



Modeli



Kako baciti kamen?

Pretpostavimo da ne puše vjetar, da stojimo na tlu i da u jednoj ruci držimo kamen kojeg želimo baciti što je najdalje moguće. Uz to koliko snažno možemo baciti, najvažnije je pod kojim ćemo kutom kamen ispustiti iz ruke. Ako je taj kut premali, bez obzira na veliku horizontalnu brzinu kamen će se brzo prizemljiti i neće pasti što je najdalje moguće. S druge strane, ako kamen bacimo previsoko, on će dulje letjeti zrakom, ali ni pritom neće pasti jako daleko. Očito je potreban nekakav kompromis.

Najbolje rješenje može se dobiti kombinacijom Newtonove fizike i elementarne matematike. Uz zadane uvjete, kamen bi trebalo izbaciti iz ruke pod kutom od 45° u odnosu na horizontalu. Putanja kamena kroz zrak je parabola i u svakom trenutku može se izračunati njegova brzina.

Dakle, kombinacija fizike i matematike omogućava nam da predvidimo cijelu putanju kamena, od trenutka bacanja do trenutka pada na tlo. Međutim, to vrijedi samo ako smo spremni na određeni broj pojednostavljenja i pretpostavki. Pretpostavljamo da je jedina sila koja djeluje na kamen Zemljina gravitacija te da ona ima jednak iznos i smjer u svim točkama prostora. Međutim, to nije točno. Nismo u obzir uzeli otpor zraka, Zemljinu rotaciju, utjecaj Mjesečeve gravitacije niti činjenicu da gravitacijsko polje Zemlje slabi s visinom i da postupno mijenja svoj smjer djelovanja “vertikalno prema dolje” ako se pomičemo po njenoj površini. Čak i da prihvatimo takav izračun, preporuka o kutu od 45° temeljena je na još jednoj prešutnoj pretpostavci, da brzina kamena u trenutku ispuštanja iz ruke ne ovisi o smjeru. No, i to je netočno: jače ćemo izbaciti kamen ako je taj kut manji.

Nakon svih ovih primjedbi, od kojih su neke važnije, a neke manje važne, postavlja se pitanje kakav bismo stav trebali zauzeti prema izračunima i predviđanjima koja proizlaze iz njih? Jedan od mogućih pristupa bio bi da u izračun uključimo što je više moguće činjenica. Ipak, razumnije bi bilo napraviti sasvim suprotno: odlučiti koliko točnost izračuna trebamo i to ostvariti na što jednostavniji način. Ako iz iskustva znate da neko pojednostavljenje ima malen utjecaj na konačan odgovor, tada tu pretpostavku i trebate načiniti.



Primjerice, otpor zraka bit će zanemariv jer je kamen malen, čvrst i određene gustoće. Nema previše smisla komplicirati izračun uzimajući otpor zraka u obzir kad znamo da će na konačan rezultat najviše utjecati kut pri kojem se kamen izbacuje. Želimo li ga ipak uzeti u obzir, sljedeće pravilo bit će nam u većini slučajeva dovoljno dobro: da bi se kompenzirao utjecaj otpora zraka, što je otpor zraka veći, to kut izbačaja treba biti manji.

Što je matematički model?

Ispitujemo li rješenje nekog znanstvenog problema, često je moguće potpuno odvojiti fizikalni dio rješenja od onog matematičkog. Fizičari smišljaju teoriju temeljenu dijelom na rezultatima opažanja i eksperimenata, a dijelom na općenitim razmatranjima, pojednostavljenjima i sposobnošću objašnjavanja. Zatim matematičari, tj. znanstvenici koji se bave matematikom, istražuju logične posljedice te teorije. Ponekad su one rezultat rutinskih izračuna koji točno predviđaju one oblike pojava koje teorija opisuje, no ponekad ta predviđanja mogu biti posve neočekivana. Ako su ona kasnije potvrđena eksperimentom, onda je to čvrst dokaz da je teorija valjana.

Međutim, postupak potvrđivanja znanstvenog predviđanja ponekad je problematičan upravo zbog potrebe za pojednostavljenjima o kojima smo govorili. Primjerice, Newtonovi zakoni gibanja i gravitacije podrazumijevaju da će dva objekta ispuštena s iste visine pasti na tlo u isto vrijeme. Ova pojava, koju je prvi uočio Galileo, nije intuitivna. Isprobamo li to sami, primjerice s lopticom za stolni tenis i lopticom za golf, otkrit ćemo da loptica za golf prije padne na tlo. U kojem je onda smislu Galileo bio u pravu?

Naravno, zbog otpora zraka ovaj naš mali eksperiment ipak ne pobija Galileovu teoriju: iskustvo pokazuje da ona vrijedi ako je otpor zraka zanemariv. Smatrate li da se otpor zraka malo previše koristi kao isprika i da spašava stvar svaki puta kad su predviđanja Newtonove teorije pogrešna, vjera u znanost i divljenje Galileu vratit će vam se dobijete li priliku promatrati pokus u kojem pero i kamen padaju u vakuumu i u isti trenutak dodiruju

tlo. No unatoč tome, treba nam bolji način na koji ćemo opisati vezu između fizike i matematike jer fizikalna zapažanja nikad nisu u potpunosti izravna niti uvjerljiva. Matematičari ne primjenjuju fizikalnu teoriju izravno na stvarni svijet već na *modele*. U tom smislu, model predstavlja izmišljenu i pojednostavljenu verziju svijeta koji proučavamo, verziju u kojoj je moguće provesti točan izračun. U slučaju kamena, veza između stvarnog svijeta i modela jest nešto poput veze između slike 1 i slike 2.

