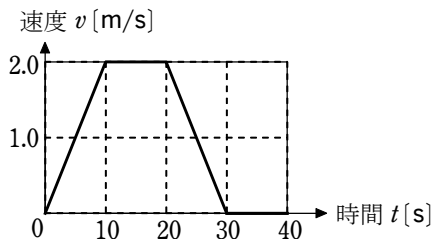


1.

エレベーターをモーターの力で上昇運動させる場合を考える。エレベーターの運動に伴う摩擦や空気抵抗は無視する。

(1)と(2)(b)はグラフを描け。(2)(a)と(3)の文中の ア キ については有効数字2桁の数値を記せ。(4)は文章を書け。ただし、重力加速度の大きさは $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とする。



時刻 $t = 0 \text{ s}$ のとき位置 $h = 0 \text{ m}$ に停止していた質量 $1.0 \times 10^3 \text{ kg}$ のエレベーターの速度が 40 s までの間に図のように変化した。図で鉛直上方の速度を正とする。

(1) エレベーターの加速度 $a \text{ [m/s}^2\text{]}$ と時刻 $t \text{ [s]}$ の関係を 10 s 毎の4つの時間区間、 $0 \text{ s} < t < 10 \text{ s}$, $10 \text{ s} < t < 20 \text{ s}$, $20 \text{ s} < t < 30 \text{ s}$, および $30 \text{ s} < t < 40 \text{ s}$ についてグラフで表せ。グラフの横軸は s 単位で、縦軸は m/s^2 単位で描くこと。

(2) (a) エレベーターが最高点に達する時刻は ア s であり、そのときの高さは イ m である。

(b) エレベーターの位置 $h \text{ [m]}$ 時間 $t \text{ [s]}$ の関係を時間区間 $0 \text{ s} \leq t \leq 40 \text{ s}$ についてグラフで表せ。グラフの横軸は s 単位で、縦軸は m 単位で描くこと。

(3) エレベーターを引き上げるロープが引く力 $F \text{ [N]}$ を考える。

(a) 時間区間 $0 \text{ s} < t < 10 \text{ s}$ では $F = \text{ウ}$ N,

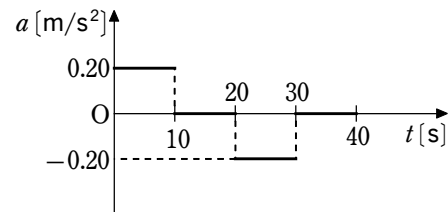
時間区間 $10 \text{ s} < t < 20 \text{ s}$ では $F = \text{エ}$ N,

時間区間 $20 \text{ s} < t < 30 \text{ s}$ では $F = \text{オ}$ N となる。

(b) エレベーターが上昇し始めてから10秒後までにモーターが行った仕事は カ J となる。一方、 $h = 0 \text{ m}$ における位置エネルギーを基準にとると、10秒後のエレベーターの位置エネルギーは キ J である。

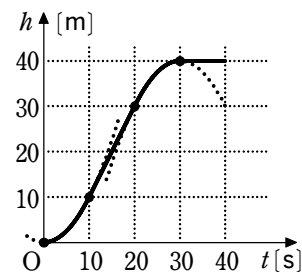
(4) (3)で得られた2つの値 カ と キ が一致しているかどうかを答えよ。一致していない場合には、その理由を記述せよ。

解答 (1)



(2) (a) (ア) 30 (イ) 40

(b)



(3) (a) (ウ) 1.0×10^4 (エ) 9.8×10^3 (オ) 9.6×10^3

(b) (カ) 1.0×10^5 (キ) 9.8×10^4

(4) 一致していない。

理由：モーターがした仕事は、位置エネルギーの増加以外に、エレベーターの運動エネルギーとなる。

解説

物体にはたらく力をすべて見つけ出し、向きに注意して運動方程式を立てればよい。

(1) $0 < t < 10 \text{ s}$ のとき

$$a_1 = \frac{2.0 - 0}{10 - 0} = 0.20 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$10 < t < 20 \text{ s}$ のとき

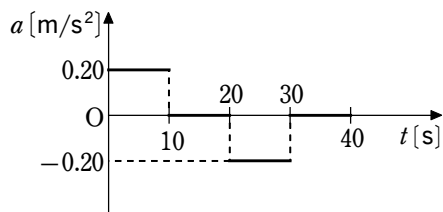
$$a_2 = \frac{2.0 - 2.0}{20 - 10} = 0 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$20 < t < 30 \text{ s}$ のとき

$$a_3 = \frac{0 - 2.0}{30 - 20} = -0.20 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$30 < t < 40 \text{ s}$ のとき

$$a_4 = \frac{0 - 0}{40 - 30} = 0 \text{ (m/s}^2\text{)}$$



- (2) (a) 最高点での速度は0であるから **30 s** ……(ア)

高さは $v-t$ 図の面積で求められる。

$$\frac{1}{2} \times (10 + 30) \times 2.0 = \mathbf{40 \text{ (m)}} \quad \dots\dots(\text{イ})$$

- (b) $0 < t < 10 \text{ s}$ の間は等加速度運動。

$$h_1 = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.20 \cdot t^2$$

$10 < t < 20 \text{ s}$ の間は等速度運動である。10 s のときの位置は

$$\frac{1}{2} \times 0.20 \times 10^2 = 10 \text{ (m)}$$

よって

$$h_2 = 10 + 2.0 \times (t - 10) = 2.0t - 10$$

$20 < t < 30 \text{ s}$ の間は等加速度運動。20 s のときの位置は 30 m, 速度は 2.0 m/s だから

$$h_3 = 30 + 2.0 \times (t - 20) + \frac{1}{2} \times (-0.20) \times (t - 20)^2$$

$$= -0.10t^2 + 6.0t - 50$$

$30 < t < 40 \text{ s}$ の間は静止。30 s のときの位置は 40 m

なので $h_4 = 40$ 以上をグラフに示す。

参考 運動状態が変化する時刻の位置を求める。

0 s … 0 m, 10 s … 10m, 20 s … 30 m

30 s … 40m, 40 s … 40 m

0~10 s は等加速度運動で放物線, 10~20 s は等速度運動で直線, 20~30 s は等加速度運動だから放物線となり, それらをなめらかに結べばよい。

- (3) (a) エレベーターには力 F と重力 mg がはたらくから, $ma = \text{合力}$ に代入する。

$0 < t < 10 \text{ s}$ では

$$1.0 \times 10^3 \times 0.20 = F - 1.0 \times 10^3 \times 9.8$$

$$\mathbf{F = 1.0 \times 10^4 \text{ N}} \quad \dots\dots(\text{ウ})$$

$10 < t < 20 \text{ s}$ では

$$1.0 \times 10^3 \times 0 = F - 1.0 \times 10^3 \times 9.8$$

$$\mathbf{F = 9.8 \times 10^3 \text{ N}} \quad \dots\dots(\text{エ})$$

$20 < t < 30 \text{ s}$ では

$$1.0 \times 10^3 \times (-0.20) = F - 1.0 \times 10^3 \times 9.8$$

$$\mathbf{F = 9.6 \times 10^3 \text{ N}} \quad \dots\dots(\text{オ})$$

- (b) (カ) 10 s 間にエレベーターは 10 m 上昇したから

$$W = F \cdot x = 1.0 \times 10^4 \times 10$$

$$= \mathbf{1.0 \times 10^5 \text{ (J)}}$$

また, 位置エネルギーは $U = mgh$ より

$$(\text{キ}) \quad U = 1.0 \times 10^3 \times 9.8 \times 10 = \mathbf{9.8 \times 10^4 \text{ (J)}}$$

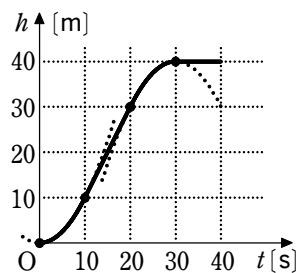
- (4) $W > U$ で一致していない。

モーターがした仕事は, 位置エネルギーの増加以外に, エレベーターの運動エネルギーとなる。

参考 運動エネルギー K は

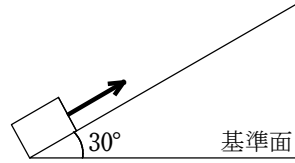
$$K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 1.0 \times 10^3 \times 2.0^2$$

$$= \mathbf{2.0 \times 10^3 \text{ (J)}}$$



2.

水平面と 30° の傾きをなすなめらかな斜面の下端に、質量 1.0 kg の物体を置いた。物体を斜面に沿って頂上までゆっくり持ち上げたところ、 49 J の仕事を要した。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。



(1) 基準面を下端にとって、頂上での物体の、重力による位置エネルギーを求めよ。

(2) 頂上の高さは何 m か。

ヒント 物体は外部からされた仕事の量だけ、エネルギーが増加する。

解答 (1) 49 J (2) 5.0 m

解説

(1) 物体のエネルギーは外部からされた仕事の分だけ増加するから 49 [J]

(2) $U = mgh = 1.0 \times 9.8 \times h = 49$

ゆえに $h = 5.0 \text{ [m]}$