

Uma locomotiva elétrica de 100 toneladas é impulsionada por quatro motores elétricos alimentados com uma tensão de 1000 volts e se move a uma velocidade de 72 km/h. Adotando-se o coeficiente de atrito entre as rodas da locomotiva e os trilhos como sendo igual a 0,5 e a aceleração da gravidade como $g = 10 \text{ m/s}^2$, determinar:

- A corrente elétrica que circula em cada motor;
- Se em cada motor circular uma corrente de 4000 ampères quantos vagões, de 15 toneladas cada, a locomotiva será capaz de puxar?

Esquema do problema

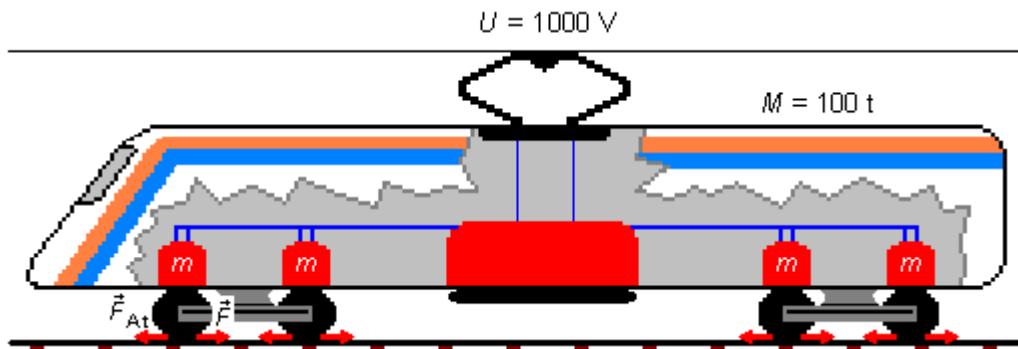


figura 1

Dados do problema

- massa da locomotiva: $M = 100 \text{ t}$;
- massa dos vagões: $M_v = 15 \text{ t}$;
- velocidade da locomotiva: $v = 72 \text{ km/h}$;
- coeficiente de atrito: $\mu = 0,5$;
- tensão da rede: $U = 1000 \text{ V}$;
- aceleração da gravidade: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Solução

Em primeiro lugar devemos transformar as unidades de massa, dada em toneladas, e de velocidade, dada em quilômetros por hora, para quilogramas e metros por segundo, respectivamente, usadas no Sistema Internacionais (S.I.).

$$M = 100 \text{ t} = 100 \cdot 1000 \text{ kg} = 100000 \text{ kg}$$

$$M_v = 15 \text{ t} = 15 \cdot 1000 \text{ kg} = 15000 \text{ kg}$$

$$v = 72 \text{ km/h} = \frac{72}{3,6} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$$

a) A potência gerada por um dos motores será dada por

$$P = U i \tag{I}$$

A potência total gerada pelos quatro motores, será

$$P_T = 4 P \tag{II}$$

substituindo (I) em (II), vem

$$P_T = 4 U i \quad (III)$$

Da *Mecânica Clássica* temos a potência total necessária para fazer a locomotiva se mover

$$P_T = F v \quad (IV)$$

igualando (III) e (IV) vem

$$4 U i = F v \quad (V)$$

Para fazer a locomotiva andar os motores devem vencer a força de atrito. Pela figura 1, as rodas do trem empurram os trilhos para trás com a força \vec{F} , os trilhos reagem nas rodas com a força de atrito \vec{F}_{At} para frente fazendo o trem andar (*3.ª Lei de Newton*), assim

$$F = F_{At} = \mu N \quad (VI)$$

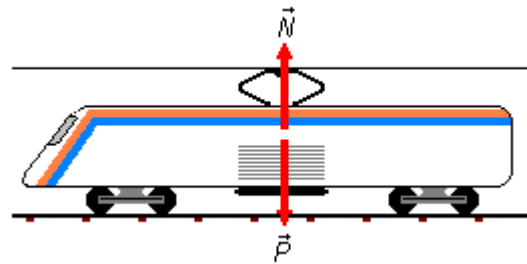


figura 2

substituindo (VI) em (V), obtemos

$$4 U i = \mu N v \quad (VII)$$

Pela figura 2 temos que a força normal (\vec{N}) é igual ao peso (\vec{P}) da locomotiva, assim em módulo podemos escrever

$$N = P = M g \quad (VIII)$$

substituindo (VIII) em (VII), temos

$$4 U i = \mu M g v$$

$$i = \frac{\mu M g v}{4 U}$$

substituindo os valores fornecidos no problema obtemos finalmente

$$i = \frac{0,5 \cdot 100\,000 \cdot 10 \cdot 20}{4 \cdot 1000}$$

$$i = \frac{10\,000\,000}{4\,000}$$

$$i = 2500 \text{ A}$$

b) Usando a expressão para a corrente obtida no item anterior e usando os dados deste item, temos

$$i = \frac{\mu M g v}{4 U}$$

invertendo esta expressão para isolar a massa total que pode ser impulsionada pelos motores (M_T), ficamos com

$$M_C = \frac{4 U i}{\mu g v}$$

$$M_C = \frac{4 \cdot 1000 \cdot 4000}{0,5 \cdot 10 \cdot 20}$$

$$M_C = \frac{16000000}{100}$$

$$M_C = 160000 \text{ kg}$$



figura 3

Desta massa total, temos que 100 000 kg representam a massa da própria locomotiva, então sobra para os vagões $160000 - 100000 = 60000$ kg, como cada vagão tem uma massa de 15 000 kg, o número de vagões será

$$n = \frac{60000 \text{ kg}}{15000 \frac{\text{kg}}{\text{vagão}}}$$

$$n = 4 \text{ vagões}$$