

2.14. Ciężarówka na stoku

Ciężarówka jedzie z góry ze stałą prędkością 30 km/h. Masa samochodu wynosi 5 ton. Samochód hamuje silnikiem, całkowita siła hamowania ma wartość 4400 N. Wyznacz kąt nachylenia stoku góry.

Zapis danych

$m = 5 \text{ t}$ – masa samochodu,

$F_b = 4400 \text{ N}$ – siła hamowania,

$v = 30 \text{ km/h}$ – prędkość samochodu,

$\alpha = ? (^{\circ})$ – kąt nachylenia stoku.

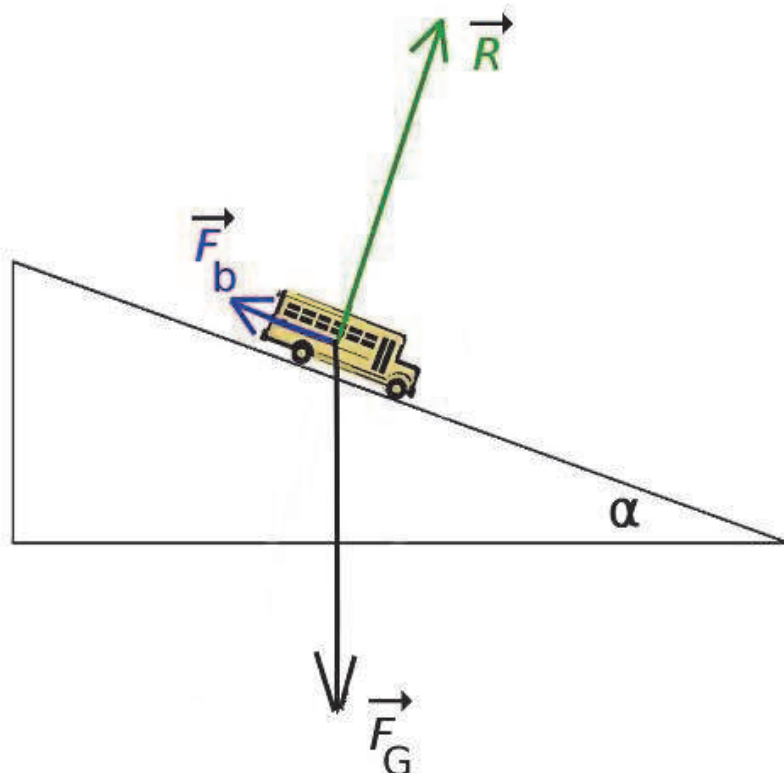
Podpowieź 1

Jakie siły działają na samochód? Jaki jest ich kierunek i zwrot? Sporządź pomocniczy rysunek.

ROZWIĄZANIE

Na samochód działają trzy siły:

- 1) Siła ciężkości \vec{F}_G skierowana pionowo w dół.
- 2) Siła reakcji podłoża \vec{R} (samochód naciska na podłoże, a zgodnie z 3. zasadą dynamiki Newtona podłoże działa na samochód). Skierowana jest prostopadle do podłoża.
- 3) Siła hamująca \vec{F}_b , skierowana wzdłuż podłoża, przeciwnie do kierunku ruchu.



<http://fyzikalniulohy.cz>

Podpowiedź 2

Co możemy powiedzieć na temat wymienionych sił w myśl I zasady dynamiki Newtona?

ROZWIĄZANIE

Ponieważ samochód porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym, siła wypadkowa, czyli suma wymienionych sił, musi dawać zero (wektor zerowy):

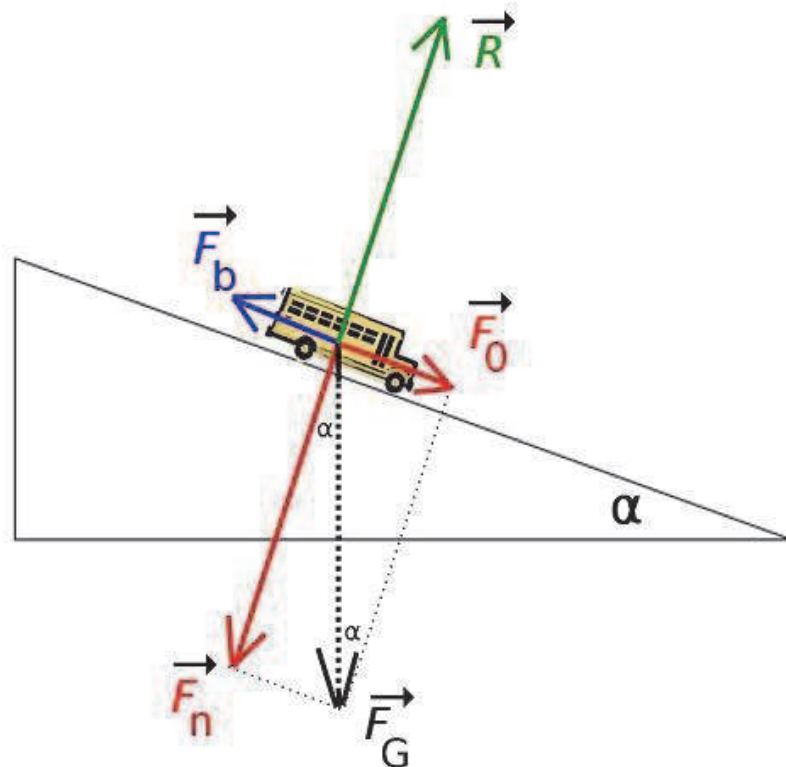
$$\vec{F}_G + \vec{R} + \vec{F}_b = \vec{0}.$$

Podpowiedź 3

Rozłóż siłę ciężkości \vec{F}_G na składowe równoległą i prostopadłą do podłoża. Jakie warunki spełniać powinny te składowe w myśl I zasady dynamiki Newtona?

ROZWIĄZANIE

Rozkład siły ciężkości \vec{F}_G na składowe \vec{F}_0 i \vec{F}_n pokazuje rysunek:



<http://fyzikalniulohy.cz>

Z I zasady dynamiki Newtona wynika, że sumy poszczególnych składowych – równoległych i prostopadłych do kierunku ruchu – muszą się zerować. Spełnione więc będą warunki:

$$\vec{F}_n + \vec{R} = \vec{0}, \quad (1)$$

$$\vec{F}_0 + \vec{F}_b = \vec{0}. \quad (2)$$

Ponieważ siły \vec{F}_n i \vec{R} mają przeciwny zwrot, podobnie jak \vec{F}_0 i \vec{F}_b , możemy dla wartości tych składowych zapisać:

$$F_N - R = 0, \quad (3)$$

$$F_0 - F_b = 0. \quad (4)$$

Do dalszych obliczeń wykorzystamy równanie (4).

Podpowiedź 4

Spróbuj wyrazić składową F_0 za pomocą siły ciężkości. Wykorzystaj związki trygonometryczne oraz daną wartość siły F_b do określenia z równania (4) kąta α .

ROZWIĄZANIE

Z trygonometrii (patrz rysunek wyżej):

$$\sin \alpha = \frac{F_0}{F_G}.$$

Zatem:

$$F_0 = F_G \sin \alpha. \quad (5)$$

Siłę ciężkości F_G możemy wyrazić za pomocą masy samochodu m :

$$F_G = mg, \quad (6)$$

gdzie g to przyspieszenie grawitacyjne. Podstawiając (6) do (5), otrzymamy:

$$F_0 = mg \sin \alpha. \quad (7)$$

Wreszcie wykorzystując (4) i (7), otrzymujemy równanie:

$$mg \sin \alpha - F_b = 0 \Rightarrow \sin \alpha = \frac{F_b}{mg}. \quad (8)$$

Podstawiając wartości liczbowe:

$$F_b = 4400 \text{ N},$$

$$m = 5 \text{ t} = 5000 \text{ kg},$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2,$$

$$\sin \alpha = \frac{4400}{5000 \cdot 9,81} = 0,09.$$

Warto zauważyć, że we wzorze (8) siła hamowania jest proporcjonalna do $\sin \alpha$: im większy kąt nachylenia, tym, dla zachowania stałej prędkości, większa musi być siła hamowania.

Odpowiedź

$$\sin \alpha = \frac{F_b}{mg} = 0,09 \Rightarrow \alpha = 5^\circ 8'.$$

Stok nachylony jest pod kątem około $5^\circ 8'$.