

OSNOVNE OSOBINE SVETA

1

Aleksandar Vukelja
aleksandar@masstheory.org

<http://www.masstheory.org>

Mart 2005.

O autorskim pravima:
Delo je u javnom domenu.

1. Pojam polja

Da bismo govorili o zakonima koji vladaju materijalnim svetom, moramo prvo definisati sam pojam materije. Da bismo to učinili, načinićemo jedan apstraktan model pomoću kojeg ćemo objasniti kako prirodni zakoni funkcionišu. Model materije ćemo razvijati kroz celu knjigu, počev prvo sa prostim definicijama, a zatim ćemo da mu dodajemo razne osobine i izvodimo zaključke, sve dok model ne bude odgovarao prirodnoj realnosti u svim važnim pitanjima kojih ćemo se dotaći.

Krenimo od pojmova tačke i pravca. Tačka i pravac su elementarni pojmovi koji se ne mogu rasuđivanjem svesti na neke još prostije pojmove, pa ih stoga uzimamo kao najprostiju moguću polaznu osnovu.

Definicija 1.1. Materija je skup tačaka u prostoru.

Ovo je polazna definicija materije. Uzećemo da materija ne može posedovati bilo kakvu formu, nego samo jednu vrlo specifičnu formu koju ćemo takođe iskazati definicijom. Sada ćemo koristiti pojam linije. Linija nije elementarni pojam jer se može svesti na konačan broj tačaka na pravcu, ili beskonačan broj tačaka na segmentu konačne dužine.

Definicija 1.2. Materija ili *polje* je skup linija koje se seku u istoj tački.

Ovde uvodimo reč “polje”, koje u ovoj knjizi ima identično značenje kao reč “materija”. Shvatićemo ovu definiciju tako da polje može biti ili jedna linija proizvoljne dužine, ili bilo koji broj takvih linija proizvoljno postavljenih u prostoru ali samo pod uslovom da se sve seku u istoj tački.

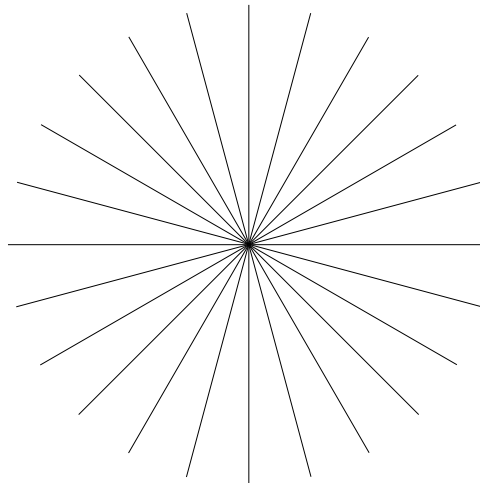
Definicija 1.3. Polje u stanju uniformnog kretanja čine prave linije.

U 3. poglavlju gde se bavimo relativnošću kretanja, definisaćemo mirovanje kao potputno ekvivalentno sa uniformnim kretanjem. Ovo jednostavno znači da se definicija 1.3. jednako odnosi na polje koje je, sa stanovišta datog posmatrača, u stanju mirovanja.

Definicija 1.4. Kada se vektor brzine polja menja, promena se prenosi do svih tačaka polja konačnom brzinom.

Uvođenjem pojma brzine, ovom definicijom tvrdimo da polje postoji u prostoru i u vremenu. Kada kažemo da polje postoji u prostoru i vremenu, to je isto kao da smo rekli da se događaji dešavaju konačno brzo.

Do sada je pojam polja definisan sa minimumom neophodnih osobina koje nam omogućavaju da izvedemo teoremu o masi.



Slika 1. Primer jednostavnog polja koje leži u ravni.

1.1. Teorema o masi

Na osnovu definicija 1.3. i 1.4. možemo izvesti jedan elementarni zaključak u polju, teremu kojom dodajemo polju osobinu inertnosti.

Teorema 1.5. Polje ima osobinu da se suprotstavlja svakoj promeni svog kretanja.

Dokaz: Posmatrajmo polje na slici 2, koje čini nekoliko linija. Polje je u stanju mirovanja na slici 2a.

Od početnog trenutka centralna tačka polja se ubrzava u datom pravcu stalnim ubrzanjem (slika 2b). Za sve vreme ubrzavanja polja imamo sledeće stanje:

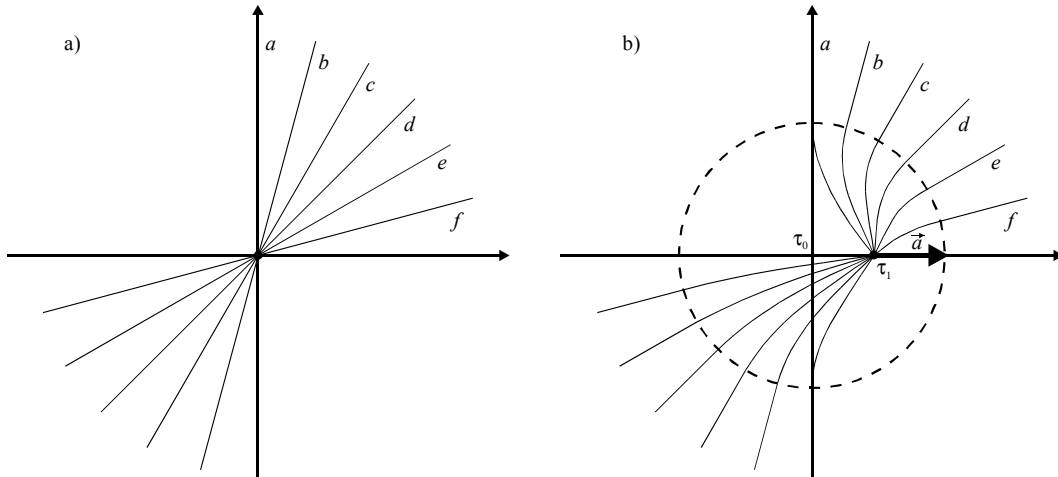
Centralna tačka i delovi polja se ubrzano kreću i prevaljuju određeni put, dok se periferni delovi polja još nisu ni pokrenuli budući da informacija o kretanju treba prvo da stigne do njih (izvan isprekidane kružnice polje je mirno).

Pošto informacija o promeni putuje konačnom bzinom (zahtevano definicijom 1.4), polje će između centralne tačke i granice do koje je informacija stigla (isprekidana kružnica) biti deformisano.

Od trenutka kada ubrzavanje prestane - sa nastupanjem uniformnog kretanja, polje će zauzeti početni oblik (slika 2a), skup pravih linija (zahtevano definicijom 1.3). Odavde sledi prost zaključak: Polje se suprotstavlja ubzavanju težnjom da zauzme oblik koji ima u stanju uniformnog kretanja. ■

Ova teorema u osnovi tvrdi da je masa nužna i neizbežna osobina materije: Materija ne može postojati u prostoru i vremenu a da nema masu. Bez mase, materija ne bi imala čime da održava svoju formu u dinamičkom svetu.

Osobina polja da se suprotstavlja ubrzanju ima tri naziva: inertnost, tromost i masa. Sva tri naziva su sinonimi i mogu se ravnopravno koristiti.



Slika 2 a) Polje u stanju uniformnog kretanja, pre i posle ubrzanja. **b)** Polje u stanju konstantnog ubrzanja. Isprekidana kružnica predstavlja granicu do koje je informacija o ubrzanju stigla da posmatranog trenutka. Izvan isprekidane kružnice polje nije imalo načina da sazna ni da je ubrzanje uopšte počelo.

Ovde se može postaviti par pitanja: Koliko je polje uspešno u očuvanju svoje forme? Može li ubrzanje da traje proizvoljno dugo? Šta se dešava sa poljem ako se delovi polja ubrzaju do brzine koja je veća od brzine kojom se informacija prostire poljem? Odgovorićemo na sva ova pitanja kroz naredne dve definicije.

Definicija 1.6. Polje je neuništivo.

Definicija 1.7. Polja se može deformisati najviše konačno mnogo.

Ove dve definicije zahtevaju da masa polja ne može biti konstantna veličina. Ako se deformisanost polja izrazi kao odnos dužina ubrzanih i mirnih linija polja, ova veličina može imati najviše konačno veliku vrednost. Ova osobina, spojena sa neuništivošću polja, ima za posledicu da bez obzira kakvom se silom deluje na polje, inercija polja mora rasti kako se deformacija polja približava najvećoj mogućoj deformaciji.

Ukoliko bi polje bilo destruktivno, tada bi se delovi polja mogli ubrzati dok se polje ne raspadne usled deformacija koje su veće od najveće moguće pri kojima polje može očuvati celovitost.

Odavde sledi zaključak da masa polja raste ka beskonačnosti kada deformacija polja, usled ubrzanja ili nekog drugog razloga, teži ka maksimalnoj vrednosti.

Ovim prostim logičkim zaključkom samo tvrdimo da masa ne može biti konstantna

vrednost u dinamičkom svetu. Međutim, samo na osnovu ovde datih definicija, ne možemo izvesti matematički obrazac koji bi pokazao kako se inercija povećava sa deformacijom nad poljima u realnom svetu.

2. Prostor i vreme

Pojmovi prostora i vremena su elementarni pojmovi u nauci koji se, poput pojmova tačke i pravca u geometriji, ne definišu. Pridev «elementarni» upravo označava da ih ne možemo logičkim rasuđivanjem svesti na neke još prostije pojmove.

Tokom istorije, osim tokom skoro celog XX veka, smatrano je da prostor i vreme postoje nezavisno od materije – odnosno da se promenom stanja materije ne može uticati na prostor i vreme.

1905. godine objavljena je specijalna teorija relativnosti koja u suštini tvrdi da je granica brzine u materijalnom svetu elementarni pojam. Prema ovoj teoriji prostor i vreme se menjaju tako da se maksimalna brzina – brzina svetlosti, ne može prekoračiti. Napravimo sada jedan kratak osvrt na ovo shvatanje o ograničenju brzine:

Matematički izrazi koji povezuju mere prostora i vremena posmatrane iz različitih koordinatnih sistema su Lorencove transformacije¹. Izrazi za dužinu objekata i trajanje vremena su sledeće jednačine²:

$$\Delta x' = \Delta x \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, \quad \Delta \tau' = \frac{\Delta \tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Posledice ovakvog načina razmišljanja pokazaćemo ukratko na jednom prostom primeru: Neka osoba A miruje, dok se osoba B kreće uniformno u bilo kom pravcu

brzinom $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$, gde je c brzina svetlosti. Izabrali smo ovu brzinu zbog

jednostavnijeg objašnjenja – smenom u gornje dve jednačine odgovarajuće koordinate su duplirane. Tako dobijamo sledeću vezu između koordinata:

$$\Delta x' = \frac{1}{2} \Delta x, \quad \Delta \tau' = 2 \Delta \tau$$

Kako se ovo tumači? Prema teoriji, to ima sledeće značenje: prostor u koordinatnom sistemu osobe B (označeno sa jednostrukim navodnikom), meren od strane osobe A,

- 1 Lorencove transformacije su matematički neispravne. O njima autor raspravlja u posebnom delu “Trogao brzina”. Međutim za potrebe ove knjige, odbacićemo ih po osnovu posledica koje predviđaju, bez analize kako su izvedene.
- 2 Kontekst upotrebe Δ simbola je merenje dužine objekta u istom trenutku. Kontekst upotrebe Δ simbola za vremenske koordinate je merenje vremena na istoj lokaciji.

skupio se za polovinu da bi se zadovoljio uslov teorije da brzina svetlosti ostane konstantna. Vreme u koordinatnom sistemu osobe B, mereno od strane osobe A teče duplo sporije, da bi se zadovoljio uslov teorije da brzina svetlosti ostane konstantna.

2.1. Reductio ad absurdum

Dokažimo sada da je gore navedeno shvatanje pogrešno, odnosno da u materijalnom svetu ne može da postoji ograničenje brzine. Dokaz koji sledi izveden je svodenjem na apsurd (lat. reductio ad absurdum). Dokaz ove vrste podrazumeva da se doslovno slede stavovi neke teorije dok se time ne stigne do zaključka koji je besmislen, odnosno koji je suprotan zdravom razumu.

Teorema 2.1. U materijalnom svetu ne postoji granica brzine.

Dokaz: Neka se osobe A i B nalaze na rastojanju od 6 časova putovanja brzinom c . Neka i osoba A i osoba B imaju časovnik sa sobom.

U datom trenutku, osobe A i B počinju da se približavaju brzinom $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$.

(Namerno ne kažemo ko se ka kome kreće, nego kažemo da se razdaljina između osoba A i B svake sekunde smanji za $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$ metara.)

Nakon oko 7 časova ovog uniformnog približavanja, kada osobe A i B stignu jedna do druge, staju i otpočinju razgovor:

Osoba A: Moj časovnik pokazuje da je proteklo 7 časova, a tvoj da je proteklo 3 časa i 30 minuta na putovanju. To je normalno, pošto sam ja mirovao, dok si se ti uniformno kretao ka meni, pa je tvoj sat usporio.

Osoba B: Nisi u pravu. Ja sam mirovao a ti si se kretao ka meni. Moj časovnik pokazuje da je proteklo 7 časova, a tvoj da je proteklo 3 časa i 30 minuta na putovanju. To je zato što je usled tvog uniformnog kretanja, tvoj sat usporio. ■

S obzirom da je kretanje relativno (po istoj teoriji relativnosti i uniformno i ubrzano), i osoba A i osoba B su u pravu kada tvrde svako za sebe da je mirovao a da se kretao onaj drugi. Ali gde je onda greška? Sada su oboje u istom koordinatnom sistemu a vide suprotne stvari. Ko je pravu, osoba A ili osoba B?

Za ovaj problem imamo veoma prosto rešenje. Ako uzmemo da brzinska granica ne postoji, ne postoje ni transformacije koordinata, pa se osobe A i B u našem primeru nalaze u jedinstvenoj stvarnosti. Ovakvo rešenje proizilazi i iz Lorencovih transformacija ako se one posmatraju kao granične vrednosti kada c teži beskonačnosti:

$$\Delta x' = \lim_{c \rightarrow \infty} \Delta x \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \Delta x, \quad \Delta \tau' = \lim_{c \rightarrow \infty} \frac{\Delta \tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \Delta \tau$$

ili ukratko:

$$\Delta x' = \Delta x, \quad \Delta \tau' = \Delta \tau$$

Ovo prosto znači da osobe A i B doživljavaju isti prostor i vreme bez obzira na stanje njihovog kretanja.

Pošto materijalni svet nema granicu brzine – shodno tome, brzinu svetlosti treba tretirati kao i svaku drugu brzinu. Ako se, na primer, dve galaksije udaljavaju jedna od druge na istom pravcu, svaka brzinom od recimo $0.9c$ (u odnosu na fiksnu tačku na pravcu), njihova relativna brzina je $1.8c$, gde je c brzina svetlosti.

Možemo ponoviti stav sa početka ove rasprave kao konačni zaključak: Prostor i vreme postoje nezavisno od materije. Na prostor i vreme ne može se uticati promenom stanja materije.

3. Relativnost kretanja

3.1. Matematička i fizička relativnost

U Osnovnim osobinama sveta razlikujemo matematičku i fizičku relativnost. Pod matematičkom relativnošću podrazumevamo da se, za svrhe kinematičkog razmatranja kretanja, svaki fizički sistem nezavisno od svoje prirode može posmatrati kao skup tačaka u prostoru. Budući da je “tačka” elementarni, apstraktni i bezdimenzioni pojam, kretanje bilo kog skupa tačaka možemo matematički predstaviti relativno prema proizvoljnom koordinatnom sistemu – bez obzira na kretanje koordinatnog sistema ili samih tačaka, bilo ono uniformno ili ubrzano.

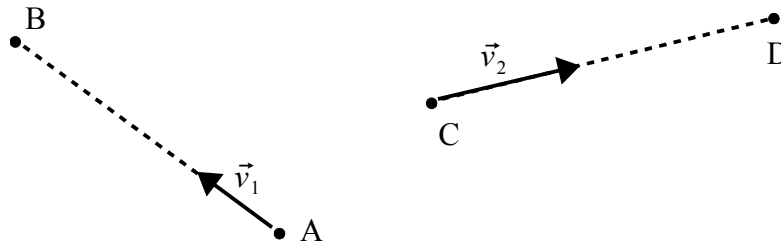
Međutim, fizički posmatrano, postoje razlike između uniformnog i ubrzanog kretanja koje ćemo ukratko razmotriti.

Definicija 3.1. Uniformno kretanje je fizički relativno.

Uniformno kretanje je teorijska mogućnost. Ako zamislimo svemir koga čine tela koja ne deluju međusobno, svako od njih bi zadržalo svoj vektor brzine večito konstantan. Iako u stvarnosti ne postoji takvo bez interakcija (svako telo je pod uticajem gravitacije celog kosmosa), sa povećanjem razdaljine među telima, njihovo stanje kretanja se približava uniformnom.

U potpuno uniformnom stanju, njihovo kretanje ne bismo imali po čemu da

razlikujemo, pa bi ono time postalo relativno. Relativnost znači upravo da za svako telo u uniformnom kretanju možemo reći da miruje, a da se sva ostala tela kreću. Svako od suprotstavljenih gledišta različitih tela o tome ko se kreće bilo bi potpuno ispravno i u matematičkom i u fizičkom pogledu.



Slika 3. U svemiru koji čine tela koja ne deluju uzajamno, svako od njih zadržava većito konstantan vektor brzine.

Pogledajmo sada kako je ubrzano kretanje posebno. Na slici 2b videli smo kako izgleda ubrzano polje. Prikazani obim deformacija na slici je ekstreman (polje bi tako izgledalo pod ubrzanjima reda 10^{18} m/s^2), ali to će narednu teoremu učiniti očiglednom.

Teorema 3.2. Ubrzano kretanje je fizički apsolutno.

Dokaz: Osnovna jedinica materije je polje, kao što je definisano kroz definiciju 1.2. Dok se polje ubrzava, ono trpi promene u svojoj strukturi, što za posledicu ima otpor ubrzanju. Prema tome ubrzano kretanje nije relativno. Ono je apsolutno, što znači da se ubrzano kretanje polja ne može istinito pripisati proizvoljnim poljima. ■

Tokom XX veka, ubrzano kretanje je smatrano relativnim isto kao i uniformno. Razvoju takvog stava doprinelo je i neposredno ljudsko iskustvo da je za nas stanje slobodnog pada normalno (ne osećamo ništa), odnosno da se padanjem u gravitacionom polju Zemlje nalazimo u bestežinskom stanju koje se po našem doživljaju ne razlikuje suštinski od bestežinskog stanja u kome se nalaze astronauti. U mehanici je koncept “materijale tačke” bio taj koji je isti zaključak učinio prihvatljivim.

Međutim, osnovna jedinica materije je polje, a materija u makroskopskom svetu je složena kompozicija, ili kolekcija polja. Ubrzano polje se na jedinstven način razlikuje od bilo kog drugog polja, što ubrzano kretanje čini apsolutno realnim. Ovo je očigledno, ali ćemo ipak to još jednom ilustrovati sa sledećim poređenjem:

Zamislamo nekoliko sijalica u pokretu. Ako jedna od njih emituje svetlost, ta joj se činjenica ne može oduzeti i pripisati drugim sijalicama promenom sistema referencije. Slično, deformacija polja ne može se pripisati drugim poljima promenom tačke gledišta. Fizička promena oblika polja koja se dešava prilikom njegovog ubrzanja je samo njegova promena.

PRILOG A

Hipoteza o gravitaciji

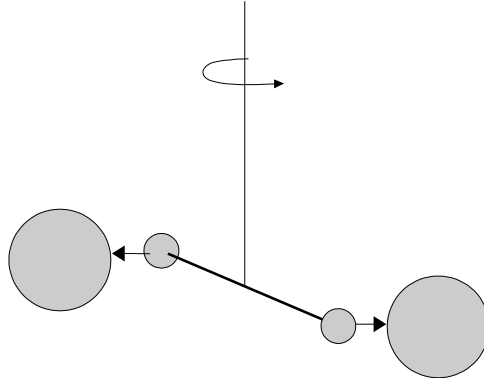
U osnovnim osobinama sveta masa je isto što i inertnost – dakle kvalitet materije a ne materija sama, pa je bukvalno smatranje mase za uzročnika gravitacije besmisleno. Zbog ovoga moramo pokušati da odgovorimo na pitanje – šta bi mogao biti stvarni uzrok ili nosilac gravitacije?

Prema Njutnovom zakonu gravitacije, gravitaciono privlačenje je proporcionalno proizvodu masa dva tela. Matematička proporcionalnost, međutim, nema nužno bilo kakve veze sa “uzrokom” ili “nosiocem” gravitacije. Ako želite, intenzitet elektrostatičkog polja velikog broja elektrona možete izraziti proporcionalno njihovoj masi. Pa ipak jasno je da masa elektrona nema veze sa električnim poljem.

Njutnov zakon gravitacije je prvi put potvrđen u laboratorijskim uslovima kada je 1798. godine Henri Kevendiš izveo eksperiment torzionom vagom, kako bi utvrdio gravitaciono privlačenje masivnih olovnih kugli. U originalnom eksperimentu, kao i u kasnijim savremenijim merenjima dobijeni su vrlo slični rezultati koji su pokazali da između olovnih kugli postoji veoma slabo, ali merljivo privlačenje. Eksperiment je poslužio da se odredi važna nepoznanica Njutnove teorije gravitacije, konstanta proporcionalnosti γ . Pokušaćemo da odgovorimo šta je Kevendiš stvarno ovde merio.

Dejstvo molekularnih sila među makroskopskim telima može se primetiti u vidu površinskog napona kod kapljica tečnosti. Pod dejstvom površinskog napona kapljice tečnosti teže da svojim oblikom obrazuju pravilnu sferu. Dok je ova pojava naročito izražena za sve tečnosti u bestežinskom stanju, u običnim uslovima veoma je izražena kod kapljica žive. Rasuta živa iz razbijenog toplomera formira na desetine sitnih kapljica koje su veoma pravilnog loptastog oblika. Može se primetiti i veoma izraženo privlačenje među kapljicama žive kada se primaknu blizu jedna drugoj - teže da se spoje u jednu celinu. Ovakvo privlačenje postoji među svim supstancama iste prirode, ali je kod makroskopskih tela, osim u izuzecima kao što je živa, veoma slabo i neprimetno. Danas je opšteprihvaćeno da je ovo privlačenje isključivo posledica delovanja međumolekularnih sila. Ista fizička polja koja su zaslužna za formiranje strukture materije na molekularnom nivou i za hemijske reakcije među supstancama zaslužna su i za ovakvu makroskopsku pojavu. Molekularne sile, odnosno površinski napon u makroskopskom svetu, elektromagnetske su prirode i veoma su složene po načinu svog delovanja. Zbog same složenosti molekularnih polja, do danas nije nijednim matematičkim modelom uspešno objašnjeno kakvo se polje može očekivati u blizini samih molekula, niti na makroskopskom rastojanju. Ipak ostaje prosta empirijska činjenica da ove sile određuju hemijske osobine svih supstanci, kao i agregatna stanja i mehaničke osobine poput elastičnosti. Na odstojanjima koja daleko nadmašuju dimenzije molekula, dejstvo molekularnih sila naglo opada ispod granica osetljivosti mernih instrumenata.

Kada bismo želeli da eksperimentom utvrdimo ponašanje molekularnih polja na makroskopskim udaljenostima, preostalo bi nam možda samo da uradimo isto što i Kevendiš: sa što većom količinom materije skoncentrisanom u dve ili četiri tačke, merili bi njihovo uzajamno dejstvo torzionom vagom. Ali ako uradimo isto što i Kevendiš, šta mi to onda merimo?



Princip torzione vage - za merenje dejstva molekularnih sila između makroskopskih tela. Sa što većom količinom materije koncentrisanom u dve ili četiri tačke kao na slici povećava se veoma slabo dejstvo, a zatim se meri uvrtnje vlakna na kome vise manji tegovi.

Na osnovu rečenog možemo formulisati sledeću hipotezu o poreklu gravitacije:

Molekularne sile na veoma bliskim međumolekularnim rastojanjima određuju hemijske i mehaničke osobine svake supstance. Na velikim rastojanjima gube se sve hemijske osobenosti supstanci, a molekularne sile deluju ujednačeno ka svim drugim supstancama veoma slabom privlačnom silom koja opada sa kvadratom udaljenosti i koja je srazmerna količini materije (dakle ne masi, nego količini, iako se i ubuduće matematički može izraziti kao i do sada). Ovo molekularno privlačenje velikih tela je gravitacija.

PRILOG B

Pojmovi masa i inernost u srpskom jeziku

Prema duhu srpskog jezika, ove dve reči pripadaju različitim vrstama imenica. Reč «inertnost» je mislena imenica³ a reč «masa» je lična imenica⁴. Zbog ove podele dolazi do nesvesne, spontane zabune prilikom upotrebe ove dve reči. Zabuna odnosno greška sastoji se u sledećem: Ako se pogleda literatura, vidi se da autori teže da ove dve reči koriste u različitom kontekstu ili čak kao da označavaju različite pojmove, ali treba naglasiti da za to ne postoji neko opravdanje osim puke navike.

Evo nekoliko primera potpuno besmislenih jezičkih konstrukcija iz domaće literature:

``Kvantitativna mera za inerciju tela predstavlja naročitu fizičku veličinu koja se zove masa'' - Citat iz: ``FIZIKA I'', Naučna knjiga, V.M.Vučić, D.M. Ivanović

(Ispravno: Kvantitativna mera za inerciju odnosno masu tela zove se kilogram)

``Ovo svojstvo tela zovemo inernost a fizička veličina važna za inernost je masa'' - Citat iz: ``FIZIKA'', Naučna knjiga, grupa autora, udžbenik za I razred srednje škole

(Ispravno: Ovo svojstvo tela zovemo inernost ili masa)

``Masa tela je mera njegove inernosti'' - Citat iz: ``METROLOGIJA U FIZICI viši kurs D'', Građevinska knjiga, G. Dimić, M. Mitrinović

(Ispravno: Kilogram je mera inernosti tela)

Ovo je, naravno, samo mali osvrt na domaću literaturu. Nejasne formulacije poput navedenih u principu dovoljno govore o tome da kako kod nas, tako i u svetu, ne postoji svest o prirodi pojave inernosti.

³ U gramatici srpskog jezika imenice se dele na više načina. Jedna od podela je podela po značenju. U okviru te podele, apstraktne imenice označavaju nešto što se zamišlja ili oseća, kao npr. *mladost, lepota, starost, slabost*, itd., ili u našem primeru *inernost*. S druge strane, lične imenice označavaju bića ili predmete, pri čemu pojam predmeta treba shvatiti vrlo široko.

⁴ Reč *masa* se prema duhu srpskog jezika doživljava kao ime neke vrste predmeta, ali treba imati u vidu da je to strana reč i da se njeno značenje mora definisati, a ne podrazumevati.

O delu

OSNOVNE OSOBINE SVETA je ambiciozan projekat koji sam započeo pre više od deset godina. Cilj dela je da se objasne osnovne zakonitosti materijalnog sveta oslanjanjem samo na preciznu i jasnu logiku. Svi zaključci izvode se u obliku teorema na osnovu prethodno jasno iznesenih definicija.

Ovom prilikom objavljujem samo prvo poglavlje, budući da je ostatak knjige znatno složeniji i moglo bi proći još desetak godina da ga završim. Prvo poglavlje je prosto i sažeto i ne bi trebalo da bilo kome predstavlja problem da ga shvati. Čak su mnoge stvari namerno zaobiđene i izneta je suština upravo da bi delo bilo lakše shvaćeno.

mart-april 2005.

<http://www.masstheory.org>

Aleksandar Vukelja,

aleksandar@masstheory.org