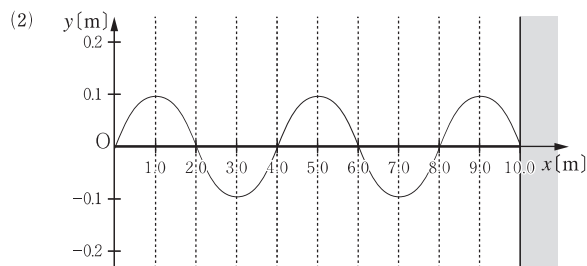
- 2 (1) (導出過程)

グラフから正弦波の 1 周期が 4.0m なので波長 $\lambda = 4.0 \text{ m}$ 。

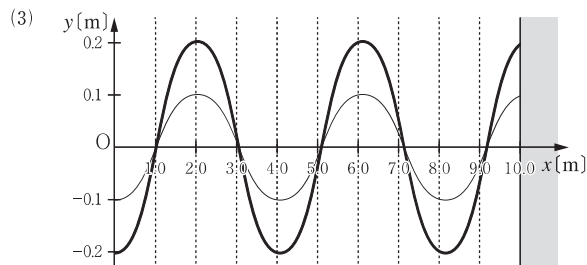
この波の山が 0.5s 後に 2.5m 進んでいるので速さ v は $v = 2.5/0.5 = 5.0$

周波数 $f = v/\lambda = 5.0/4.0 = 1.25$

$$\text{(答)} \quad \text{波長 : } 4.0 \text{ [m]} \quad \text{速さ : } 5.0 \text{ [m/s]} \quad \text{振動数 : } 1.3 \text{ [Hz]}$$



$0 \leq x \leq 10.0$ において、 $y=0$ (x軸と一致)



(4) (導出過程)

自由端反射で生じる定在波は自由端で腹になる。したがって問い(3)のような波形であるため節の位置は、1.0, 3.0, 5.0, 7.0m, 9.0m のところ。

(答) 1.0 [m], 3.0 [m], 5.0 [m], 7.0 [m], 9.0 [m]

(5) (導出過程)

定在波の振動周期は元の入射波の周期と等しい。したがって、正で最大変位が現れるのも周期と等しいため、

$$T = 1/f = 1/1.25 = 0.8$$

(答) 0.80 [s]

Ⅲ

1 (1) (導出過程)

$$I_1 = \frac{E}{R+R} = \frac{E}{2R}$$

(答) $\frac{E}{2R}$ [A]

(2) (導出過程)

$$V_{AB} = R \times I_1 = R \times \frac{E}{2R} = \frac{E}{2}$$

(答) $\frac{E}{2}$ [V]

(3) (導出過程)

$$I_3 = \frac{E}{R+R} = \frac{E}{2R}$$

(答) $\frac{E}{2R}$ [A]

(4) (導出過程)

$$V_{AC} = R \times I_3 = R \times \frac{E}{2R} = \frac{E}{2}$$

(答) $\frac{E}{2}$ [V]

(5) (導出過程)

$$V_{CB} = V_{AC} - V_{AB} = \frac{E}{2} - \frac{E}{2} = 0$$

(答) 0 [V]

(6) (導出過程)

$$\frac{1}{R_{AD}} = \frac{1}{R+R} + \frac{1}{R+R} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{1}{R}$$

よって、 $R_{AD} = R$

(答) R [Ω]

2 (1) (導出過程)

$$I_1' = \frac{E}{R+R+R'} = \frac{E}{2R+R'}$$

(答) $\frac{E}{2R+R'}$ [A]

(2) (導出過程)

$$V_{AB}' = R \times I_1' = R \times \frac{E}{2R + R'} = \frac{ER}{2R + R'}$$

$$(\text{答}) \quad \frac{ER}{2R + R'} \text{ [V]}$$

(3) (導出過程)

$$I_3' = \frac{E}{R + R} = \frac{E}{2R}$$

$$(\text{答}) \quad \frac{E}{2R} \text{ [A]}$$

(4) (導出過程)

$$V_{AC}' = R \times I_3' = R \times \frac{E}{2R} = \frac{E}{2}$$

$$(\text{答}) \quad \frac{E}{2} \text{ [V]}$$

(5) (導出過程)

$$V_{CB}' = V_{AC}' - V_{AB}' = \frac{E}{2} - \frac{ER}{2R + R'} = \frac{E(2R + R') - 2ER}{2(2R + R')} = \frac{ER'}{4R + 2R'}$$

$$(\text{答}) \quad \frac{ER'}{4R + 2R'} \text{ [V]}$$