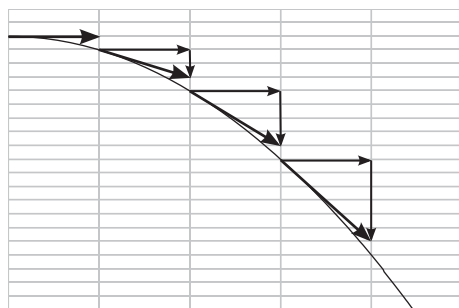


Jeśli więc na ciało nie działa siła z zewnątrz, jego prędkość pozostaje stała albo pozostaje ono w spoczynku. I odwrotnie, zewnętrzny wpływ powoduje, że prędkość musi się zmienić, to znaczy ciało *przyspiesza*, co jest rozumiane nie tylko jako przyspieszenie, ale także hamowanie lub rozproszenie boczne, nawet bez zmiany wielkości prędkości (rysunek 1.14).



**Rysunek 1.14.** Pod wyłącznym wpływem grawitacji swobodnie spadające ciało przyspiesza równomiernie w dół. Jego pionowa składowa prędkości rośnie stale w dół, natomiast jego pozioma składowa prędkości się nie zmienia

Dzięki temu Newton mógł wreszcie zrozumieć ruch ciał niebieskich: planety nie muszą być poruszane po ich orbicie wokół Słońca, ponieważ stały napęd zgodnie z prawem bezwładności nie jest konieczny. Słońce przyciąga planetę do siebie za pomocą grawitacji i tym samym wyprawdza ją z własnego ruchu prostoliniowego do ruchu po torze kołowym lub eliptycznym.

Aby obliczyć kształt orbity planety Newton musiał nadal dokładnie określić wpływ Słońca na przyspieszenie planety. W tym celu wprowadził pojęcie siły, która wpływa na stan ruchu ciała i przedstawił to w swoim drugim prawie ruchu:

*Zmiana ruchu (tj. przyspieszenie) jest proporcjonalna do działania siły i zachodzi w kierunku prostej, w którym działa ta siła.*

Teraz Newton musiał tylko zgadnąć, jak wielka jest siła grawitacji, z jaką Słońce działa na planety, aby otrzymać eliptyczne orbity, które już odkrył Kepler. Wynikiem jest jego słynne prawo grawitacji, zgodnie z którym działająca na planetę siła grawitacji jest skierowana do Słońca i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości od niego.

Dzisiaj najczęściej piszemy drugą zasadę dynamiki Newtona w formie skróconej: *siła równa się masa razy przyspieszenie* lub według wzoru  $F = ma$ , przy czym przyspieszenie następuje w kierunku działającej siły. Masa  $m$  wchodzi w grę jako stała proporcjonalności i wskazuje, jak duża jest bezwładność przyspieszonego ciała.

W gruncie rzeczy bezwładność lub pierwsza zasada ruchu wynika z drugiej zasady ruchu, ponieważ bez siły przyspieszenie wynosi zero i tym samym prędkość jest stała. Dlatego drugie prawo ruchu Newtona nazywa się również często *podstawowym równaniem mechaniki*. Newton osobno wprowadził prawo bezwładności jako pierwsze prawo ruchu, bo tylko wtedy, gdy uznaje się prawo bezwładności, można dojść do drugiej zasady dynamiki.

W rzeczywistości drugie prawo Newtona w tej formie jest tylko przybliżeniem przy prędkościach znacznie poniżej prędkości światła, co ma wystarczające zastosowanie dla planet. Przy wyższych prędkościach siła i przyspieszenie w rzeczywistości nie są już proporcjonalne do siebie, ale przyspieszenie jest mniejsze przy wyższych prędkościach, ponieważ bezwładność obiektu rośnie wraz ze wzrostem prędkości. Z tego też powodu żadne ciało nie porusza się z prędkością światła. Im prędkość jest bliższa prędkości światła, tym większa jest bezwładność ciała i mniejsze jest jego dalsze przyspieszenie z tą samą siłą. W związku z tym blisko prędkości światła trudno jest dalej przyspieszać ciało. Tego wszystkiego Newton jeszcze nie wiedział, bo dopiero w 1905 roku – czyli ponad 200 lat później – Albert Einstein sformułował prawidłowe relatywistyczne prawo ruchu w jego szczególnej teorii względności (inforamka 1.4).