

物 理 I

(全 問 必 答)

第1問 次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

〔解答番号 1 ～ 6 〕 (配点 30)

図1のように、水平な天井の2点A、B(その間隔は ℓ)から、同じ長さの糸をそれぞれ鉛直にたらし、その下端に、長さ ℓ 、質量 M の様な細い棒の両端C、Dを固定する。さらに棒の一端Cから糸を鉛直にたらし、その下端をEとする。なおすべての糸は、その質量が無視できるものとし、伸びたり切れたりしないものとする。いま、大きさの無視できる質量 m の虫が、点Eから糸上を点Cへ向かって一定の大きさの加速度 a で登りはじめた。重力加速度の大きさを g とする。

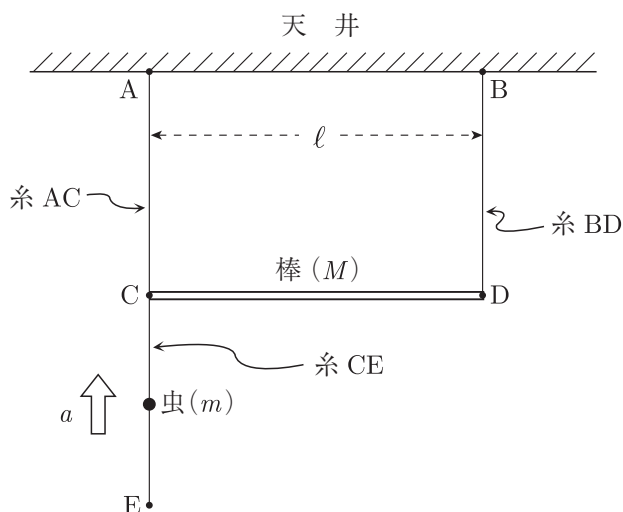


図 1

問1 虫が糸 CE 上を一定の大きさの加速度 a で上昇しているとき、糸 CE の虫より下の部分の張力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

- ① $m(g+a)$ ② mg ③ ma ④ 0

問2 問1 のとき、糸 CE の虫より上の部分の張力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- ① $m(g+a)$ ② mg ③ ma ④ 0

問3 問1 のとき、糸 AC の張力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3

- ① $\frac{1}{2}Mg + m(g+a)$ ② $\frac{1}{2}Mg + mg$
 ③ $\frac{1}{2}Mg + ma$ ④ $\frac{1}{2}Mg$

問4 問1 のとき、糸 BD の張力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① $\frac{1}{2}Mg + m(g+a)$ ② $\frac{1}{2}Mg + mg$
 ③ $\frac{1}{2}Mg + ma$ ④ $\frac{1}{2}Mg$

物理 I

問 5 虫は点 C に達して、いったん静止した。次に虫は、時刻 $t = 0$ から、点 C から棒上を点 D へ向かって一定の速さ v で動き出した。時刻 t ($0 < t < \frac{\ell}{v}$) のとき、糸 AC の張力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

① $\frac{1}{2}Mg + mg$

② $\frac{1}{2}Mg + \frac{vt}{\ell}mg$

③ $\frac{1}{2}Mg + \frac{\ell - vt}{\ell}mg$

④ $\frac{1}{2}Mg + \frac{1}{2}mg$

問 6 問 5 のとき、糸 BD の張力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6

① $\frac{1}{2}Mg + mg$

② $\frac{1}{2}Mg + \frac{vt}{\ell}mg$

③ $\frac{1}{2}Mg + \frac{\ell - vt}{\ell}mg$

④ $\frac{1}{2}Mg + \frac{1}{2}mg$

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

〔解答番号 1 ～ 6〕 (配点 30)

図1のように、ロケットの内部に、質量 m の小さなおもりが、ばね定数 k の質量の無視できるばねで鉛直につり下げられている。ここでおもりの質量は、ロケット全体の質量より十分に小さいものとする。ロケットとおもりは、時刻 $t = t_0$ まで静止していたが、その後ロケットは鉛直に上昇を続けた。静止中から上昇中にかけて、ばねの自然長からの伸び x が時刻 t とともにどのように変化するかを示したものが図2である。ばねの伸びは細部にわたっては複雑であるが、近似的には図2の太線のような段階状のグラフとなった。なお、ロケットの運動に対する空気の抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさは高度によらず一定であるものとする。

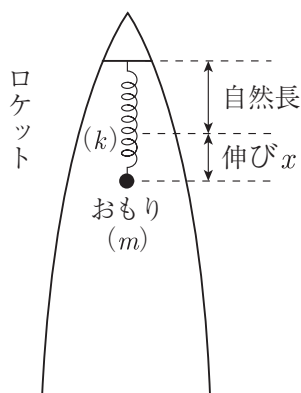


図 1

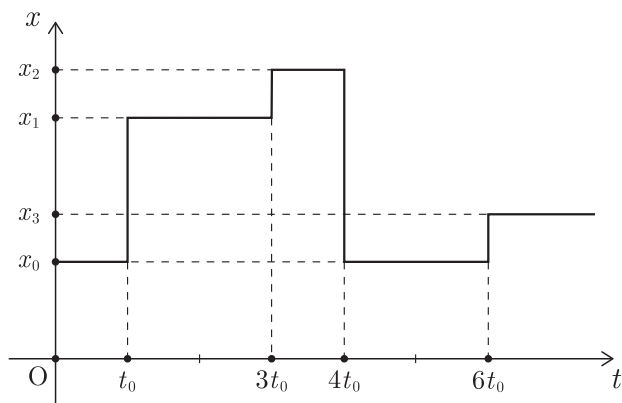


図 2

問1 おもりにはたらく重力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

- ① $k(x_3 - x_0)$ ② $k(x_2 - x_0)$ ③ $k(x_1 - x_0)$ ④ kx_0

問2 $t_0 < t < 3t_0$ における、ロケットの加速度の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- ① $\frac{k}{m}(x_3 - x_0)$ ② $\frac{k}{m}(x_2 - x_0)$ ③ $\frac{k}{m}(x_1 - x_0)$ ④ $\frac{k}{m}x_0$

問3 時刻 $t = t_0$ から $t = 4t_0$ までの間のロケットの平均加速度の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3

- ① $\frac{k}{4m}(x_2 + 2x_1 - 3x_0)$ ② $\frac{k}{3m}(x_2 + 2x_1 - 3x_0)$
 ③ $\frac{k}{2m}(x_2 + 2x_1 - 3x_0)$ ④ $\frac{k}{m}(x_2 + 2x_1 - 3x_0)$

問4 $6t_0 < t$ における、ロケットの加速度の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① $\frac{k}{m}x_0$ ② $\frac{k}{m}(x_1 - x_0)$ ③ $\frac{k}{m}(x_2 - x_0)$ ④ $\frac{k}{m}(x_3 - x_0)$

物理 I

問 5 時刻 $t = 6t_0$ におけるばねの伸びの増加は、このときロケットから質量 M の物体を静かに切りはなしたために生じたものである。切りはなしの前後でロケットの推進力には変化がなかったものとする。切りはなし直後のロケットの質量はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

① $\frac{x_0}{x_3 - x_0} M$ ② $\frac{x_3 - x_0}{x_0} M$ ③ $\frac{2x_0}{x_3 - x_0} M$ ④ $\frac{x_3 - x_0}{2x_0} M$

問 6 問 5 における推進力はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6

① $\frac{kmx_0x_3}{M(x_3 - x_0)}$ ② $\frac{kMx_0x_3}{m(x_3 - x_0)}$
 ③ $\frac{kmx_3(x_3 - x_0)}{Mx_0}$ ④ $\frac{kMx_3(x_3 - x_0)}{mx_0}$

第3問

次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

〔解答番号 1 ～ 5 〕 (配点 25)

図1のように、A 駅を通過して東西に走る鉄道が B 点で北西に 45° 進路を変え C 駅を通過て行く。B 点から AB の延長上は道路で、それと、C 駅を通り鉄道に直交する道路との交点に D 君がいる。急行電車 T が一定の速さ v で東から A 駅、B 点、C 駅を通過した。A 駅と C 駅の通過時に、急行電車 T から振動数 f_0 の警笛を発した。電車や駅などの大きさは無視できるものとし、無風状態での音速を $V (V > v)$ とする。

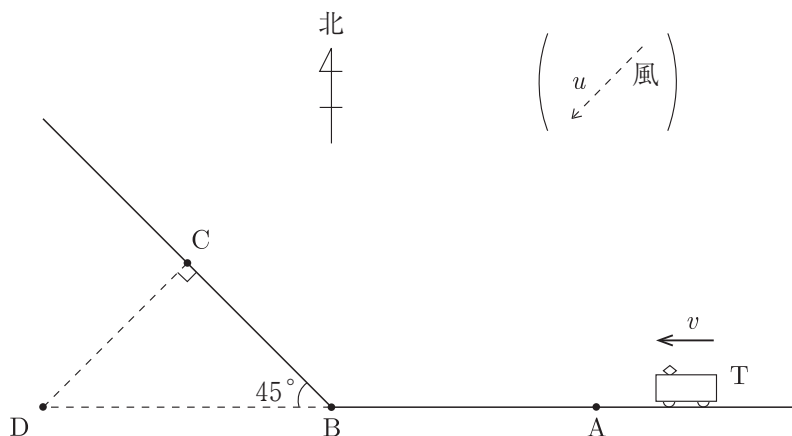


図 1

問1 風が吹いていない場合、A 駅で発せられた警笛を D 君が聞くととき、その振動数はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

- ① f_0 ② $\frac{V-v}{V} f_0$ ③ $\frac{V}{V-v} f_0$ ④ $\frac{V}{V+v} f_0$

問2 問1の場合，C 駅で発せられた警笛を D 君が聞くとき，その振動数はいくらか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 2

① f_0 ② $\frac{V-v}{V} f_0$ ③ $\frac{V}{V-v} f_0$ ④ $\frac{V}{V+v} f_0$

問3 速さ u ($u < V$) の風が一樣に北東から吹いている場合，A から D の向きの音の速さ V_1 はいくらか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

$V_1 =$ 3

① $V + \frac{u}{\sqrt{2}}$ ② $V + u$ ③ $\frac{V+u}{\sqrt{2}}$ ④ $\frac{u + \sqrt{2V^2 - u^2}}{\sqrt{2}}$

問4 問3の場合，C から D の向きの音の速さはいくらか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 4

① $V + \frac{u}{\sqrt{2}}$ ② $V + u$ ③ $\frac{V+u}{\sqrt{2}}$ ④ $\frac{u + \sqrt{2V^2 - u^2}}{\sqrt{2}}$

問5 問3の場合，A 駅で発せられた警笛を D 君が聞くときの振動数を f_A ，C 駅で発せられた警笛を D 君が聞くときの振動数を f_C とする。急行電車の速さ v を f_A ， f_C および V_1 で表すとどうなるか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 $v =$ 5 $\times V_1$

① $\frac{f_A}{f_A + f_C}$ ② $\frac{f_A}{f_A - f_C}$ ③ $\frac{f_A + f_C}{f_A}$ ④ $\frac{f_A - f_C}{f_A}$

第4問 次の文章を読み，各問い(問1～3)に答えよ。

〔解答番号 1 ～ 3〕 (配点 15)

図1のように， R [Ω] の電気抵抗と $2R$ [Ω] の電気抵抗3個と起電力 E [V] の直流電源とスイッチ S とを接続した。4個の電気抵抗以外の回路の抵抗は，すべて無視できるものとする。

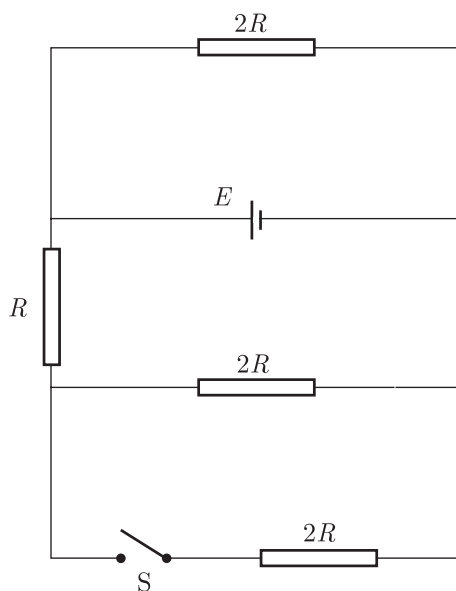


図 1

問1 スイッチ S が開いているとき，直流電源が供給する電力はいくらか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 1 [W]

① $\frac{5E^2}{6R}$

② $\frac{2E^2}{3R}$

③ $\frac{E^2}{2R}$

④ $\frac{E^2}{3R}$

問2 スイッチ S を閉じたとき，直流電源を流れる電流の大きさはいくらか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 2 [A]

① $\frac{E}{4R}$

② $\frac{E}{3R}$

③ $\frac{E}{2R}$

④ $\frac{E}{R}$

問3 問2 のとき， R [Ω] の抵抗で消費される電力はいくらか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 3 [W]

① $\frac{E^2}{5R}$

② $\frac{E^2}{4R}$

③ $\frac{E^2}{3R}$

④ $\frac{E^2}{2R}$