

## Bajka o mrówce

Była sobie raz bardzo mądra mrówka. Bardzo mądra jak na mrówki. Zafascynowana prawem grawitacji Newtona, postanowiła wyruszyć w podróż na bezmrówczą planetę. Zamknęła się w skafandrze kosmicznym, zaopatrzyła w niezbędne do życia na kilka lat produkty i „załapała” się na start jakiejś rakiety, która właśnie wynosiła na orbitę potężnego

**satelitę. Po trudach podróży udało jej się wydostać na zewnątrz** swojej kulistej planetki. Był to jakiś, pewnie wojskowy, sztuczny satelita ziemski. Sztuczny to on tak naprawdę nie był. Był całkiem normalny i prawdziwy, kulisty i—jak mrówka na umieszczonej tam plakietce wyczytała - miał 50 metrów średnicy i masę 100 000 kg.

„Wspaniała, bezmrówcza planeta” - pomyślała mrówka i postanowiła **tu** się na dłużej zatrzymać. Marzyła o samotności, była mało wymagająca, a bardzo lubiła odkrywać nowe tereny. Wyruszając w podróż zabrała, przezorna mrówka, taką małą ściągę z fizyki, bo wiedza fizyczna jest w takich przypadkach kwestią życia lub śmierci.

Cóż ta ściągą zawierała? W zasadzie niewiele, ale niezmiernie ważnych dla mrówki informacji. Na kartoniku było wypisane:

$$\begin{array}{l} 1 \quad F = G \frac{mM}{R^2} \\ 2 \quad g = \frac{F}{m} = G \frac{M}{R^2} \\ 3 \quad v_1 = \sqrt{gR} \\ 4 \quad v_{II} = v_1 \sqrt{2} \end{array}$$

1. Prawo grawitacji:  $F = GmM/R^2$ . Mrówka wiedziała, co oznaczają te symbole:  $G$  to stała, taka sama w całym wielkim wszechświecie,  $m$  to masa jej, mrówki, zaś  $M$  to masa planety. Mrówka знаła wszystkie wielkości. Znała też wartość  $R$  promienia swojej nowej rezydencji.

2. Newton i jego druga zasada też nie były obce mrówce. Wiedziała, że nawet bez liczenia siły  $F$ , jaka ją do planety przyciąga (i vice versa - jak się każdy domyśla), da się w prostym doświadczeniu wyznaczyć przyspieszenie  $g$  ciała spadającego swobodnie na planetę  $M$  przy jej powierzchni:

$g = F/m$ , a więc także i  $GM/R^2$ . To były dla mrówki sprawy podstawowe. (Czy domyślacie się może, dlaczego nie chciała tej wielkości wyznaczać?).

Miała jeszcze w zapasie dwa przepisy.

3. Jeden to coś w rodzaju kodeksu drogowego, określającego limit prędkości poruszania się po planecie. Ta prędkość graniczna nazywa się **pierwszą prędkością kosmiczną. To jest prędkością, przy której „podróżnik” staje się satelitą swej planety.**

Ta prędkość jest równa wartości  $\sqrt{gR}$

4. Ktoś życzliwy powiedział mrówce przed wyprawą, by jeszcze jedno miała na uwadze: **nie podskakiwać!** Jest bowiem taka wielkość, jak **druga prędkość kosmiczna**, która mówi, **jak szybko (co najmniej) trzeba się poruszać, aby nigdy już do domu nie wrócić.** Tu należy tylko poprzednią prędkość pomnożyć przez  $\sqrt{2}$ . Czy nasza mrówka zdawała sobie sprawę z tego, ile te prędkości wynoszą na Ziemi? Może tak, a może nie. Podpowiedzmy:  $g$  na Ziemi wynosi około

$10 \text{ m/s}^2$ ;  $R = R_Z = 6\,400\,000 \text{ m}$ ;  $v_I$  na Ziemi zatem jest równe  $8 \text{ km/s}$  (pierwsza prędkość kosmiczna);  $v_{II} = v_I \sqrt{2} = 11 \text{ km/s}$  (druga prędkość kosmiczna).

Tak więc nasza mrówka przywiązana do anteny radarowej mniej więcej metr nad powierzchnią (by zwiększyć pole widzenia), z notatnikiem w łapce zaczęła liczyć: „Po mojej nowej ojczyźnie mogę poruszać się... w każdym kierunku... byle tylko nie przekroczyć... pierwszej prędkości kosmicznej, bo wtedy „wejść na orbitę””. A wchodzenia na orbitę mrówka chciała uniknąć, bo nie

po to weszła z satelitą na orbitę, aby teraz „orbitować” satelitę. Ile ta prędkość kosmiczna wynosi?

Popatrzmy na ściągę:  $v_I = \sqrt{gR}$ , a  $g = GM/R^2$ , a zatem:

$$v_I = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

czyli (czy to możliwe?) 1,2 m/h - niecałe półtora metra na godzinę! Do czego to porównać? Nawet ślimak musiałby się tu mieć na baczności! Przekroczenie tej prędkości będzie równoznaczne z wejściem na orbitę okołoplanetarną. Nie wiem, czy mrówka zdawała sobie sprawę, że jedno okrążenie trwałoby wtedy ponad 10 dób ziemskich!

Nie były to wyniki bardzo radosne dla mrówki, która będzie musiała uważać na każdy krok. Tym bardziej, że kiedy policzyła jeszcze drugą prędkość kosmiczną  $v_{II} = 1,74$  m/h, to zrozumiała, że każdy przypadkowy podskok skończy się wylotem w przestrzeń bez możliwości powrotu na planetę. Trzeba było wcześniej o tym wiedzieć - pomyślała mrówka - i uroniła mrówczą łezkę. Lecz łezka jakoś nie śpieszyła się ze spadaniem. Wypisała więc mrówka SOS na największej kartce, jaką miała, przylepiła kartkę do masztu, a sama, odwiązawszy się od niego... po blisko ośmiu godzinach spadania miękko wylądowała na twardym gruncie swojej dziwnej bezmrówczej planety. Zrozumiała biedna mrówka, że tu dłużej nie wytrzyma, że tu każde nieopatrne stuknięcie pięścią w stół może spowodować wyjście w kosmos.

Zbudziła się w dreszczach i z lekką gorączką, ale szczęśliwa, bo znów ważyła aż 2 miliniutony! Na skok z wysokości jednego metra potrzebowała mniej niż pół sekundy. Mogła biegać, bić mrówczą pięścią w mrówczy stół do woli i podskakiwać z radości bez obawy, że stanie się mrówczym satelitą Ziemi.

**Morał: Upewnij się, na jakiej planecie żyjesz, zanim zechcesz podskoczyć.**