

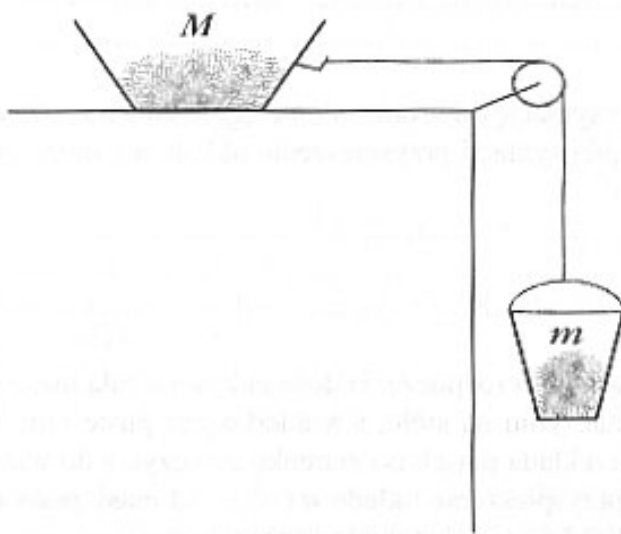
Nawiązując do artykułu o różnych podejściach do Drugiej Zasady proponujemy zadanie z tych "dobrych na każdą okazję" które może pomóc uczniom w pogłębieniu zrozumienia sensu tego podstawowego prawa przyrody. Nic samo nie ruszy, ale prawie nic wystarczy by ruszyło.

Przybliży nam też Prawo Powszechnego Ciężenia. Matka Ziemia ma ogromne, ale ograniczone możliwości: 10N/kg i to wszystko. Tylko tyle? Czy aż tyle?

Można stronę skopiować i serwować uczniom jako zadanie domowe, albo jako test – można i to i to i to więcej niż jeden raz.

Zadanie

Naczynie o masie M ślizgać się może po poziomym torze ciągnięte przez linkę, na końcu której zwisa wiaderko o masie m (rys).



- a) Wychodząc z zaufania do Drugiej Zasady Dynamiki ($F = ma$), wykaż, że pomijając wszelkie opory ruchu, przyspieszenie a układu można wyrazić wzorem:

$$a = mg/(M + m)$$

Przedstaw całe rozumowanie.

.....

3p

- b) Przyjmując, że $g = 10m/s^2$ policz przyspieszenie układu dla przypadku gdy $M = 1\text{ kg}$ i $m = 0.3\text{ kg}$

.....

3p

- c) Ktoś wyraził opinię, że ze wzoru podanego w (a) wynika, iż przy braku oporów .ruchu nawet najmniejszy pyłek zawieszony w miejscu wiaderka spowoduje . przyspieszony ruch układu, nawet gdyby w naczyniu na stole usiadł słoń. Wyraź swoją . opinię z uzasadnieniem lub zaprzeczeniem słuszności takiego poglądu.

.....

.....
.....2p

d) Jak długo (teoretycznie) trzeba czekać - startując ze spoczynku - by komar $m = 0.0001\text{kg}$ mógł rozpędzić słonia $M = 1000\text{kg}$ do prędkości 10m/s (36km/h)?

.....
.....
.....2p

e) Jak długi (co najmniej) musiał by być stół by przeprowadzić takie nieprawdopodobne doświadczenie?

.....
.....
.....2p

f) Wyobraź sobie teraz sytuację odwrotną: słoń ciągnie komara. Uzasadnij pogląd, że nawet w takiej skrajnej sytuacji przyspieszenie układu nie może przekroczyć g czyli 10 m/s^2 .

.....
.....
.....2p

g) Wyobraź sobie, że w chwili rozpoczęcia doświadczenia całą masę M układu stanowi masa piasku w naczyniu na stole a wiaderko jest puste i nic nie waży. Teraz jakiś krasnoludek zaczyna przekładać piasek po ziarenku z naczynia do wiaderka. Sporządź wykres zależności przyspieszenia układu, a (oś y) od masy piasku w wiaderku m (oś x). Zaznacz na każdej osi jeden punkt szczególny.

*****KONIEC ZADANIA*****

Odpowiedzi.:

a) Jedynym „konikiem” który przyspiesza układ dwóch mas $M+m$ jest siła ciężkości masy m czyli mg . Ta siła nadaje obu masom przyspieszenie a . Zgodnie z Drugą Zasadą

$$a = \frac{F}{m} = \frac{m}{m + M} g \tag{1}$$

Jeśli ktoś jest przyzwyczajony do wolniejszych kroków to może to zrobić inaczej patrząc na każdą z dwóch mas osobno:

masa m doznaje dwóch sił mg w dół i W (napięcie nici) w górę

dla niej Druga Zasada wygląda tak $mg - W = ma$ (2)

Ta sama siła W (tylko ze znakiem $+$) jest jedyną siłą, która ciągnie masę M

zatem (w obu przypadkach) przyspieszenie jest takie samo $W = Ma$ (3)

Wystarczy dodać oba równania (2 – 3) stronami by uzyskać równanie (1)

$$a = \frac{F}{m} = \frac{m}{m + M} g$$

b) Ze wzoru (1) otrzymujemy po podstawieniu podanych wartości

$$a = \frac{0,3kg}{1,3kg} g \quad \text{albo} \quad 30/13 \text{ m/s}^2 = 2,3 \text{ m/s}^2$$

c) To jest stwierdzenie poprawne. Z równania (1) wynika, że tylko w przypadku $m = 0$ czyli gdyby nic nie wisało na sznurku, układ by nie przyspieszał.

d) Trzeba skorzystać z definicji przyspieszenia i wyrazić czas

$$\Delta t = \Delta v/a$$

nasze $\Delta v = 10\text{m/s}$ bo zaczynamy mierzyć czas w chwili gdy układ "zaczyna się poruszać"
zaś a wyliczone z równania (1) wynosi 10^{-6}m/s^2

stąd policzony czas $\Delta t = 10^7\text{s}$ czyli około 116dni trochę mniej niż **4 miesiące**.

e) Średnia prędkość w tym czasie wynosiła (jakby nie było) 5m/s . Zatem stół musiałby zapewnić układowi poruszanie się z taką średnią przez 10^7 sekund.

$$d = v_{\text{sr}} \cdot \Delta t \quad \text{czyli} \quad 5 \times 10^7\text{m} \quad \text{albo} \quad 50\,000 \text{ km} \quad \text{czyli} \quad 1,25 \text{ razy dookoła kuli ziemskiej!!}$$

f) Znowu odwołujemy się do równania (1). Odczytujemy: pomijając masę komara, ułamek przed wielkością g jest równy jedności. Słoń spada (prawie) swobodnie!

g)

