

## Gibalna količina svetlobe

V večini primerov, ko se prvič srečamo s konceptom gibalne količine, preberemo ali pa nas naučijo, da je gibalna količina enaka  $\vec{p} = m\vec{v}$ , omejitev uporabe te vektorske definicije pa bodisi ne poznamo ali pa smo jih že pozabili. Gibalna količina v obliki  $\vec{p} = m\vec{v}$  namreč izhaja iz Newtonove mehanike in velja za masne delce z maso  $m$  (kamne, avtomobile, itd...), ki se gibljejo s hitrostjo  $\vec{v}$ , ki je veliko manjša od hitrosti svetlobe v vakuumu  $c = 299\,792\,458$  m/s. Temu potem hitro sledi napačen zaključek, da delci brez mase nimajo gibalne količine. Fotoni, energijski delci svetlobe, so tak primer. Nimajo mase in potujejo po vakuumu z največjo hitrostjo, s katero je moč potovati po prostoru, s hitrostjo  $c$ .

Za delce, ki se gibljejo s hitrostjo, ki je primerljiva s hitrostjo svetlobe v vakuumu ali njej enaka pa velja sledeče pravilo  $E^2 = (pc)^2 + (m_0c^2)^2$ , ki povezuje polno energijo delca  $E$  z njegovo velikostjo gibalne količine  $p$  in njegovo mirovno maso  $m_0$ , to je maso delca, ko ta miruje glede na opazovalca. Uporabnost te enačbe, ki spada v splošno teorijo relativnosti, pa je širša. Velja namreč za delce z maso ali brez nje, ki potujejo s poljubno hitrostjo, manjšo ali enako  $c$ .

V okviru teh omejitev velja, da je velikost gibalne količine delca  $p = \frac{1}{c} \sqrt{E^2 - (m_0c^2)^2}$ , kar sledi, če iz prejšnje enačbe izrazimo  $p$ . Za svetlobo (fotone), ki nima mirovne mase  $m_0 = 0$ , tako velja, da je  $p = E/c$ . To pomeni, da njeno velikost gibalne količine dobimo tako, da energijo svetlobe delimo s hitrostjo, s katero potuje po vakuumu. Za masne delce, ki potujejo počasi, pa iz iste enačbe z uporabo nekaj matematičnih spretnosti sledi, da je  $p = m_0v$ , kar poznamo že iz Newtonove mehanike.

Še najbolj enostaven odgovor na vprašanje: »Zakaj imajo fotoni gibalno količino tudi, če so brez mase?« je: »Ker delec (npr. foton) ne potrebuje mase, da bi lahko imel gibalno količino.«

V Ljubljani, 13. 9. 2018

Tomaž Požar