

物理基礎 (その1)

第1問 図1のようなゴンドラがある。ゴンドラの水平な床面には体重計が設置されており、その上に人が乗っている。ゴンドラの上端には伸び縮みしない丈夫な綱が取り付けられている。この綱をなめらかな定滑車に通し、綱の他端をゴンドラに乗っている人が持っている。ゴンドラの質量を M 、人の質量を m 、重力加速度の大きさを g とする。綱及び体重計の質量や、浮力の影響は無視できる。

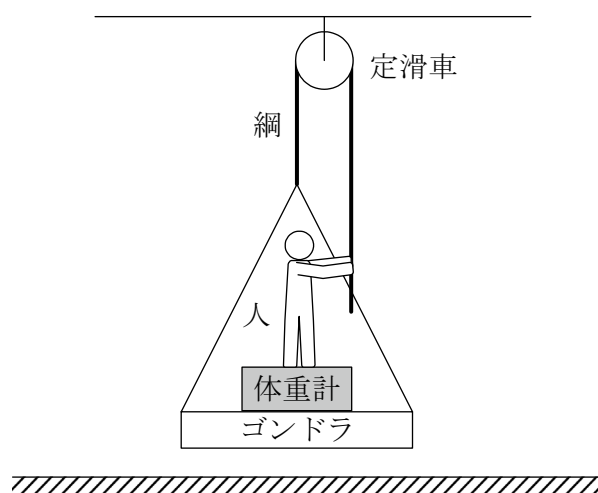


図1

はじめ、ゴンドラは空中で静止している。

問1 綱にはたらく張力の大きさを T 、人が体重計から受ける垂直抗力の大きさを N とする。ゴンドラに乗っている人にはたらく力のつり合いの式と、ゴンドラにはたらく力のつり合いの式を、 M 、 m 、 T 、 N 、 g のうち、必要なものを用いて表せ。

問2 綱にはたらく張力の大きさ T はいくらか。 M 、 m 、 g を用いて表せ。

問3 ゴンドラ内の体重計の読みはいくらか。 M 、 m を用いて表せ。

次に、ゴンドラに乗った人が綱を引いてゴンドラを動かす。

問4 ゴンドラが H だけ上昇した。人が引いた綱の長さはいくらか。 H を用いて表せ。

問5 ゴンドラが静止した状態から、ゴンドラに乗った人が綱を一定の力で引き続ける。人は 1.00 s の間に長さ 1.00 m だけ綱を引く。この間、ゴンドラに設置した体重計の読み値は何 kg を示すか。ただし、ゴンドラの質量を 20.0 kg、ゴンドラに乗っている人の体重を 50.0 kg、重力加速度の大きさを 9.80 m/s² とせよ。

物理基礎 (その2)

第2問 以下の問いに答えよ。

A 以下の文章中の**ア**～**キ**に適切な用語，記号，数値または式を入れよ。

物質を形成している分子や原子は熱（**ア**）による（**ア**）エネルギーのほか，分子間や原子間にはたらく引力や斥力による（**イ**）エネルギーをもっている。このような分子や原子の微視的エネルギーの総和を（**ウ**）エネルギーという。例えば，気体で膨らんだ風船が静止している，すなわち，巨視的な力学的エネルギーが（**エ**）の場合でも，風船の内部に閉じ込められた気体の（**ウ**）エネルギーは（**エ**）ではない。

この考え方をもとに，「物質を熱すると，温度が上昇する」という現象を考えてみる。物質が熱を（**オ**）すると，熱（**ア**）は活発になり，物質の（**ウ**）エネルギーが（**カ**）し，温度が上昇する。

物質の温度を上昇させるには，熱を加えるだけでなく，物質に仕事をしてよい。物質に加えられた熱量を Q ，物質が外部にした仕事を W として，（**ウ**）エネルギーの増加量を式で表すと，（**キ**）となる。

B 摩擦のある道路を時速 54 km で走っている車がブレーキをかけて停止した。車の質量は $1.2 \times 10^3 \text{ kg}$ とする。

問1 この車が停止したときに発生した熱量は何 J か。

問2 このとき，発生した熱量の 70% が金属のブレーキ板に与えられた。ブレーキ板の温度は何 $^{\circ}\text{C}$ 上昇するか。ブレーキ板の質量を 3.0 kg ，ブレーキ板に使用した金属の比熱を $4.5 \times 10^2 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ とする。なお，ブレーキ板に与えられた熱量は，すべてブレーキ板の温度上昇に使用されたものとする。

物理基礎 (その3)

第3問 図2のグラフは、 x 軸上を進む縦波のある時刻における変位を表す。ここで、 x 軸の正向きの変位をグラフの縦軸の正向きに表している。また、 A は正の定数である。この波は正弦波で、速さ 6 m/s で x 軸の正向きに進んでいる。

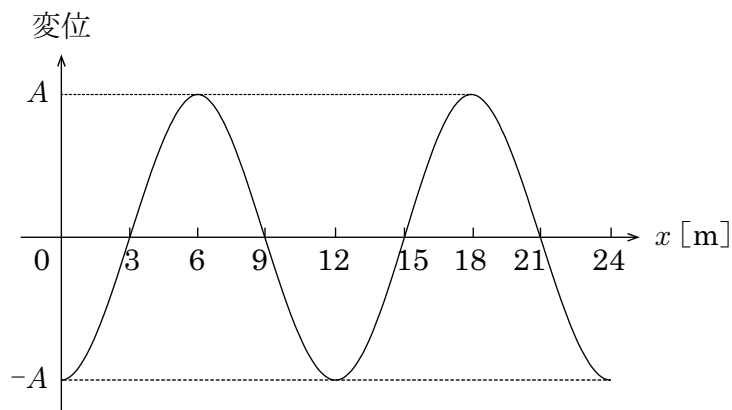


図2

問1 波の波長，周期，振動数を答えよ。単位をつけて答えること。

問2 図2 に示された範囲内 ($0 \leq x \leq 24 \text{ m}$) で、以下の(a)～(g)の条件を満たす位置の x 座標値を答えよ。もし複数存在する場合にはすべて答えること。

- (a) $x = 3 \text{ m}$ と同位相である位置
- (b) $x = 3 \text{ m}$ と逆位相である位置
- (c) 媒質が最も密な位置
- (d) 媒質が最も疎な位置
- (e) $x = 0$ と媒質の密度が等しい位置
- (f) 媒質の速度が正向きで大きさが最大である位置
- (g) 媒質が静止している位置

問3 図2 は時刻が 0.5 s における変位を表している。 $x = 0$ における媒質の変位の時間変化を表すグラフを、時刻 $t \text{ [s]}$ を横軸にとって描け。時刻 0 から 1 周期分以上を描くこと。

物理基礎 (その4)

第4問 発電機で発生させた交流の電気を変圧器 A で高い電圧に変えてから送電線で変圧器 B に送り、そこで低い電圧に変えてから電気機器に送る (図3)。送電線には一般に抵抗があり、その全抵抗を r と表す。電気機器の抵抗は R である。それ以外の電線には抵抗はない。変圧器 A の 1 次コイル (発電機側) と 2 次コイルの巻き数は、それぞれ N_{A1} と N_{A2} であり、変圧器 B の 1 次コイルと 2 次コイル (電気機器側) の巻き数は、それぞれ N_{B1} と N_{B2} である。変圧器 A と B で電力の損失はない。変圧器 B の 2 次コイルから送りだされる電気の電圧 (実効値) は V で一定である。なお、以後の文章中の電圧と電流はすべて実効値を意味する。

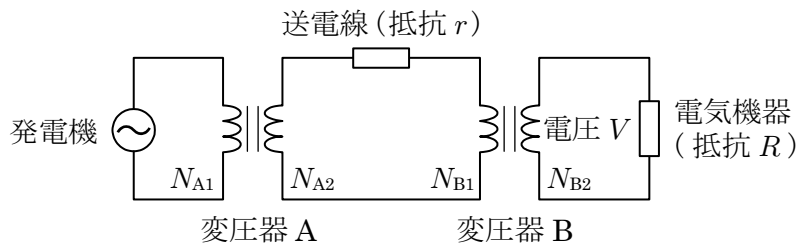


図3

- 問1** 変圧器 B に入力される電力はいくらか。
- 問2** 変圧器 B の 1 次コイル (送電線側) にかかる電圧はいくらか。
- 問3** 送電線を通る電流はいくらか。
- まず、送電線の抵抗が無視できる場合 ($r=0$) を考える。
- 問4** 発電機が発生しなければならない電力はいくらか。
- 問5** 発電機が発生しなければならない電圧はいくらか。

次に、送電線の抵抗が無視できない場合 ($r \neq 0$) を考える。

- 問6** 発電機が発生しなければならない電力は、**問4** で答えた電力の何倍か。
- 問7** 発電機が発生しなければならない電圧は、**問5** で答えた電圧の何倍か。