

Законът на Нютон е за точкови маси!

Въпрос: Възможно ли е гравитационната сила на привличане между две тела да намалява при сближаването им?

Отговор: Парадоксално, но да, възможно е!

Гравитационният закон на Нютон визира силата на привличане между точкови маси или тела, чиято плътност притежава сферична симетрия. Парадоксалната ситуация, в която гравитационното привличане между две тела намалява при сближаването им може да възникне, когато поне едно от телата има крайни размери, и се отчита фактът, че силата е **вектор**.

Когато телата имат крайни размери, първият въпрос, който възниква е какво ще наричаме *разстояние* между телата. Едно логично предположение е да измерваме разстоянието между центровете на масите на двете тела, но дори и в този случай гравитационната сила F може да не е обратно пропорционална на квадрата от това разстояние.

Поучителен пример, който спомага за развиване на физичната интуиция, представлява разглеждането на гравитационната сила между материална точка, която се намира върху оста на тяло с форма на хомогенен пръстен. В този случай центърът на масите на второто тяло е в центъра на пръстена. Когато разстоянието r от материалната точка до този център е голямо спрямо радиуса R на последния ($r \gg R$), взаимодействието е като между две материални точки. В този случай $F \sim 1/r^2$ и с отдалечаване от пръстена силата клони към нула. От съображения за симетрия обаче е ясно, че силата е нула и когато материалната точка е в *центъра* на пръстена, т.е. при $r = 0$! Очевидно тъкмо тук играе роля векторният характер на силите, с които отделните елементи на пръстена действат на материалната точка: сумата на двете сили, с които действат два безкрайно малки елемента от пръстена, лежащи в краищата на един негов диаметър, са равни по големина и с противоположни посоки, така че векторната им сума е нула.

Тези разсъждения показват, че зависимостта на F от r е по-сложна от $F \sim 1/r^2$. Качествените разглеждания могат да доведат и до друго заключение: щом $F = 0$ и при $r = 0$, и при $r \rightarrow \infty$, то има поне една крайна стойност на разстоянието до центъра на пръстена, при което големината на гравитационната сила е максимална.

Количествен израз за зависимостта на силата от разстоянието r може да се получи и без интегриране, с помощта на елементарни геометрични съображения. Ако M и m са масите съответно на пръстена и на материалната точка, този израз има вида:

$$F = G \frac{mMr}{(r^2 + R^2)^{3/2}},$$

където G е гравитационната константа. Максимумът на тази функция обаче изглежда не може да се получи с елементарни средства, т.е. – без диференциране. Лесно може да се провери, че този максимум е при $r_0 = \frac{R}{\sqrt{2}} \approx 0,71R$.

Сега отговорът на поставения в началото въпрос става очевиден: когато разстоянието между материалната точка и центъра на пръстена намалява от r_0 да нула, гравитационната сила също намалява.