



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI  
FAKULTET  
DEPARTMAN ZA FIZIKU



# **SAVREMENI PRISTUP PODUČAVANJU FIZIKE U OSNOVNOJ ŠKOLI NA PRIMERU TEMATSKE CELINE SILA**

**- MASTER RAD -**

**MENTOR:**  
**dr Dušan Lazar**

**KANDIDAT:**  
**Hodi Andrea**

**Novi Sad, 2013.**

# **SADRŽAJ**

<b>1. UVODNI DEO</b>	<b>4</b>
<i>1.1 Karakteristike nastave fizike</i>	4
<i>1.2 Metode i oblici rada</i>	8
<i>1.3 Motivisanje učenika za učenje fizike</i>	14
<i>1.4 Uloga nastavnika u nastavnom procesu</i>	16
<b>2. DINAMIKA</b>	<b>19</b>
<i>2.1 Razvoj pojma sile u istoriji</i>	19
<i>2.2 Njutnovi zakoni mehanike</i>	21
<i>2.2.1 I Njutnov zakon</i>	21
<i>2.2.2 Značenje sile</i>	22
<i>2.2.3 II Njutnov zakon kretanja</i>	24
<i>2.2.4 Zablude u vezi Njutnovih zakona</i>	25
<i>2.2.5 III Njutnov zakon</i>	27
<i>2.3 Vrste interakcija</i>	28
<i>2.4 Sile u mehanici</i>	29
<i>2.4.1 Gravitaciona sila i težina</i>	29
<i>2.4.2 Sila trenja</i>	32
<i>2.4.3 Prednosti i nedostaci trenja</i>	34
<i>2.4.4 Sila otpora sredine</i>	35
<i>2.4.5 Sila zatezanja</i>	36
<i>2.4.6 Elastične deformacije. Elastična sila</i>	36
<i>2.5 Delovanje na daljinu. Koncept polja</i>	38
<b>3. OBRADA NASTAVNE TEME SILA</b>	<b>39</b>
<i>3.1 Uzajamno delovanje tela u neposrednom dodiru i posledice takvog delovanja.</i>	
<i>Sila</i>	40
<i>3.2 Elastično delovanje</i>	45
<i>3.3 Trenje</i>	48
<i>3.4 Otpor sredine</i>	52
<i>3.5 Električno i magnetno delovanje</i>	55
<i>3.6 Sila Zemljine teže. Težina tela</i>	59
<b>4. LITERATURA</b>	<b>63</b>
<i>Kratka biografija</i>	64
<i>Ključna dokumentacijska informacija</i>	65

## **PREDGOVOR**

*Najiskrenije se zahvaljujem mentoru, dr Dušanu Lazaru, na uputstvima i korisnim sugestijama tokom izrade ovog master rada.*

*Hodi Andrea*

# 1. UVODNI DEO

## 1.1 KARAKTERISTIKE NASTAVE FIZIKE

U ovom radu pokušano je da se prikaže na koje teškoće nailaze učenici kada se u osnovnoj školi počnu baviti učenjem fizike. Pored toga, istaknuto je koje su uloge nastavnika u obrazovnom procesu kao i sa kojim problemima se suočava nastavnik fizike koji želi da poboljša svoju nastavu, da je učini interesantnijom i razumljivijom za učenike. Rad je napisan na osnovu mog skromnog iskustva stečenog tokom četiri godine rada u školi i proučene literature, navedene su nastavne metode i oblici rada koji se smatraju najpogodnjim za izvođenje nastave fizike. Posle detaljne teorijske obrade nastavne teme Sila prikazane su preporuke priprema za izvođenje časova u okviru ove tematske celine.

### *Zašto učiti i podučavati fiziku?*

To je pitanje koje učenici redovno postavljaju na nastavnim časovima. Naročito, ako im se učenje fizičkih zakona čini teškim, novi pojmovi nerazumljivim, apstraktnim. Kao osnovni cilj nastave fizike literatura navodi upoznavanje prirodnih pojava, prirodnih zakona i sticanje osnovne naučne pismenosti. Najveći naglasak je na osposobljavanju učenika da prepoznačaju fizičke pojave u svakodnevnom životu i da usvojeno znanje znaju primeniti u svom daljem radu. Ne možemo pobeći od činjenice da svi mi živimo u prirodi. Ona je oko nas, u našem svakodnevnom životu i potrebno je da je razumemo.

### *Zašto je teško učiti fiziku?*

Čak se i naučnici slažu u tome da je činjenica da je teško učiti fiziku. Objašnjenje nalaze u složenosti prirodnih nauka. Apstraktni pojmovi, koji se uče u fizici su teško razumljivi za učenike i često potpuno nepoznati. Novi termini, koji se uvode često zbunjuju decu, naročito ako su oni poznati, ali upotrebljavani u sasvim drugom značenju u svakodnevnom životu. Naučni problemi se teško rešavaju, jer sadrže veliki broj promenljivih i zahtevaju naučno mišljenje. U nedostatku tog naučnog načina mišljenja, učenicima je teško da shvate uzročno-posledične odnose u nauci, koje su neophodne za razumevanje gradiva.



Prirodne nauke se ozbiljnije počinju podučavati u višim razredima osnovne škole. Fizika u šestom razredu. Po nekim naučnicima [Piaget, J., 1982; Vigotski (Vygotsky, L. V),

1977] dete je u tom uzrastu spremno da ovlada novim, višim nivoom mišljenja, takozvanim formalnim mišljenjem. Učenje prirodnih nauka upravo podstiče taj razvoj, jer zahteva složenije misaone operacije kao što su postavljanje hipoteza, traženje odgovora, logičko zaključivanje, itd.

Poslednjih godina mnoga istraživanja su usmerena na stavove prema učenju fizike. Rezultati su poražavajući. Fizika se obično nalazi na kraju liste (zajedno sa hemijom) kada deca rangiraju predmete. Učenici u najvećem broju slučajeva nalaze učenje fizike teškim. Prvenstveno zbog potrebe usvajanja velikog broja novih činjenica i apstraktnih pojmoveva. Međutim, velike teškoće mogu predstavljati i učenikova predznanja i pogrešna uverenja o nekim zakonima u prirodi. Podučavanjem fizike trebalo bi da se promene te pogrešna ubeđenja, koja se nazivaju i miskoncepcije i da dođe do usvajanja naučno zasnovanih činjenica.

U nastavi fizike najzbiljnije greške nastaju kada se ne uzmu u obzir detetova predznanja vezana za neku nastavnu temu. Predznanja imaju presudnu ulogu u učenju. Deca dolaze u školu sa određenim idejama, pojmovima i načinom razmišljanja, što jednim imenom nazivamo predstave ili koncepcije. Ove koncepcije su ponekad kompatibilne, a ponekad nekompatibilne sa naučnim teorijama. Uloga nastavnika se ogleda i u nastojanju da ova uverenja deca jasno izraze, da bi ih zatim sa njima menjao sa ciljem da se stekne odgovarajuće naučno znanje. Koncepcije koje su učenici konstruisali da bi organizovali svet u kome žive su često različite od naučnih koncepcija. One i posle odgovarajućih saznanja često opstaju, jer njihovi koren sežu do najranijeg razvoja deteta, a spadaju u registar osećanja podstaknutih objašnjenjima koja se, čak i kada su pogrešna sa naučne tačke gledišta, pokazuju kao vrlo efikasna u dečijoj svakodnevničkoj vivotinji.

Miskoncepcije (“zablude”) su često prepreke odgovarajućem saznanju. Njihovo poznavanje omogućuje nastavniku da prilagodi planirane aktivnosti tako da što uspešnije nešto uradi. Često je poželjnije raditi «sa» koncepcijama uz pokušaje njihove promene, nego po svaku cenu biti «protiv». Na primer, u mehanici podučavanje osnovnih zakona čak i nastavnici fizike smatraju teškim zadatkom. Mnogi veruju da su Njutnovi zakoni suviše apstraktni da ih čak i 15-16 godišnjaci teško razumeju. Najverovatnije to nije pravi razlog. Pri podučavanju mehanike moramo ozbiljno računati sa miskoncepcijama koju deca već imaju. To je u suštini Aristotelova slika o kretanju koja sasvim različito tumači kretanje tela, uzroke kretanja i promena. Kada mi želimo da predamo deci Njutbove ideje o

kretanju, one dolaze u sukob sa njihovim ubedjenjem o tom pitanju, a da oni toga nisu ni svesni (nažalost ni većina nastavnika), i ne dolazi do rešavanja tog konflikta.

Sa sličnim problemima možemo računati i prilikom podučavanja električnih pojava. Deca obično izgrade neki model vezan za električne pojave još pre nego što uče o njima. Suština te predstave je mehanička slika o kretanju elektrona kroz provodnik kao kroz neku cev. Razlog svih električnih pojava će prema dečjim idejama biti to kretanje nanelektrisanja, što će dovesti do neželjenih posledica prilikom učenja novih pojmoveva. Nažalost, većina dece nikada ne razume na adekvatan način pojam električnog napona, jer ga praktično identificuje sa jačinom električne struje. Nastavnici obično ulažu napor da deca razumeju pojam električnog napona, ali ako se efekat miskoncepcija ne uzme u obzir, ili ako nismo upoznati sa ovim fenomenom, najverovatnije nećemo uspeti u svojim naporima.

Mnogi slučajevi su poznati kada su teškoće u učenju prouzrokovane nemogućnošću dece da naprave jasnu razliku između pojedinih pojmoveva, na primer, određenih fizičkih veličina. Najpoznatiji primer je temperatura i toplota (energija) i njihovo mešanje iz čega može proisteći da dete smatra da ako pomeša dve čaše vode od 30 °C dobija vodu od 60 °C. Nastavnik koji nije svestan ovog problema, to pripisuje nemaru, nepažnji učenika, mada obično postoji drugačiji razlog čijim utvrđivanjem se problem može popraviti. Ako podučavanje ne ispunji svoj zadatak, dolazi do toga da učenici ne ostavljaju svoja pogrešna uverenja, već razdvajaju ono što su naučili u školi i stvarni život. Znanje predato u školi ostaje samo deo školskog gradiva i ne utiče na njihov pogled na svet.

Često čujemo od nastavnika da učenik XY ima slabe (ili dobre) sposobnosti za neki predmet. Postoji jedna naivna pedagoška teorija prema kojoj imamo neku (nikada ozbiljno ne objašnjenu) "sposobnost", koja određuje kako ćemo napredovati u školi. Ideja je u stručnom smislu potpuno neosnovana (čak i prema teorijama koje koriste ovaj pojam imamo bezbroj sposobnosti), a i neprihvatljivo je da prema ovom stavu na ovu "veštinu" se spolja ne može uticati, ona je nepromenljiva. Ipak, mnogi smatraju da je i za napredovanje iz fizike potrebna neka određena sposobnost.

Interesantno je pitanje da li razlike u polovima utiču na uspešnost u fizici. Prema poslednjem velikom međunarodnom istraživanju u kojem su istraživana školska postignuća petnaestogodišnjaka (PISA 2006) devojčice i dečaci su podjednako uspešni. Rezultati nekih prethodnih istraživanja su bila u korist dečaka, međutim većina naučnika

smatra da su razlike veoma male. Uzrok ovih razlika može biti, između ostalog, i favorizovanje dečaka za bavljenje matematikom i prirodnim naukama. Istraživanja potvrđuju da su dečaci aktivniji na časovima, češće se javljaju kao dobrovoljci i izvode eksperimente. Neki nastavnici smatraju da devojčice imaju slabije sposobnosti za fiziku. Među dečacima i devojčicama zaista postoje razlike u učenju fizike, ali oni potiču od razlika u socijalizaciji, a ne ukazuju na neke zakonitosti u vezi polova.

Konstruktivistički model saznavanja nam objašnjava na koji način se znanje struktura u umu onoga koji uči. Po ovoj teoriji nove, nepoznate činjenice i pojmovi se ugrađuju u postojeće znanje tako što se povezuju sa pojmovima koje učenik već poznaje. Te kognitivne strukture se postepeno grade. Svako novo saznanje, nova činjenica koja se ugrađuje u tu strukturu znanja dovodi do većeg razumevanja onoga što se uči. Ova teorija daje odgovor i na pitanje zašto su pogrešna uverenja tako otporna na promene. Znanja i razumevanja koja su sticana višegodišnjim iskustvom, čak ako su i pogrešna, teško se menjaju. Nemoguće ih je izbrisati, potrebno je stare pojmove zameniti novim. Zbog toga nova saznanja moraju biti veoma uverljiva i moraju navesti učenike da preispitaju svoje pogrešne teorije.

Prema najmodernijim shvatanjima deca sama konstruišu svoja znanja, aktivno grade svoj svet koji je stoga veoma subjektivan. Ključni element ovog procesa i polazna tačka je predznanje učenika i njihov pogled na svet. Deca aktivno koriste svoje postojeće kognitivne sisteme prilikom obrade novih informacija i taj proces vrlo često proizvodi neobične posledice. Učenik insistira na svojim originalnim idejama, ako je potrebno, menja iskustvo, kreativno konstruiše objašnjenja koja nisu identična sa naučnim objašnjenjima, ali ispunjavaju njegova očekivanja. Deca mogu da nauče formule i definicije napisane u udžbenicima, a da o "stvarnom svetu", misle nešto sasvim drugo. Takođe su u stanju da nauče algoritme rešavanja zadataka i da ih dobro uvežbaju, jer se to od njih očekuje u nastavnom procesu. Za decu postoji "školska fizika" i "fizika života". "Školska fizika" traje dok se napiše pismeni rad ili odgovara. Nakon toga se zaboravi, jer to znanje nije adaptibilno u životnim situacijama.

Veliki problem pri podučavanju fizike predstavljaju sadržaji koji su često nepoznati za učenike. U nedostatku predznanja sa kojima bi ih povezali, deca veoma teško razumevaju i usvajaju nove sadržaje. Priroda jeste deo sveta oko nas, međutim učenici obično imaju teškoće sa povezivanjem naučnih pojmoveva sa prirodnim pojavama koje opažaju u

svakodnevnom životu. Za nastavu fizike je vrlo bitno zainteresovati učenike za opažanje prirodnih zakona. Sva moderna tehnika se upravo bazira na znanju fizike. Zbog toga fiziku treba učiti sa razumevanjem, jer fizika se ne može potpuno razumeti učenjem samih činjenica.

Teškoće nastaju i pri uvođenju novih termina, oznaka, simbola, formula, itd. Stručna terminologija jeste neophodna da bi se gradivo iz fizike razumelo, ali je učenici teško usvajaju i potrebno je puno vežbanja da bi se postigla naučna pismenost.

## **1.2 METODE I OBLICI RADA**

Uspešna nastava fizike u školi jedan je od najkrupnijih izazova pred savremenim obrazovanjem u svetu. Opširna istraživanja sprovedena u nemačkim školama (Phys. Blätt. 56(2000)7/8) pokazala su da je od svih školskih predmeta fizika učenicima najteži i najmanje privlačan predmet, uprkos tome što se nemački sistem u celini smatra najkvalitetnijim u svetu. Taj problem dobija posebno značenje na početku 21. veka budući da je fizika ključan predmet za orijentaciju mладог naraštaja na naučno-tehnološki razvoj, koji je osnova za razvoj moderne privrede. Uopšteno se nastavi fizike prigovara da je previše opterećena matematičkim aparatom i postupcima te da je previše orijentisana na čisto memorisanje, a da ima premalo učeniku atraktivnih sadržaja, premalo interdisciplinarnih sadržaja, premalo kreativnih izazova i poticanja za razmišljanje i premalo očiglednosti.

Takođe se naglašava važna uloga nastave fizike u osnovnom zadatku savremenog obrazovanja, a to je da ima veliki transferni potencijal za kasnije celoživotno obrazovanje i sposobljavanje za stalno sticanje novih znanja koja se u budućnosti pokažu relevantnim, a sada se još ne mogu predvideti. Naglašava se problem razumljivosti gradiva iz fizike u školskoj nastavi. Posebno je istaknuto da se još uvek u nastavi i u udžbenicima problem razumljivosti gradiva i adekvatnosti ilustracija suviše razmatra sa stanovišta stručnjaka (fizičara, psihologa, pedagoga), a premalo sa stanovišta učenika. Posebno se naglašava da ono što se u udžbeniku stručnjacima čini jasnim i razumljivim, često nije razumljivo učeniku, jer učenik tumačenja i ilustracije doživljjava drugačije nego nastavnik. Time ključan izazov postaje komunikacija učenika i nastavnika.

*Na koji način nastavnik može da poboljša i unapredi podučavanje i razumevanje fizike?*

Da li će učenici razumeti i usvojiti nove sadržaje u mnogome zavisi od toga kako se oni obrađuju u školi. Veoma je značajan izbor odgovarajuće nastavne metode i oblika rada. Predavanje fizike u tradicionalnoj nastavi ima puno nedostataka:

- znanja se daju u gotovom obliku, neguje se pamćenje, a zanemaruje mišljenje učenika
- zapostavlja se samostalni, stvaralački rad učenika
- nastava nije prilagođena sposobnostima pojedinih učenika
- rezultati rada učenika se prate i vrednuju parcijalno, jednostrano i nedovoljno objektivno.

Da bi se takvo stanje prevazišlo, brojni naučnici insistiraju na novim načinima organizacije moderne nastave. Osnovno opredeljenje većine naučnika je da krajnji cilj nastave treba da bude razvijanje kreativnih sposobnosti učenika i njihovo osposobljavanje za samostalno učenje i permanentno obrazovanje.

U modernoj nastavi učenici u nastavnom procesu treba da budu u situaciji da samostalno istražuju, tragaju za odgovorima na postavljena pitanja ili zadate probleme, da samostalno analiziraju, zaključuju, da samostalno saopštavaju i obrazlažu rezultate sopstvenih saznanja. Istraživanje je moguće u prirodi, u literaturi, na modelima, putem kompjutera, itd. U nastavi fizike ova nastavna metoda dobija potpun smisao. Istraživanjem prirode, izvođenjem eksperimenata, rešavanjem problemskih zadataka stiču se znanja sopstvenom aktivnošću. Ova znanja su trajnija i primenjivija od onih koja su preuzeta od nastavnika. Osim toga, ovakav način učenja može za učenike biti veoma interesantan.

Kao glavni prigovor istraživačkoj nastavnoj metodi najčešće se navodi nedostatak vremena za temeljno isplaniranje i analiziranje pojedinih koraka u istraživanju. Učenicima treba dosta vremena da bi mogli samostalno uočiti određena načela i izvesti zaključke. Za pojedine učenike to predstavlja teškoću i kada ima dovoljno vremena. Njima je potrebna nastavnikova instrukcija. Ova metoda gubi svoj smisao ako dođe do pojave nazvane pseudo-otkrivanje, kada se postupci samo demonstrišu i zaključci prepričavaju.

Iz navedenih razloga istraživačka nastavna metoda se najčešće upotrebljava u kombinaciji sa monološkom ili dijaloškom metodom, ili se koristi metoda vođenog otkrivanja. Metoda

vođenog otkrivanja se razlikuje od istraživačke metode po tome što se učeniku zadaje problem, ali se on i usmerava u rešavanju tog problema.

Kada je reč o oblicima rada na nastavnim časovima fizike, preporučuje se rad u parovima i u grupama. Učenici će biti više motivisani za rad ako svi imaju svoja zaduženja, ako su u mogućnosti da prodiskutuju svoje zaključke sa ostalima u grupi. Čak i oni učenici koji nisu zainteresovani tako bivaju navedeni da ispune svoj deo zadatka, jer i njihov rad utiče na uspeh grupe. Rad u tandemu i u grupama neguje kolektivni duh, učenici sarađuju i osposobljavaju se za rad u kolektivu. Ovakav tip rada omogućuje konfrontaciju ideja, ali može ponekad da bude i problematičan za uspostavljanje reda u odeljenju od strane nastavnika. On favorizuje istraživanja, verbalnu i proceduralnu razmenu mišljenja između učenika, pomaže učenicima pri postavljanju hipoteza, njihovom testiranju, posmatranju, argumentovanom objašnjavanju, pretrazi literature. Pri formiraju parova treba voditi računa o tome da dve dominantne ličnosti nisu pogodne za rad u paru. Prema istraživanju Goldmana najbolje je učenika sa visokim stepenom inteligencije staviti u par sa učenikom nižeg stepena inteligencije jer će u tom slučaju obojica ostvariti bolje rezultate nego da rade individualno.



Za podučavanje je veoma važno da nastavni sadržaji budu dobro struktuirani. Ako se znanje predaje u obliku skupa nepovezanih činjenica, učenici ga teško pamte i brzo zaboravljaju. Takva znanja nisu primenljiva u problemskim situacijama, niti su dobra osnova za dalje učenje.

Sadržaj nastavnog predmeta fizike je složen i pojmovi često apstraktni. U sklopu gradiva treba da se usvoje novi simboli, formule i jednačine. Da bi se ti sadržaji adekvatno predstavili, koristi se makroskopski, mikroskopski i simbolički nivo predstavljanja. (Ben-Zvi, Eylone & Cilberstein, 1988; Gabel, 1999; Johnstone, 1997). Sadržaji predstavljeni na makroskopskom nivou su najpristupačniji za učenike. Predmeti i pojave koje možemo videti, čuti, osetiti, mnogo lakše razumemo i duže nam ostaju u sećanju. Pojmovi na mikroskopskom nivou se već teže shvataju, često je potrebno uvesti modele ili analogije.

Međutim, čak i u tom slučaju učenici imaju teškoće pri povezivanju modela ili analogije sa samim pojmom. Nije lako shvatiti strukturu atoma, čak iako imamo model ispred sebe. Sadržaji predstavljeni na simboličkom nivou su još apstraktniji. I u ovom slučaju analogije često ne dovode do očekivanog rezultata. Ono što je za nastavnika očigledno (zahvaljujući njegovom predznanju i iskustvu), nije uvek i za učenike. Ako prethodno navedena tri nivoa predstavljanja nisu usaglašena u nastavi, znanja iz predmeta ostaju nepovezana. U tom slučaju ne dolazi do razumevanja gradiva, učenje postaje naporno, stvara se odbojnost prema predmetu.

Očiglednost ima posebnu ulogu u nastavi fizike. Skladno Bor-Pijažeovom (*Bohr-Piaget*) pristupu, u nastavi fizike treba više koristiti slike, ilustracije, očigledne eksperimente, kompjuterske simulacije, opažanja itd. Takođe sve relevantniji postaje stav koji je o nastavi fizike izneo poznati fizičar Vajskopf (*Weisskopf*): «Prva obaveza nastavnika fizike je da se trudi da se u nastavi savladaju fizikalni koncepti, kako bi se stekao pojmovni okvir na kojem se osnivaju sve druge nauke. Prioritet je da se koncepti postave ispred računanja.»

Sadržaji se raspoređuju, po pravilu, logičkim redosledom od jednostavnog ka složenom. Taj način rasporeda, međutim u velikom broju slučajeva nije odgovarajući za učenike, naročito u osnovnoj školi. Početni pojmovi moraju biti bar donekle poznati, da bi mogli da se povežu sa postojećim znanjem.

Pri uvođenju novih sadržaja preporučljivo je koristiti primere. Primeri mogu da povežu novo znanje sa našim iskustvom i sa svetom oko nas. U početku primeri treba da su veoma konkretni i iz naše neposredne okoline, a na višem nivou saznavanja mogu se upotrebljavati i manje poznati primeri, koji navode na razmišljanje i samostalno zaključivanje. Najvažniji zadatak nastavnika je da poveže nauku sa svetom oko nas i da osporobi učenike da učine isto. Nastavnik mora da ima obimno stručno i metodičko znanje da bi mogao efikasno da obavlja ovaj zadatak. Mora raspolagati svim mogućim izvorima informacija od knjiga, časopisa do baza podataka na Internetu.

Važan preduslov za uspešno podučavanje fizike su adekvatni udžbenici i ostali nastavni materijal. Udžbenici treba da su prilagođeni potrebama učenika, sadržaj treba da je čitak, razumljiv i dobro struktuiran. Poželjno je da u knjigama postoje slike i ilustracije koje su vezane za gradivo, jer one zadržavaju pažnju i bude interesovanje.

Intelektualne sposobnosti učenika u mnogome utiču na njihovo razumevanje prirodnih pojmova i zakona kao i na sposobnost primene stečenog znanja. Neki učenici teško usvajaju naučno razmišljanje, naučni način utvrđivanja činjenica i zaključivanja. Za njih je naročito značajno, da izloženi sadržaji budu postupni, očigledni i da se koriste primeri koje povezuju naučnu pojavu sa iskustvom iz njihovog života. Ako učenik zbog nekog razloga nije u stanju da savlada gradivo na nastavnim časovima, dužnost nastavnika je da nastavi rad sa njim na dopunskim časovima, koji treba da budu individualizovani, prilagođeni potrebama određenih učenika. Za rad sa nadarenijim učenicima koji pokazuju posebno interesovanje za neki predmet, predviđena je dodatna nastava. Na dodatnoj nastavi je moguće upotrebiti istraživački pristup učenju fizike, jer nastavnik i učenik imaju veću slobodu u izboru sadržaja, nego kod redovne nastave. Učenike koji su zainteresovani za ovaj predmet, treba podsticati da učestvuju na takmičenjima. Postignuća na takmičenjima povećavaju samopouzdanje i mogu pomoći u profesionalnoj orijentaciji.

Cilj učenja fizike u školi je da učenik stekne znanje, koje može primeniti u novim, do tada nepoznatim situacijama. Takvo znanje se stiče prilikom rešavanja nepoznatih problemskih situacija. Učenik polazi od prethodnog znanja i iskustva i pomoću usmerenih pitanja nastavnika dolazi do rešenja problema. Pri tome učenici razvijaju kreativnost i kritičko mišljenje, te kroz raspravu uviđaju opravdanost ili neopravdanost sopstvenih ideja.

Za ostvarivanje zadataka fizike potreban je eksperimentalni pristup predmetu. Eksperimenti olakšavaju usvajanje novih činjenica i pojmova. Prilikom izvođenja eksperimenata učenici izgrađuju eksperimentalno mišljenje. Posmatraju neku pojavu, uviđaju koji faktori mogu uticati na tu pojavu, imaju mogućnost da promene neke od uslova i da vide šta će se desiti. Na taj način oni lakše uviđaju veze između pojmljova, uzročno-posledične odnose. Eksperimenti u nastavi fizike omogućavaju učenicima sticanje direktnog iskustva o fizičkim problemima, motivišu učenike i pomoću njih učenici postavljaju i proveravaju svoje hipoteze.



Najpoželjnija vrsta eksperimenta je učenički eksperiment, jer učenici ne zaboravljaju tako lako ono što su sami napravili. U tom slučaju, učenici razvijaju kritičko mišljenje i koriste se predznanjima. Treba znati izabrati sadržaje prikladne za eksperiment, koji na najjednostavniji način mogu doprineti sticanju znanja. Eksperimentom otvaramo probleme

i započinjemo raspravu. Osim toga, eksperimentalnim putem istražujemo fizičke veličine, koje kasnije povezujemo u zakonitosti i modele. Izvođenjem eksperimenta proveravaju se učeničke pretpostavke, koje su temeljene na njihovim predznanjima.

Potrebno je da učenici nauče planiranje i izvođenje eksperimenata, analizu i predstavljanje rezultata i povezivanje eksperimentalnih saznanja sa teorijom. Osim toga, u eksperimentalnom radu oni upoznaju osnovnu aparaturu, opremu i pribor i način rukovanja sa njima.

Oglede koji nisu pogodni za učenički rad izvodi nastavnik i oni se nazivaju demonstracioni eksperimenti. Demonstracioni eksperimenti se mogu izvesti na početku nastavnog časa kao uvod u nastavno gradivo, u toku časa kao ilustracija nekog fenomena i na kraju časa za vežbanje naučenog gradiva. Kad god je u mogućnosti, nastavnik treba da izvede eksperiment.

U nedostatku pribora i instrumenata, mogu se izvoditi jednostavni demonstracioni ogledi, koji se mogu realizovati od materijala koji su svuda oko nas. Oni ne zahtevaju skupu opremu. Pre izvođenja demonstracionog eksperimenta, učenici predviđaju ishod i svoja predviđanja kratko objasne. Nastavnik zatim izvodi eksperiment, a učenici posmatraju i razmišljaju o dobijenim rezultatima. U slučaju neslaganja između različitih predviđanja i ishoda eksperimenta, učenici ponovno osmišljaju poboljšano objašnjenje. Jednostavni ogledi su pogodni i kao učenički eksperimenti. Učenici mogu dobiti zadatak da neke od tih ogleda urade kod kuće i da ih demonstriraju na času. Mogu i da tragaju u literaturi za novim ogledima vezanim za određenu nastavnu temu.

Neke prirodne pojave i fenomene nije moguće prikazati demonstracionim ogledima. Najčešće su to procesi koje se odigravaju veoma sporo ili veoma brzo ili nisu bezbedni za izvođenje. U tom slučaju, da bi učenici lakše razumeli zakonitosti po kojima se te pojave dešavaju, preporučljivo je koristiti kompjuterske simulacije ili audiovizuelne zapise. Kvalitetni obrazovni softveri, takođe mogu olakšati nastavni rad i učenje. Ako u školi ne postoji mogućnost za korišćenje kompjutera na časovima fizike, obrazovni softveri mogu se koristiti kod kuće za vežbanje i utvrđivanje gradiva.

Jedan od problema u podučavanju fizike je i odsustvo diferencijacije na nastavnim časovima. Nastavnici, udžbenici, nastavni programi, i celokupna nastava fizike podređena

je potrebama onih učenika, koji će se i dalje baviti fizikom, ali čak ni njima ova vrsta nastave nije uvek odgovarajuća. U obrazovnom procesu svi dobijaju jednostrano naučno orijentisano obrazovanje potpuno nezavisno od toga da li im je to potrebno ili ne. Međutim, nastavnici nose teret prilagođavanja nastave prosečnom učeniku, pri čemu, oni koji bi želeli dublje i proširenije znanje iz fizike ostaju uskraćeni. Oni bi trebalo da uče više i na drugačiji način, što je u okviru diferencijalnog obrazovnog procesa moguće ostvariti.

### 1.3 MOTIVISANJE UČENIKA ZA UČENJE FIZIKE

Motivacija je pojam kojim označavamo sve one psihološke faktore koji upravljuju ponašanjem ljudi. Učenike učenju privlači zanimljivo gradivo, želja za uspehom, pohvale nastavnika i roditelja, nagrade, strah od nastavnika ili od roditelja, želja za afirmacijom i nastavkom školovanja. No, mnogo toga ih i odbija: nezanimljivo gradivo, preduge lekcije, loše napisan udžbenik, buka i galama, nedostatak prostora za učenje, loše nastavnikovo izlaganje, neobjektivnost u ocjenjivanju, te ponižavanje učenika. Motivacija je osnovno pitanje i preuslov uspešnog podučavanja i rada s učenicima.



Nastavnik je nositelj motivacije, a učenik učenja.

Tri ključna nositelja nastave su:

- motivacija
- aktivizacija
- koncentracija.

Volja je energija koja pomaže ostvarenju nekog cilja. Volja se iskazuje u koncentraciji pažnje i sabranosti učenika. Volja označava upornost, odlučnost, doslednost u izvršavanju obaveza, inicijativu, oslanjanje na vlastite sposobnosti te brzo prelaženje na rad. Učenici su različito motivisani za učenje fizike što uveliko zavisi kako o unutrašnjim tako i spoljašnjim faktorima. Za neke učenike dovoljna motivacija je samo učenje kojim oni zadovoljavaju potrebu za spoznавањем prirode i stvarnosti. Kod drugih učenika je interna motivacija nedovoljno razvijena i kod njih je učenje povezano sa nekom spoljašnjom nagradom kao rezultatom učenja (ocena, praktična primena naučenog i dr.).

Pored povoljnog motivacijskog faktora za efikasno učenje fizike kod učenika bitno je razviti i poželjne navike i stavove prema nastavnom predmetu fizika. Istraživanja su pokazala da stavovi i navike učenika, vezani za fiziku, značajno utiču na njihove stilove učenja. Izgradnja poželjnih stavova prema nastavnom predmetu fizika i fizici kao nauci čini doživotno učenje mnogo verovatnijim i olakšava učenicima izgradnju kompaktnih, funkcionalnih struktura znanja.

Jedan od bitnijih zadataka nastavnika je razvijanje interesa kod učenika za nastavno gradivo. Pošto se zanimanje lakše razvija za onu delatnost u kojoj imamo uspeha, nastavnik bi trebao i slabijim učenicima omogućiti da dožive osećaj uspeha.

Bruner (1966) smatra da se “željom za učenjem” može upravljati u nastavi putem otkrića pod uslovom da se razvijaju:

1. Motiv radoznalosti – nastavu treba tako organizovati da kod učenika podstiče i razvija tragalačku radoznalost, koja ga čini zadovoljnim i još više znatiželjnim;
2. Motiv kompetentnosti – nastavu treba tako organizovati da u njoj svaki sledeći zadatak zahteva viši nivo znanja ili navika, nego što je to postignuto u prethodnoj etapi. Time će biti zadovoljena težnja deteta da dostigne sposobnosti za efikasno međudelovanje sa svojom sredinom;
3. Motiv identifikacije – dete ima jaku želju da modelira svoje JA u odnosu na neke uzore.

Nastavnik je često taj uzor i o toj činjenici treba voditi računa u obrazovno-vaspitnom procesu;

4. Motiv međusobnog delovanja (kooperacije) – škola treba da obezbedi da učenik ne bude objekat nego subjekat nastavnog procesa.

Najznačajniji razlog za učenje je prirodna ljudska znatiželja, želja za znanjem, potreba da se bavimo onim što nas zanima. Učenici će sa radošću učiti ono što im je zanimljivo i neće uopšte postavljati pitanje gde će im to znanje biti potrebno, ako im je gradivo i način učenja zanimljiv. Važno je da nastavnik gradivo što zanimljivije prezentira. Dobro je da su nastavni satovi dinamični, što je moguće postići primenom raznovrsnih metoda i nastavnih tehnologija. Kad god je to moguće treba izvesti eksperiment, dati učenicima da sami osmisle i dizajniraju neku vežbu ili da samostalno ili u grupi obrade neki deo gradiva i prezentiraju to pred celim razredom. Samostalne aktivnosti učeniku su uvek zanimljivije

od suvoparnog predavačkog podučavanja. Ako je učenicima nastavni predmet ili način predavanja zanimljiv, lako ih je motivisati za učenje.

Mnogi učenici zavole određene predmete, postižu vrhunske rezultate, te se odlučuju na nastavak školovanja u određenom području, što je često posledica njima prihvatljivog nastavnika i njegovog kvalitetnog podučavanja. Međutim, neki se učenici razočaraju u nastavu, školu i nastavnike. Nastavnici najviše greše u slučajevima kada ne uspeju opaziti i otkriti mogućnosti svakog učenika posebno jer zahtevaju više nego što učenik može objektivno postići. Takvi nastavnici ne istražuju potencijale pojedinih učenika, već polaze od nekog „proseka“ prema kojem organizuju svoj rad i postavljaju zahteve.

Autor Stevanović, M. u knjizi Interaktivna stvaralačka edukacija navodi da izlaz treba tražiti u diferencijaciji, akceleraciji i individualizaciji nastavnoga rada. Akceleracija označava da se pojedinim učenicima omogućuje brži i nesmetaniji prelazak iz lekcije u lekciju, bez čekanja drugih koji napreduju sporije. Diferencijacija ukazuje na potrebu da se nastavni rad tako raspodeli da svaki učenik dobija zadatke prema svojim potrebama i mogućnostima. Na osnovu sprovedene diferencijacije moguće je svakom učeniku prići posebno, tj. davati mu gradivo (zadatke) u skladu s njegovim mogućnostima.

Nastavnik treba da prilagodi nastavu učenicima, da predvidi i rešava nastale probleme u procesu nastave. Treba da omogući razvoj svakog učenika, ako je potrebno i da individualizuje nastavu, da svaki učenik može napredovati u skladu sa svojim mogućnostima. Dobra komunikacija između nastavnika i učenika je potreban preduslov za efikasnu nastavu i učenje. Nastavnik treba da motivira učenike za rad. Najbolja motivacija je entuzijazam nastavnika, dobra radna atmosfera i efikasna interakcija između učenika i nastavnika. Zadatak nastavnika je da pomaže učenicima, ako oni imaju neke teškoće sa razumevanjem i učenjem, potrebno je da ih podstiče da postavljaju pitanja ako im nešto nije jasno i da traže pomoć nastavnika.

#### 1.4 ULOGA NASTAVNIKA U NASTAVNOM PROCESU

Kvalitet nastave u velikoj meri zavisi i od osobina nastavnikove ličnosti i njegovog ponašanja na času. Istraživanja govore o tome da



učenici najviše cene ljudske kvalitete kod nastavnika. On treba da je dobro raspoložen, ljubazan, društven. Učenici lakše uspostavljaju komunikaciju sa takvom osobom. Stalno namrgođen i čutljiv nastavnik stvara u učenicima nepoverenje, možda čak i odbojnost prema predmetu. Osim ljudskih kvaliteta, vrlo je značajan i nastavnikov stav prema disciplini i stil podučavanja.

Nastavnički poziv je jedan od najstarijih poziva koji svoje korene ima u periodima pre nastanka škole kao institucije. Svako društvo je za ovaj častan poziv biralo ljudе u koje su imali najviše poverenja i koji su bili najcenjeniji u datom društvu. Od samog nastavnika, njegovog stručnog kvaliteta, njegovog stila rada u mnogome je zavisilo da li će se dostignuti nivo pedagoškog znanja adekvatno sprovesti u praksi. Od nastavnika se oduvek očekivalo i očekuje da svojim radom, zalaganjem, osobinama, ponašanjem, stručnom sposobljenošću bude primer, ne samo učenicima, nego i društvu kao celini. Lični primer je najbolje sredstvo poučavanja, tako da nije svejedno ko će taj primer davati. Deca se identifikuju sa svojim nastavnikom. Osim moralnih vrlina, stručne kompetencije od nastavnika se očekuje da ima visoke ili relativno visoke intelektualne sposobnosti. Od nivoa tih sposobnosti zavisi koje će vrste aktivnosti nastavnik moći uspešno da obavlja i kakvi će biti dometi tih aktivnosti. Osim toga, neophodno je da nastavnik poseduje i dobro pamćenje. On treba da pamti ne samo sadržaje nastave koju predaje, nego mu je dobro pamćenje potrebno da bi mogao poznavati i individualne razlike i sposobnosti svakog učenika.

Nastavnik je organizator nastave, a istovremeno i komunikacioni partner svojih učenika. Pod uticajem najnovijih naučno-tehnoloških promena, dešava se jedna promena u strukturi, položaju i ulozi nastavnika. Zahvaljujući novim tehničkim pomagalima i savremenim nastavnim sredstvima, rutinski deo nastavnikovog angažovanja na prenošenju znanja smanjuje se u korist kreativnog planiranja nastavnog procesa. Nastavnik svojim radom, ili rekli bismo svojim stilom rada, mora pronalaziti inovacije da bi njegov rad zadovoljio sve aspiracije i potrebe današnjih učenika i savremenog društva. On bi trebao biti pomagač, strateg, prijatelj i osoba koja treba da omogući svakom učeniku maksimalno da razvije svoje sposobnosti i umeća. Inovativnog nastavnika mogli bismo prepoznati po sledećim karakteristikama:

- originalnost ideja
- istraživač
- kritičan je u prosuđivanju

- permanentno se obrazuje
- vlada savremenim metodologijama.

Navedene karakteristike možemo prepoznati kod nastavnika sa demokratskim stilom rada. Jedna od bitnih karakteristika demokratskog stila rada je stvaralaštvo putem kojeg nastavnik podstiče učenike na kreativnost i inovativnost. Učenik radeći kreira, a kreirajući putem svojih čula organizuje misaonu aktivnost koja dovodi do novih otkrića, inovacija, izuma ili originalnih rešenja zadataka u konkretnoj problemskoj situaciji. Kreativni učenici su stalno u traganju za nečim novim, savremenijim. Stalno pronalaze nove, lakše i korisnije oblike rada, što u krajnjoj meri doprinosi unapređenju vaspitno-obrazovnog rada i boljem uspehu učenika.

Bezbroj puta je već konstatovano kako tradicionalna nastava ne samo da potiskuje i guši samostalnost i samoinicijativnost učenika, već i sputava inovativnost nastavnika. Efikasnost tradicionalne nastave ogledala se u količini informacija koje su učenici usvojili, a ne u kojoj meri su učenici sposobljeni da samostalno stiču znanja i da li su sposobni da odvoje važnije od manje važnog. Savremena škola omogućava stvaranje veće organizacije u kojoj su uključeni, pored nastavnika, učenici i roditelji.

Promene u društvu utiču na promene u školi, a promene u školi u najvažnijem delu odnose se na promenu pozicije nastavnika i njegove uloge i stila rada u nastavnom procesu. Budućnost škole ogleda se u njenoj vaspitnoj ulozi. Da bi nastavnik bio vaspitač tj. da bi ispunio svoju vaspitačku ulogu, on mora decu voleti, uvažavati njihovo mišljenje, podsticati ih na postizanje dobrih rezultata, ali sa njima deliti i eventualne neuspehe. Uspešnost i delotvornost nastavnika kao vaspitača više zavisi o kvalitetu uspostavljenih odnosa, a manje o poznavanju predmeta kojeg predaje, mada se i ova komponenta ne može zanemariti. Zahvaljujući dobrom stilu rada, nastavnik može postići bolje rezultate u vaspitno-obrazovnom procesu. Ovo se ne odnosi samo na izbor metoda rada, nego se stil rada ogleda i u celokupnoj individualnoj pedagoškoj praksi nastavnika. U stilu rada nastavnik izražava svoju samostalnost, kreativnost, inicijativnost, demokratičnost ili autoritarnost, nedoslednost, neodgovornost.

U savremenoj školi deca trebaju zauzeti centralnu ulogu, a škola treba postati mesto na kojem se istražuje, ispituje, zajednički rešavaju problemi i vodi promišljeni dijalog. Učenici trebaju školu doživljavati kao mesto gde se dete



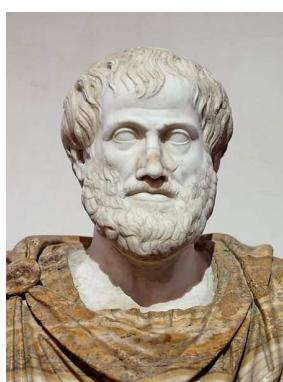
razvija u kognitivnom, emocionalnom i društvenom smislu i gde će detetova motivacija za rad biti na visokom nivou.

## 2. DINAMIKA

Deo mehanike koji proučava kretanja i njihove uzroke naziva se dinamika. Centralno pitanje dinamike je zapravo, pitanje odnosa sile i kretanja. Svaka promena stanja kretanja nekog tela je uzrokovana izvesnim tipom interakcije ovog tela sa drugim telima. Fizička veličina, koja služi kao mera uzajamnog dejstva tela, naziva se sila.

### 2.1 RAZVOJ POJMA SILE U ISTORIJI

Filozofi antičkih vremena su koristili pojам sile u proučavanju nepokretnih i pokretnih objekata i jednostavnih mašina. Mislioci tog doba, poput Aristotela i Arhimeda su pravili neke osnovne greške u definisanju pojma sile. Delom je to bilo zbog nepotpunog razumevanja sile trenja, a samim tim i neadekvatnog shvatanja fenomena kretanja. Njihova fundamentalna greška je bila uverenje da je sila potrebna za održavanje kretanja čak i konstantnom brzinom. Većinu prethodnih nesporazuma oko kretanja i sile je konačno ispravio engleski fizičar i matematičar Isak Njutn (Isaac Newton, 1643 – 1728), koji je formulisao zakone kretanja, koji i danas predstavljaju fundamentalne zakone fizike. Celokupna dinamika počiva na Njutnovim zakonima kretanja.



Aristotel je dao filozofsku raspravu o konceptu sile kao sastavni deo njegovog dela *Fizika* (gr. *Φυσικὴ ἀκρόασις*). Po Aristotelovom mišljenju, svet se sastojio od četiri elementa koji su postojali u "prirodnom stanju". Ti elementi su vazduh, zemlja, voda i vatra. Verovao je da je prirodno stanje tela na Zemlji stanje mirovanja i da svako telo teži tom stanju, ako se na njega ne vrši nikakav uticaj. Kretanja je razlikovao na "prirodno kretanje", kao urođenu tendenciju tela da pronađe svoje prirodno stanje (npr. da tela padaju na zemlju) i neprirodno ili prinudno kretanje, što zahteva stalnu primenu sile. Ova teorija je zasnovana na svakodnevnom iskustvu o tome kako se objekti kreću, kao što je na primer, stalna primena sile potrebna da održi kretanje kolica. Ova teorija, međutim, nije bila zadovoljavajuća za objašnjenje nekih vrsta kretanja, kao na primer, let strele. Sila je primenjena na strelu samo u početnom trenutku njenog kretanja, a dok plovi kroz

vazduh, ne može se primetiti bilo kakva sila koja deluje na nju. Aristotel je bio svestan ovog problema i predložio je da vazduh koji se nalazi na putu strele obezbeđuje potrebnu snagu za nastavak kretanja strele. Ovo objašnjenje prepostavlja da je za kretanje strele potreban vazduh i da bi se, na primer, u vakuumu strela zaustavila nakon izbacivanja.

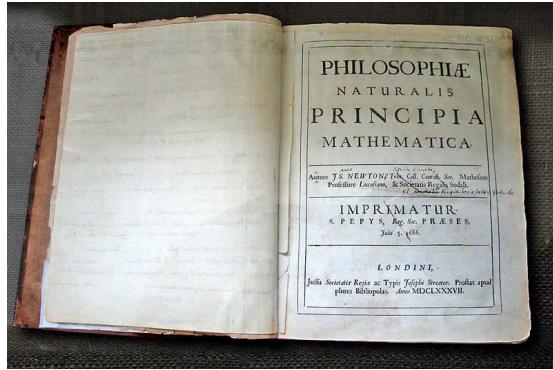
Aristotelova fizika je počela da se suočava sa kritikama u srednjovekovnoj nauci u 6. veku, prvo od strane Jovana Filopona (oko 490–570), hrišćanskog filozofa. Nedostaci aristotelovske fizike nisu bili u potpunosti ispravljeni sve do radova Galileo Galileja (1564 - 1642), italijanskog filozofa i fizičara u 17. veku, čija su istraživanja postavila temelje modernoj mehanici i fizici. U jednom od svojih eksperimenata Galilej je puštao kamenje i kugle da se kreću niz nizbrdicu i svojim zapažanjima osporio Aristotelovu teoriju kretanja. On je pokazao da su tela ubrzana gravitacijom u meri koja je bila nezavisna od njihove mase i tvrdio je da predmeti pri kretanju zadržavaju svoju brzinu osim ako na njih deluje neka strana sila, na primer, trenje.



U vremenima pre Njutna nije bilo zadovoljavajućeg objašnjenja za kretanje tela. Prvi princip koji je bio potreban za objašnjenje ovih fenomena dat je od strane Galileja. Naučnici su ranije prepostavljali da je za održavanje uniformnog pravolinijskog kretanja potreban neki uticaj. Galilej je došao do otkrića da je za promenu stanja mirovanja ili uniformnog pravolinijskog kretanja potreban spoljni uticaj. Telo koje klizi na glatkoj podlozi ne staje iz razloga, što nema šta da održi njegovo kretanje, već zato što nešto uzrokuje njegovo usporavanje i na kraju, zaustavljanje. Ovaj uticaj potiče iz okoline tela i danas se naziva sila.



Isak Njutn je pokušao da opiše kretanje svih tela koristeći pojmove inercije i sile, i na taj način je utvrdio da oni poštuju određene zakone očuvanja. 1687. godine Njutn je objavio svoju tezu u delu *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. U ovom radu Njutn je dao tri zakona kretanja koji su i danas osnovni način za opisivanje sila u fizici.



## 2.2 NJUTNOVI ZAKONI MEHANIKE

### 2.2.1 I Njutnov zakon

Ako hoćemo da pokrenemo vagon, koji stoji na šinama, moramo uložiti izvestan napor, a isto tako ne možemo bez izvesnog napora ni zaustaviti vagon koji je u kretanju kad ga lokomotiva odbaci. Tela imaju svojstvo da održavaju stečenu brzinu ukoliko nisu izložena uticaju drugih tela. To svojstvo tela nazivamo inertnošću, a mera za inertnost je masa. Masa tela je povezana sa količinom materije u telu, iz tog razloga masa je veličina čija vrednost ne zavisi od toga gde se telo nalazi. Ako se jedno telo više opire promeni brzine nego drugo, onda ono ima veću inertnost, odnosno, veću masu. Svakako da je teže pomeriti stenu nego loptu.



Lopta snažno udarena nogom otkotrljaće se po travom obrasлом igralištu nekoliko desetina metara i najzad će se zaustaviti. Na ravnoj asfaltnoj stazi, ako su ostale okolnosti iste, otkotrljaće se ista lopta znatno dalje. Na glatkoj zaledenoj površini nekog jezera ili klizališta ista bi se lopta otkotrljala još dalje. U ovim primerima vidimo uticaj drugog tela na telo koje se kreće, tj. uticaj podlage po kojoj se lopta kotrlja. Lopta se, naime, utoliko pre zaustavlja, ukoliko je podloga neravnija, odnosno ukoliko je jači njen uticaj koji se ispoljava kao otpor podloge. Odavde nije teško zaključiti da je uzrok zaustavljanju, odnosno usporavanju lopte uticaj, odnosno dejstvo drugog tela. Kad ne bi bilo uticaja drugih tela, ne bi bilo ni uzroka promeni brzine. Telo koje se kreće kretalo bi se jednako, a isto tako i telo koje miruje ostalo bi u miru. Sve ovo je još Galilej uočio oko 1600. godine, a Njutn iskazao 1687. godine u ovom obliku:

**Svako telo održava stečenu brzinu ako nije izloženo uticaju drugog tela.**

To je I osnovni zakon mehanike – **I Njutnov zakon**. On se nekada naziva i zakonom inercije. Možemo ga iskazati i na ovaj način:

**Tela ostaju u stanju mirovanja ili u stanju ravnomernog pravolinijskog kretanja, sve dok na njih ne deluje neka spoljašnja sila.**

Ovaj zakon se može pokazati na mnoštvu primera iz svakodnevnog života i iskustva. Na primer, kada se vozilo naglo koči pri većoj brzini, onda putnici posrnu napred u smeru kretanja. Ako naglo poveća brzinu, onda putnici posrnu natrag u smeru suprotnom od smera kretanja. U oba slučaja tela nastoje da zadrže stečenu brzinu. Osoba u pokretu ostaje u pokretu sa istom brzinom i u istom smeru osim ako na nju deluje sila sigurnosnog pojasa. Sigurnosni pojasevi se koriste da obezbede sigurnost za putnike čije kretanje je određeno Njutnovim zakonima. Pojas pruža silu koja vas dovodi iz stanja kretanja u stanje mirovanja.



Prvi Njutnov zakon ima veoma opšti karakter i primenljiv je na sva tela, čak i na satelite koji se kreću na orbitama oko Zemlje.

Neki interesantni primeri vezani za I Njutnov zakon:

- Krv nam juri od glave do pete pri brzom zaustavljanju lifta u kome se vozimo nadole.
- Glava čekića može biti nabijena na drvenu dršku udaranjem kraja drške o tvrdu površinu.
- Ako želimo da izbacimo kečap sa dna boce, dovoljno je da bocu okrenemo naopačke i nekoliko puta potresemo nadole i onda je naglo zaustavimo.
- Prilikom vožnje bicikla osoba će odleteti napred preko volana ako udari u ivičnjak ili neki drugi objekat koji naglo zaustavlja kretanje bicikla.

### 2.2.2 Značenje sile

Sva tela se nalaze u međusobnoj interakciji. Fizička veličina kojom se opisuje interakcija

među telima naziva se silom. Kad god postoji uzajamno delovanje između dva tela, na svaki od tih tela deluje sila. Kada prestane interakcija, dva objekta više nisu izložena dejstvu sile.

Sve sile između objekata mogu se podeliti u dve kategorije:

1. direktne sile (kontaktne) i
2. indirektne sile (sile na daljinu).

Kontaktne sile su one vrste sila koje su rezultat interakcije dva objekta koja su u fizičkom kontaktu. Primeri kontaktnih sile su: sila trenja, sila zatezanja, sila otpora vazduha, sila opruge, itd.

Sile na daljinu su one sile kojima tela deluju jedno na drugo i ako nisu u direktnom fizičkom kontaktu. U indirektne sile spadaju gravitaciona sila, električna sila i magnetna sila. Na primer, Sunce i planete deluju gravitacionom silom jedni na druge i pored njihovog velikog prostornog rastojanja. Čak i kada vaša stopala napuste zemlju i više niste u fizičkom kontaktu sa njom, gravitaciona sila deluje između vas i Zemlje. Protoni u jezgru atoma i elektroni van nukleusa se privlače međusobno električnom silom uprkos njihovom rastojanju. U slučaju magnetne sile dva magneta mogu delovati međusobno i ako su na udaljenosti od nekoliko centimetara.

Indirektna interakcija tela se vrši putem odgovarajućih polja. Ovu vrstu interakcije je teže razumeti od kontaktne. I sam Njutn je bio dugo kritikovan kada je kretanje planeta objasnio “dejstvom na daljinu”. Rešenje opisa fizičkih polja i danas predstavlja jedan od centralnih problema fizike.

Sila se obično označava velikim slovom latinice **F** (od latinske reči *fortis* - sila). Jedinica za merenje sile je Njutn, označava se velikim slovom latinice **N**. Jedan Njutn je sila koja telu mase od 1 kilograma daje ubrzanje od  $1 \text{ m/s}^2$ . Iz toga proizilazi sledeća jednakost mernih jedinica:

$$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}.$$

Sila je vektorska veličina, određena je intenzitetom, pravcem i smerom. Kada više sila deluje na neko telo, ukupna sila se dobija vektorskim sabiranjem svih sila.

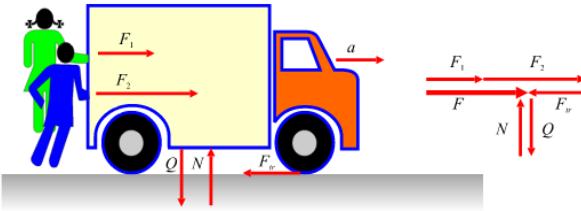
### 2.2.3 II Njutnov zakon kretanja

Fudbalska lopta koja se nalazi na travi u stanju mirovanja menja svoju brzinu kada je fudbaler šutne. Udarena bilijarska kugla na stolu se kreće uniformno i pravolinijski sve dok ne udari u stranicu stola, tada menja svoj pravac kretanja, a time i brzinu. Kod ovih interakcija dolazi do promene stanja kretanja tela koja su u interakciji. Tela menjaju svoju brzinu, kreću se ubrzano. Veličina ubrzanja zavisi od mase tela. Ubrzanje praznog kamiona će pri istim uslovima biti veće od ubrzanja kamiona koji je napunjen teretom. Ista interakcija u manjoj meri ubrzava telo veće mase.



I Njutnov zakon utvrđuje uzročno-posledičnu vezu između sile i promena u stanju kretanja. Međutim, na osnovu njega nije moguće utvrditi kolika je ta promena. Promenu u stanju kretanja utvrđujemo na osnovu promene u brzini kretanja. Promena u brzini znači da imamo ubrzano kretanje. Dakle, na osnovu I Njutnovog zakona možemo reći da sila dovodi do pojave ubrzanja.

Na slici (desno) možemo videti kako dva deteta guraju kamion po ravnom putu. Strelice predstavljaju sve spoljašnje sile koje deluju na kamion. Radi kompletnosti prikazane su i vertikalne sile, težina sistema i reakcija podloge, ali pošto po vertikali nema kretanja, na osnovu I Njutnovog zakona sledi da su one jednakih intenziteta i pravaca, a suprotnog smera, pa se poništavaju.  $F_{rr}$  je sila trenja koja se suprostavlja kretanju kamiona. Ukupna sila je jednaka:  $F = F_1 + F_2 + F_{rr}$ . Dobija se kao vektorski zbir svih sila koje deluju na posmatrani sistem. Ova sila uzrokuje ubrzanje tela. Na osnovu ovog primera možemo videti da je ubrzanje sistema proporcionalno ukupnoj sili koja deluje na njega. Ovaj iskaz može da se izrazi kao:



$$\vec{a} \propto \vec{F},$$

gde je sa  $\propto$  označeno "proporcionalan", a sa  $\vec{F}$  ukupna sila koja deluje na sistem. Drugim rečima, ubrzanje sistema je direktno proporcionalno ukupnoj sili koja deluje na njega.

Lako možemo pokazati da je ubrzanje sistema obrnuto proporcionalno njegovoj masi. Što je veća masa sistema, on je inertniji, manje je podložan izmeni brzine. U tom slučaju spoljašnja sila izaziva manje ubrzanje. Ova proporcionalnost se može zapisati kao:

$$\vec{a} \propto \frac{1}{m},$$

gde je sa  $m$  označena masa sistema. Eksperimenti pokazuju da ubrzanje sistema zavisi samo od ove dve veličine. Kombinacija ove dve proporcije predstavlja **II Njutnov zakon**:

**Ubrzanje sistema je direktno proporcionalno, i istog je pravca i smera kao ukupna sila koja deluje na sistem, a obrnuto je proporcionalno njegovoj masi.** U obliku jednačine:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}.$$

Ovaj izraz se često piše u formi:

$$m \cdot \vec{a} = \vec{F}$$

i interpretira na sledeći način: proizvod mase tela i njegovog ubrzanja jednak je ukupnoj sili koja deluje na njega.

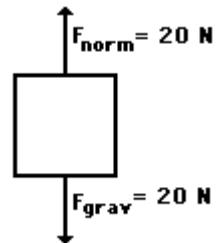
#### 2.2.4 Zablude u vezi Njutnovih zakona

Učenici uče prvi Njutnov zakon u osnovnoj školi. U najvećem broju slučajeva oni ga nauče odrecitovati reč po reč. A ni primena drugog Njutnovog zakona u rešavanju zadataka iz fizike im se obično ne čini preterano teškim. Nije teško zapamtiti jednostavan algebarski oblik zakona  $F = m \cdot a$ . Velika stvar, međutim, nije sposobnost da odrecituju prvi zakon, niti da koriste drugi zakon u rešavanju problema, već sposobnost da razumeju njihovo značenje i da veruju u njihove implikacije. To ne važi samo za učenike već i za odrasle ljudi koji su učili fiziku u školi. Dok većina ljudi zna šta Njutnovi zakoni kažu, mnogi ljudi ne znaju šta oni znače (ili jednostavno ne mogu da veruju u njihovo značenje).

Kognitivni naučnici (naučnici koji proučavaju kako ljudi uče) su pokazali da učenici fizike dolaze u školu sa skupom verovanja o fenomenu kretanja koja nisu spremni (ili jednostavno ne žele) da odbace uprkos dokazima koji govore suprotno. Ova uverenja (poznatija kao zablude) mogu ometati dalje učenje. Zadatak prevazilaženja miskoncepcija podrazumeva da moramo postati svesni svoje zablude, moramo razmatrati alternativne

koncepcije ili objašnjenja, lično proceniti dve konkurentne ideje i usvojiti novu koncepciju koja je razumnija od prethodne. Ovaj proces podrazumeva samorefleksiju (razmišljanje o svom sistemu verovanja), kritičko mišljenje (analiziranje opravdanosti dve konkurentne ideje) i evaluaciju (izbor najrazumnijeg i skladnog modela koji objašnjava svet kretanja). Iako ovaj proces može izgledati užasno komplikovano, sve se to odigrava u umu onoga koji uči.

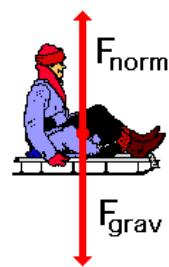
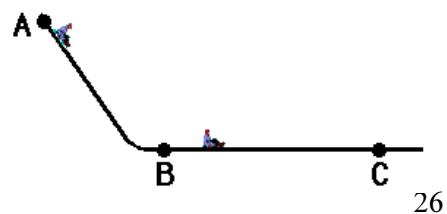
Najčešća zabluda je ona koja datira vekovima, a to je ideja da održavanje kretanja zahteva stalnu silu. Prikazaćemo dva primera vezana za ovu miskoncepciju. U prvom primeru dva učenika razgovaraju o rešenju domaćeg zadatka iz fizike. Oni razmatraju telo na koji deluju u vertikalnom pravcu dve sile jednakog intenziteta, ali različitog smera. Pitanje je da li se telo u tom slučaju kreće ili se nalazi u stanju mirovanja? Tokom razgovora Ana sugeriše Nikoli da bi telo o kojem raspravlju moglo da miruje, ali i da se kreće. Ana navodi da ukoliko se trenje i otpor vazduha može zanemariti (zbog njihove zanemarljive veličine), objekat može da se kreće u bilo kom pravcu. Nikola se ne slaže sa Anom, on tvrdi da telo ne može imati nikakvo kretanje jer na njega deluju samo vertikalne sile koje se međusobno poništavaju. Nikola smatra da se objekat nalazi u stanju mirovanja, možda na stolu ili na podu. Prema Nikoli, telo mora biti u mirovanju ako na njega deluju sile koje su u ravnoteži.



Ko ima pravo od njih dvoje?

Ana je u pravu. Nikola je možda naučio Njutnove zakone napamet, ali ih ne razume. Ako su sile koje deluju na neko telo u ravnoteži i ako je to telo u stanju kretanja, on će nastaviti da se kreće konstantnom brzinom. Sile ne izazivaju kretanje. One izazivaju ubrzanje.

U sledećem primeru zamislimo da su deca otišla na sankanje niz brdo i preko ravne površine u lokalnom parku. Pretpostavimo na trenutak da nema trenja uz ravnu površinu od tačke B do tačke C, i da ne postoji otpor vazduha koji bi ometao kretanje sanki. Koliko daleko bi sanke stigle? Kakvo bi bilo njihovo kretanje?

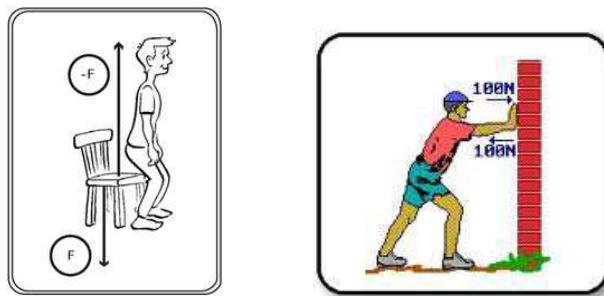


Sanke bi se zauvek kretale konstantnom brzinom. Bez trenja ili otpora vazduha da ih uspori, sanke bi nastavile da se kreću istom brzinom i u istom smeru. Sile koje deluju na sanke od tačke B do tačke C bi bile gravitaciona sila i normalna sila reakcije (kojom sneg deluje na saonice). Ove sile su uravnotežene i pošto su saonice već u pokretu u tački B, one će nastaviti svoje kretanje istom brzinom i pravcem. Dakle, kao u slučaju saonica i u slučaju tela o kojem su Nikola i Ana govorili, telo može da se kreće horizontalno čak i ako su jedine sile, koje deluju na njega, vertikalne sile.

Prvi Njutnov zakon kretanja izjavljuje da sila nije neophodna da bi objekat bio u pokretu. Gurnite knjigu preko stola i posmatrajte je kako klizi po stolu dok se ne zaustavi. Knjiga koja se kreće preko stola ne zaustavlja se zbog odsustva sile, već je prisustvo sile (sile trenja) uzrok zbog kojeg knjiga prelazi u stanje mirovanja. U odsustvu sile trenja, knjiga bi nastavila svoje kretanje istom brzinom i pravcem zauvek (ili bar do kraja stola). Sila nije potrebna za održavanje kretanja knjige na stolu, a isto tako ni za održavanje kretanja sanki, ili bilo kog tela koji se kreće po horizontalnoj putanji.

### 2.2.5 III Njutnov zakon

Prema Njutnu, kad god su tela A i B u međusobnoj interakciji, oni deluju silom jedno na drugo. Kad sednete u stolicu, vaše telo vrši силу (koja je usmerena na dole) na stolicu i stolica deluje silom (usmerenom na gore) na vaše telo. Dve sile proizilaze iz ove interakcije - sila na stolicu i sila na vaše telo. Ove dve sile se nazivaju sila akcije i reakcije one su predmet trećeg Njutnovog zakona kretanja.

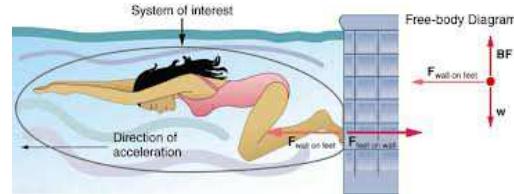


Formalno, **III Njutnov zakon** glasi:

**Pri interakciji dva tela, sila kojom prvo telo deluje na drugo, jednaka je po intenzitetu i pravcu, a suprotnog je smera od sile kojom drugo telo deluje na prvo.**

Ovaj zakon ukazuje na određenu simetriju u prirodi: sile se uvek javljaju u parovima, kada jedno telo deluje na drugo nekom silom, to obavezno izaziva silu kojom to drugo telo deluje na njega.

Na primer, posmatrajmo plivača koji se nogama odguruje od zida bazena i na taj način se ubrzava u suprotnom smeru od smera sile kojom deluje na zid. U ovom slučaju zid bazena deluje silom jednakog intenziteta, a suprotnog smera, na plivača. To što su ove sile istog pravca i intenziteta, a suprotnog smera moglo bi da nas navede na pogrešan zaključak da se one poništavaju. Međutim, to se ne dešava, jer ove dve sile deluju na dva različita sistema. Sila kojom zid deluje na plivača,  $F_{zid}$  dovodi do promena u njegovom kretanju, međutim, sila kojom plivačeve noge deluju na zid,  $F_{noge}$ , ne utiče na plivača i na njegovo kretanje.



Svuda oko nas možemo naći primere trećeg Njutnovog zakona. U prirodi, ako posmatramo kretanje riba u vodi. Riba koristi svoja peraja da gura vodu unazad. Kako su sile rezultat interakcija, voda će gurati ribu napred. Intenzitet sile koja deluje na vodu jednak je intenzitetu sile koja deluje na ribu, smer sile na vodu (unazad) je suprotan smeru sile na ribu (napred). Za svaku silu akcije, postoji jednaka i po smeru suprotna sila reakcije. Par sila akcije-reakcije omogućava ribama da plivaju. Razmislimo o letenju ptica. Ptice lete pomoću svojih krila. Krilima ptica gura vazduh naniže, pa se usled toga pojavljuje sila reakcije koja gura pticu naviše.

Sledeći primer je kretanje automobila koji se ubrzava. Ubrzanje postiže tako što preko točka deluje na put silom suprotnog smera od onoga u kojem će se kretati. Reakcija puta je sila koja se, prema trećem Njutnovom zakonu, javlja i koja izaziva ubrzanje automobila.

### 2.3 VRSTE INTERAKCIJA

Danas su u prirodi poznata četiri osnovna dejstva koje vladaju između čestica. To je gravitaciona sila, elektromagnetne sile i sile koje su karakteristične za međudejstvo između elementarnih čestica, tzv. slabe i jake interakcije. Sile slabe interakcije su uočene kod beta-raspada radioaktivnih jezgara, a sile jake interakcije u atomskom jezgru drže nukleone na

okupu. Jake nuklearne sile su najjače od svih međudejstava u prirodi, međutim, kao i slabe nuklearne sile imaju veoma mali domet, ispoljavaju se samo u domenu atomskog jezgra. One određuju stabilnost jezgara i egzistenciju mnoštva elemenata u prirodi. Gravitaciona sila je najslabija u odnosu na druge vrste interakcija, pa se ogleda samo u prisustvu velikih masa. Ona ima samo privlačni karakter. U astronomskim sistemima gravitacija je dominantna sila, jer određuje kretanje satelita, planeta i zvezda. Elektromagnetna sila može biti i privlačna i odbojna i približno se poništava za velika tela koja se sastoje iz mnogo atoma. Elektromagnetna sila je kombinacija električne sile (stvorene statickim nanelektrisanjima) i magnetne sile. Do početka XIX veka te dve sile su razmatrane potpuno odvojeno. Eksperimenti su pokazali da su one samo različite manifestacije jedne iste sile. Prema novim saznanjima, sila trenja, zatezanja i sve ostale sile čije delovanje možemo direktno da osetimo, su posledice elektromagnetskih interakcija atoma i molekula. Izuzetak je gravitaciona sila.

## 2.4 SILE U MEHANICI

Neki od tipova sila u mehanici su:

1. Gravitaciona sila
2. Sila potiska
3. Sila normalne reakcije podloge
4. Sila trenja
5. Sila zatezanja
6. Elastična sila

### 2.4.1 Gravitaciona sila i težina

Svi znamo, da ako ispustimo neko telo, ono ubrzava ka centru Zemlje. Na isti način se kreće i jabuka koja padne sa drveta ili čovek koji skače u vodu. Prema drugom Njutnovom zakonu, za ubrzavanje tela je odgovorna rezultanta spoljašnjih sila koje deluju na njega. Ukoliko se sila potiska vazduha zanemari, sila koja deluje na telo je sila Zemljine teže (obično se označava sa  $Q$ ). Sila



Zemljine teže je zapravo rezultanta gravitacione sile, kojom Zemlja utiče na telo i dodatne sile (centrifugalne) koja se javlja zbog rotiranja Zemlje. Pošto je centrifugalna sila zanemarljiva, može se uzeti da je sila Zemljine teže jednaka gravitacionoj sili.

Prema II Njutnovom zakonu, veza spoljašnje sile, mase i ubrzanja je:

$$F = m \cdot a .$$

Još je Galilej pokazao da, u odsustvu opora vazduha, sva tela padaju sa istim ubrzanjem.

To je gravitaciono ubrzanje,  $g$ , čija je prosečna vrednost na Zemlji  $9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Na taj način možemo izračunati intenzitet sile Zemljine teže (odnosno, gravitacione sile) koja deluje na telo mase  $m$ :

$$Q = m \cdot g .$$

Intenzitet sile Zemljine teže je upravo srazmeran masi tela, jer je njihov količnik, gravitaciono ubrzanje jednak za sva tela:

$$\frac{Q}{m} = g = \text{const.}$$

Sila Zemljine teže deluje u vertikalnom pravcu i usmerena je nadole, jer pravac i smer sile mora da se poklapa sa pravcem i smerom ubrzanja.



Knjiga na stolu ili jabuka na grani je u stanju mirovanja, tako da ne dolazi do njenog ubrzanja. Rezultanta sila koje deluju na knjigu ili jabuku je u tom slučaju nula. Na osnovu toga, na telo mora da deluje još jedna sila pored sile Zemljine teže i ova sila ima isti intenzitet i pravac, a suprotan smer. Ova sila koja je usmerena nagore, potiče od stola u slučaju knjige, a u slučaju jabuke od grane, jer su tela samo sa njima u kontaktu. Prema zakonu akcije i reakcije, i knjiga deluje silom na sto, kao i jabuka na granu.

Sila kojom telo, usled Zemljine teže, deluje na nepokretni oslonac na kojem stoji ili zateže konac o koji je obešeno, naziva se težina tela. Ova sila je usmerena nadole. Težina tela nije

unutrašnja karakteristika tela, ona varira u zavisnosti od mesta na kome se određuje. Ona zavisi od vrednosti gravitacionog ubrzanja, koje se menja duž površine Zemlje. Na površini drugih nebeskih tela gravitaciono ubrzanje ima različitu vrednost od one na Zemlji, tako da se i težina tela razlikuje od vrednosti izmerene na Zemlji.

U svakodnevnom govoru reč težina se često upotrebljava umesto mase. Mada su težina i masa povezane, one su veoma različite fizičke veličine. Masa je u vezi sa količinom materije u telu i u domenu klasične fizike ima stalnu vrednost, dok težina tela zavisi od mesta gde se vrši njeno merenje.

Na osnovu iznesenog uočava se da su u slučaju tela koje miruje sila Zemljine teže, sila delovanja oslonca (ili tačke vešanja) i težina jednake po intenzitetu.

Ako telo mase 100 g obesimo na dinamometar, on će pokazati težinu od 1N. Ako dinamometar zajedno sa telom ubrzano dižemo naviše, dinamometar će pokazati veću težinu. U suprotnom slučaju, ako se sistem kreće ubrzano nadole, težina koju očitavamo će biti manja od 1 N. Sličnu pojavu možemo primetiti ako na vagi u kupatilu brzo čučnemo ili se uspravimo.

Eksperimenti pokazuju da kod tela koja ubrzavaju u vertikalnom pravcu težina tela i sila Zemljine teže nemaju jednaku vrednost. Ako telo mase  $m$  ima vertikalno ubrzanje  $a$ , njena težina je:

$$G = m \cdot (g-a).$$

Ukoliko se telo kreće ubrzano nadole, smerovi ubrzanja  $g$  i  $a$  se poklapaju, tako da će težina tela iznositi:

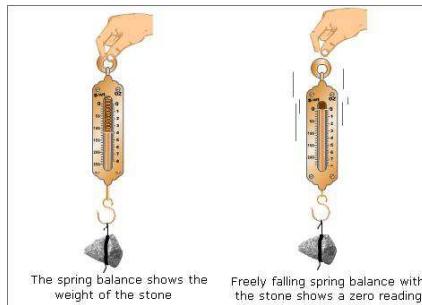
$$G = m \cdot (g-a).$$

Pri ubrzanom dizanju nagore, smerovi ubrzanja su suprotni, a izraz za težinu tela se menja u:

$$G = m \cdot (g+a).$$

Težina tela koji se ubrzano spušta je manja, a tela koje se ubrzano podiže je veća od njene težine u stanju mirovanja ili u slučaju ravnomernog pravolinijskog kretanja. Ukoliko se telo kreće nadole sa ubrzanjem  $g$ , njena težina će iznositi:

$$G = m \cdot (g-g) = 0, \text{ što znači da će telo biti u bestežinskom stanju.}$$



Bestežinsko stanje se javlja u svakom slučaju kada na telo deluje samo sila Zemljine teže. Na primer, jabuka koja pada sa drveta, lift kome se prekinuo kabl ili svemirski brod koji kruži oko Zemlje, zajedno sa svojom posadom.



#### 2.4.2 Sila trenja

Knjiga koja je gurnuta da klizi po stolu, hokejaški pak koji klizi po ledu polako usporava i na kraju staje. Promenu njihovog stanja kretanja uzrokuje trenje klizanja, koje se može okarakterisati silom trenja. Sile koje se javljaju pri relativnom kretanju tela koja se dodiruju, ili delova istog tela, nazivaju se silama trenja. Sile koje se javljaju pri dodiru različitih tela su sile spoljašnjeg trenja. Ove sile postoje i kada su tela koja se dodiruju nepokretna jedna u odnosu na drugu. Sile izazvane pomeranjem jednog dela istog tela u odnosu na drugi, zovu se silama unutrašnjeg trenja i javljaju se kod tečnosti i gasova.



Trenje nastaje na dodirnoj površini tela zbog toga što te površine nisu glatke. One sadrže veliki broj sitnih udubljenja i ispupčenja i prilikom klizanja jednog tela na drugom, te neravnine otežavaju kretanje. U nastanku fenomena trenja značajnu ulogu igraju i adhezione sile između molekula na površini jednog i drugog tela. Na osnovu toga možemo reći da veličina sile trenja zavisi od vrste supstanci koje se nalaze u kontaktu. Sila trenja koja deluje na neko telo je uvek usmerena u istom pravcu i u suprotnom smeru u odnosu na brzinu tela.

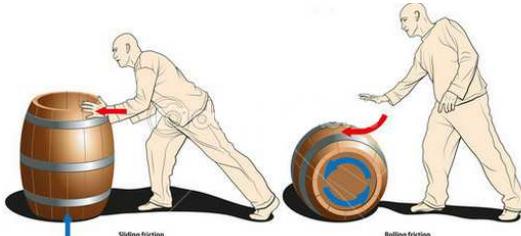
Ukoliko su dva sistema u kontaktu i kreću se jedan u odnosu na drugi, trenje između njih se naziva kinematičko trenje. Kao što smo već ranije rekli, hokejaški pak se usporava pri kretanju na ledu usled postojanja trenja. Kada telo miruje, između njega i podloge deluje statičko trenje. Ako želimo da guranjem pomerimo neki masivan nameštaj, potrebno je da na njega delujemo određenom silom. Ukoliko upotrebimo manju силу od potrebne, nameštaj se neće pomeriti. Razlog za to je statičko trenje. Sila statičkog trenja zavisi od veličine sile kojom želimo da pomerimo telo. Ona je jednak vektorskom zbiru svih ostalih sila koje deluju na posmatrano telo i ima suprotan smer. Ako povećamo silu kojom vučemo telo i sila statičkog trenja će se povećati, ali samo do neke granice. U trenutku kada rezultanta sila koje deluju na telo bude veća od sile statičkog trenja, telo će se pomeriti. Statičko trenje je veće od kinematičkog. Iz tog razloga je za pokretanje nekog tela potrebna veća sila nego za njegovo održavanje u stanju kretanja. Intenzitet sile statičkog trenja je:

$$F_s \leq \mu_s \cdot N,$$

gde je  $\mu_s$  koeficijent statickog trenja, a  $N$  je intenzitet normalne sile reakcije kojom podloga deluje na telo. Sila statičkog trenja je dakle sila koja se suprostavlja kretanju tela i koja raste sa porastom sile koja pokušava da ga pokrene, do svoje maksimalne vrednosti. Intenzitet sile kinematičkog trenja je :

$$F_k = \mu_k \cdot N,$$

gde je  $\mu_k$  koeficijent kinematičkog trenja. Oba koeficijenta su bezdimenzione veličine. Koeficijent statičkog trenja za neki sistem je veći od koeficijenta kinematičkog trenja. Ovi koeficijenti su skoro nezavisni od veličine dodirne površine sa podlogom.



Iz svakodnevnog iskustva znamo da je mnogo lakše pomeriti nameštaj koji ima točkiće nego onaj bez njih, da je lakše kotrljati nego vući bure ili balvan. Prilikom

kotrljanja dodirne površine tela u kontaktu nisu priljubljene jedna uz drugu i neravnine koje su na njima ne otežavaju kretanje u tolikoj meri kao kod klizanja. To znači da je sile trenja kotrljanja pri istim uslovima uvek manja od sile trenja klizanja.



#### 2.4.3 Prednosti i nedostaci trenja

Trenje je prisutno svuda oko nas, negde je štetno, a negde korisno. Trenje omogućava da se živa bića kreću. Čovek pri hodu naizmenično podiže i pomera napred jednu nogu. Druga za to vreme mora da stoji na podlozi, a za to je potrebno statičko trenje. Trenje između noge i podloge je znatno manje kada hodamo po ledu, pa je u tom slučaju teže krenuti, stati ili promeniti pravac kretanja.

Automobili, motori i bicikli mogu da se kreću samo ako postoji trenje između njihovih točkova i podloge po kojoj se kotrljaju. Radi povećanja sile trenja automobilske i ostale gume nisu glatke, već reljefne. Na trenje u značajnoj meri utiče i materijal koji se nalazi između površina. Na ledenim putevima, trenje između točkova automobila i podloge se povećava sipanjem peska. Pesak se upotrebljava i za povećanje trenja između železničkih šina i točkova lokomotive.



U nekim situacijama je trenje nepoželjno, ono uzrokuje trošenje obuće, tupljenje noževa, habanje mašina. Kod metalnih površina trenje se može u velikoj meri smanjiti podmazivanjem. Drvene površine, kao što su na primer fioke nameštaja, dovoljno je namazati voskom ili sapunom da bi se trenje smanjilo.

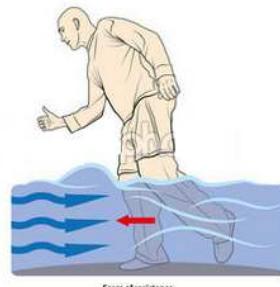
#### 2.4.4 Sila otpora sredine

Voda nosi sa sobom kamenje koje se nalazi u reci. Kada hodamo u vodi, možemo osjetiti kako voda usporava naše kretanje. U oba slučaja postoji interakcija između tečnosti i tela koje se u njoj kreće brzinom koja je različita od brzine tečnosti. Ovu vrstu interakcije nazivamo otporom sredine, a silu koja iz te interakcije nastaje, silom otpora sredine. Otpor sredine se može iskusiti i u gasovima. Vazduh koji struji nosi sa sobom jedrilicu. Otpor vazduha usporava padobranca kada otvori svoj padobran. Iz istog razloga sa drveta različitom brzinom padaju jabuka i list.



Sila otpora sredine ima uvek suprotan smer od brzine tela koje se kreće u toj sredini. Na osnovu merenja, ova sila zavisi od površine poprečnog preseka tela, od brzine tela u odnosu na sredinu, od gustine sredine i od oblika tela. Ova zavisnost se može izraziti u obliku:

$$F = k \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A,$$

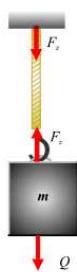


gde je  $A$  površina poprečnog preseka tela, a koeficijent  $k$  je određen oblikom tela. Njegova vrednost se čak i u slučaju tela jednostavnih oblika može odrediti samo merenjem.

Među životinjskim vrstama ima onih koji su oblikom tela prilagođeni kretanju kroz vazduh ili vodu. Oblik tela riba smanjuje otpor sredine pri kretanju kroz vodu. Na sličan način, ptice koje veoma brzo lete imaju oblik tela (velika krila i vitko telo) koji im omogućava kretanje kroz vazduh sa što manjom silom otpora sredine. Oblik tela koji ima mali otpor vazduha, naziva se aerodinamičan. Automobili, avioni i ostala vozila se izrađuju u aerodinamičnom obliku. Iz istog razloga biciklisti voze pognuti i imaju na glavi kacige neobičnog oblika.



## 2.4.5 Sila zatezanja

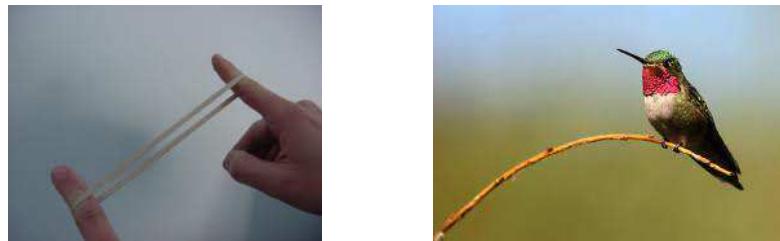


Sila zatezanja je sila reakcije kojom zategnute žice, sajle ili konopci deluju na telo koje je izazvalo njihovo zatezanje. Pravac sile zatezanja je uvek duž zategnute žice, a smer je od tela koje je izazvalo zatezanje. U slučaju kada je telo okačeno o žicu u polju Zemljine teže, gravitaciona sila koja deluje na dole izaziva zatezanje a kao reakcija u žici javlja se sila zatezanja koja deluje na telo u suprotnom smeru od sile gravitacije. Žica se ponaša kao medijum koji prenosi silu između tačke vešanja i tela koje izaziva zatezanje.

Princip sile zatezanja ima veliku primenu i koristi se za prenos sile kada je neophodna promena pravca njenog delovanja. Sajla za kočenje kod bicikla prenosi zatezanje od rukohvata kočnice do kočionog mehanizma na točku. Po istom principu funkcionišu i prsti u kojima teticne prenose silu zatezanja od mišića na druge delove prsta. Pri tome se menja pravac sile, ali ne i njen intenzitet.

## 2.4.6 Elastične deformacije. Elastična sila

Čestice čvrstih tela u ravnoteži drže privlačne i odbojne sile koje među njima postoje. Ukoliko na neko elastično telo delujemo spoljašnjom silom, ono će se deformisati (istezati ili sabijati) i pri tom njegove čestice će promeniti svoje mesto u telu. U tom slučaju privlačne i odbojne sile među njima više nisu izjednačene. Sile koje se javljaju usled deformacije tela se nazivaju elastične sile i one su u ravnoteži sa spoljašnjom silom koja je izazvala deformaciju. Kada spoljašnja sila prestane da deluje na elastično telo, njegove čestice se vraćaju na svoje mesto. Čim deformacija prestane, nestaje i elastična sila.



Ukoliko se posle prestanka delovanja spoljašnje sile telo ne vraća u prvobitan oblik, radi se o neelastičnoj (plastičnoj) deformaciji.



Vrsta deformacije zavisi od jačine upotrebljene sile: male sile uzrokuju elastičnu, a velike neelastičnu deformaciju. Postoje razni tipovi deformacija, na pr. istezanje, sabijanje, smicanje, savijanje, itd. Moguće su i kombinacije različitih tipova deformacija.

U slučaju istezanja ili sabijanja elastičnog tela jačina sile koja deluje na telo je u direktnoj сразмери sa promenom dužine tela. Količnik sile i promene dužine tela je konstanta koja je karakteristična za neko određeno elastično telo, na pr. oprugu i prema merenjima on zavisi od "jačine" opruge: za slabe opruge ima manju vrednost, a za jake opruge veću.

Fizička veličina koja se dobija kao količnik jačine sile koja deluje na neko elastično telo i njegove promene dužine naziva se konstanta opruge. Ona se obeležava slovom  $k$ .

$$k = \frac{F}{\Delta x}.$$

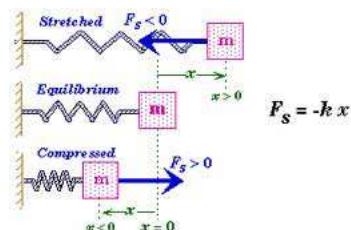
Merna jedinica konstante opruge je:

$$[k] = \frac{[F]}{[\Delta x]} = \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

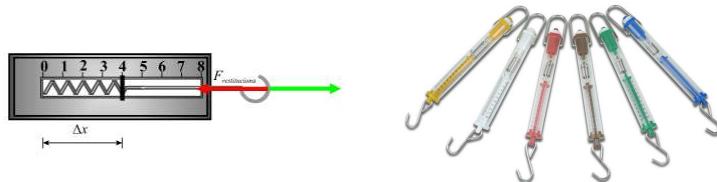
Na osnovu toga, izraz za elastičnu silu opruge je:

$$F = -k \cdot \Delta x.$$

Znak minus stoji u izrazu iz razloga što je elastična sila sila koja teži da oprugu vrati u prvobитan položaj i ona je uvek suprotnog smera od promene dužine opruge.



Kada želimo da kvantifikujemo, odnosno izmerimo silu koja deluje na neko telo, potrebno je uvesti standard sile. Jedna od mogućnosti za merenje sile jeste pomoću istezanja elastične opruge. Pri tome se javlja sila koja teži da oprugu vrati u ravnotežno stanje i ta restitucionu silu se može uzeti za definisanje standarda sile. Intenzitet svih ostalih sila će u tom slučaju biti celobrojni umnožak standardne jedinice za silu. Instrument za merenje sile koji je konstruisan na ovaj način, naziva se dinamometar. Sila  $F$  koju merimo se okači na kukicu i razvuče oprugu tako da se u njoj javi restitucionu silu jednaka sili  $F$  i proporcionalna istezanju opruge  $\Delta x$ .



U svakodnevnom životu često možemo videti primere elastičnih i neelastičnih deformacija. Prilikom planiranja konstrukcije mašina, mostova i zgrada inženjeri moraju obratiti pažnju na to da promena oblika tih tela pri korišćenju spada u domen elastičnih deformacija. Određuje se maksimalno opterećenje koje je bezbedno i to se najčešće i istakne na datom objektu.

## 2.5 DELOVANJE NA DALJINU. KONCEPT POLJA

Znamo da neke sile deluju na daljinu, na pr. gravitaciona sila.

Zemlja i Mesec interaguju bez ikakvog međusobnog kontakta.

Delovanje na blizinu može da se objasni uvođenjem koncepta polja.

Zamislimo da postoji polje sile koje okružuje telo koje



je izvor te sile. Drugo telo se nalazi u tom polju i putem polja

prvo telo deluje na njega silom. U tom slučaju fizičko polje prenosi interakciju jednog tela

na drugo i ono je karakteristika tela koje ga stvara. Tako je na primer, gravitaciono polje

Zemlje funkcija njene mase i rastojanja od njenog centra i nezavisno je od prisustva drugih

tela u njemu.

Koncept polja se veoma uspešno primenjuje za rešavanje problema kretanja tela u polju gravitacione i elektromagnetne sile. Međutim, time pitanje koje je glasilo, šta prenosi interakciju, ostaje neodgovoren. Japanski fizičar, Hideki Yukawa je 1935. godine proučavajući jaku nuklearnu силу došao na ideju da se interakcija prenosi nekom vrstom

čestica. Danas se smatra da se sve interakcije prenose odgovarajućim elementarnim česticama. Elektromagnetnu interakciju prenose fotonii, slabu nuklearnu interakciju  $W^+$ ,  $W^-$  i  $Z^0$  bozoni, jaku nuklearnu interakciju gluoni, a gravitacionu hipotetičke čestice gravitonii.

### 3. OBRADA NASTAVNE TEME SILA

U šestom razredu osnovne škole u okviru tematske celine **Sila** izučavaju se sledeće teme:

- Uzajamno delovanje dva tela u neposrednom dodiru i posledice takvog delovanja: pokretanje, zaustavljanje i promena brzine tela, deformacija tela (istezanje, sabijanje, savijanje), trenje pri kretanju tela po horizontalnoj podlozi i otpor pri kretanju tela kroz vodu i vazduh.
- Uzajamno delovanje dva tela koja nisu u neposrednom dodiru (gravitaciono, električno, magnetno). Sila kao mera uzajamnog delovanja dva tela, pravac i smer delovanja.
- Procena intenziteta sile demonstracionim dinamometrom.
- Sila Zemljine teže (težina tela).

U ovom delu rada prikazani su primeri nekoliko priprema za izvođenje časa u okviru tematske celine Sila. U izradi ovih priprema vodići su bili moje iskustvo u nastavi (četiri godine rada kao nastavnica hemije u osnovnoj i srednjoj stručnoj školi) i proučena literatura. U pripremama se od nastavnih metoda najviše koristi dijaloška metoda, jer se smatra da sa učenicima treba razgovarati o njihovim ubedjenjima, treba im omogućiti da iskažu šta misle o pojedinim pojavama, jedino se na taj način može uvesti naučni način mišljenja i promeniti pogrešne koncepcije. Veliki značaj je dat i demonstracionoj metodi, kako u obliku prikazivanja slika, tako i izvođenju demonstracionih ogleda. Ogledi su zamišljeni tako da budu što jednostavniji za izvođenje i za praćenje, kako bi neke od njih i sami učenici mogli odraditi. Učenici (naročito u osnovnoj školi) vole da učestvuju u izvođenju eksperimenata i sadržaje predstavljene na taj način lakše savladaju i duže pamte od znanja koje im je predato u govornom obliku. Ovaj način rada podseća na igru koja je učenicima itekako potrebna i olakšava njihovo učenje.

Od oblika rada favorizovan je rad u grupama i rad u parovima, jer se smatra da su na ovaj način učenici mnogo aktivniji i u većoj meri učestvuju u onome što se dešava na času nego u slučaju frontalne nastave. Nije realno tražiti od učenika osnovne škole da ceo čas mirno

slušaju predavanje nastavnika. Oni vole da pričaju međusobno, da podele svoje misli i ideje sa svojim drugovima. Ta težnja se može na najbolji način iskoristiti upravo u grupnom obliku rada, gde dobijaju zadatak da zajedno odgovore na neka pitanja ili reše neki problem.

U pripremama su korišćeni primeri koji su učenicima poznati, pristupačni, koji će ih zainteresovati za nove sadržaje i pomoći kojih mogu nova saznanja da upgrade u svoje postojeće znanje. Smatra se da je zadatak nastavnika da sadržaje fizike što više povežu sa svakodnevnim životom učenika i da im na taj način pokažu kako je znanje iz ove nauke itekako potrebno kako za razumevanje prirode tako i svih stvari koje se svakodnevno dešavaju oko nas.

### **3.1 PRIPREMA ZA IZVOĐENJE ČASA**

**Nastavni predmet:** fizika

**Razred:** šesti

**Nastavnik:**

**Škola:**

**Redni broj nastavne jedinice u temi:** 1.

**Redni broj časa u školskoj godini:**

**Nastavna tema:** Sila

**Redni broj teme:** 3.

**Nastavna jedinica:** Uzajamno delovanje tela u neposrednom dodiru i posledice takvog delovanja. Sila

**Tip časa:** obrada novog gradiva

**Obrazovni nivo:** razumevanje i primena

**Nastavne metode:** monološka, dijaloška, demonstraciona

**Oblik rada:** frontalni, grupni

**Nastavna sredstva:** list papira, slike, loptica za stoni tenis, balon, komad plastelina, plastični lenjir

## Cilj i zadaci:

- da učenici steknu jasnu predstavu šta je uzajamno delovanje tela;
- da shvate da se kao posledica uzajamnog delovanja javlja promena stanja ili promena oblika;
- da uvide da je uzajamno delovanje obostrano i istovremeno;
- da na osnovu pojava uzajamnog delovanja tela shvate silu kao meru uzajamnog delovanja koja se određuje intenzitetom, pravcem i smerom.

**Vremenska artikulacija:** Uvodni deo: 10 min.

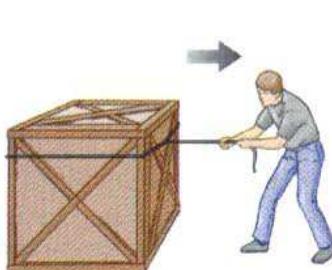
Glavni deo: 30 min.

Završni deo: 5 min.

## Uvodni deo časa

Objašnjavamo učenicima da prelazimo na novu nastavnu temu. Do sada smo se bavili kretanjem, a sada ćemo učiti o tome šta uzrokuje kretanje i promene u načinu kretanja. Naslov nove nastavne teme je Sila i na sledećim časovima ćemo upoznati razne vrste sila, koje nastaju i deluju na različite načine.

Pitamo učenike šta znači reč **delovanje**. Prikažemo nekoliko slika i tražimo od učenika da objasne kakvo delovanje se odigrava na slici i šta je posledica tog delovanja.



Slika 1. Čovek vuče sanduk, deluje na njega tako što ga pokreće i omogućava njegovo kretanje



Slika 2. Teniserka udara loptu i deluje na nju tako što menja njenu stanje kretanja



Slika 3. Dečak gura prst u plastelin, deluje na njega tako što mu menja oblik



Slika 4. Ptica sedi na grani, deluje na nju tako što je savija

Postavljamo pitanje, da li u slučaju sa prve slike sanduk deluje na čoveka? Kada vučemo sanke ili nosimo kesu punu namirnica, šta osećamo na rukama? Osećamo kako konopac ili

ručka kese zateže našu šaku. Mi delujemo na tela, ali i tela deluju na nas. Naravno, to važi za svaku vrstu delovanja.

*Delovanje je uvek uzajamno, to jest tela deluju jedno na drugo. Uzajamno delovanje se naziva interakcija.*

### **Glavni deo časa**

Učenike podelimo u grupe. Svaka grupa dobija različit zadatak. Kada svaka grupa završi svoj zadatak, jedan učenik iz grupe će demonstrirati pred razredom koji zadatak su dobili i do kojih rezultata su došli.

Zadatak za **prvu grupu**: Stavite na klupu list papira. Da li papir može da se pokrene sam od sebe? Pokušajte da pokrenete list papira. Napišite na koji način može papir da se pokrene. Što više ideja imate, to bolje.

Zatim jedan učenik iz grupe neka gurne lopticu i pokušajte da je zaustavite. Razmislite o tome, šta je potrebno da bi se papir pokrenuo, a lopta zaustavila. Napišite svoj odgovor.

Zadatak za **drugu grupu**: Vaš zadatak je da pokušate da pomerite klupu. Posle toga odgovorite na pitanje, da li je svejedno kojom jačinom i u kom pravcu (horizontalno, vertikalno, pod nekim uglom) i smeru delujete na nju. Kako možete najefikasnije, sa najmanjim naporom da izvedete zadatak?

Zadatak za **treću grupu**: Stavite lopticu za stoni tenis na sto i gurnite je. Na koji način možete da povećate njenu brzinu kretanja? Napišite svoje ideje. Na koji način možete da promenite pravac ili smer kretanja loptice?

Zadatak za **četvrtu grupu**: Dobili ste sledeće predmete: list papira, balon, komad plastelina, plastični lenjir. Vaš zadatak je da delujete na njih tako, što ćete izgužvati papir, pritisnuti balon, oblikovati plastelin i saviti lenjir. Odgovorite na pitanje, do kakve promene je došlo kod pomenutih predmeta?

Dok grupe rade svoj zadatak, nastavnik nadgleda njihov rad i pomaže ako je potrebno. Kada sve grupe završe zadatak, počinjemo sa demonstracijom **prve grupe**.

Očekivani odgovor na njihovo pitanje:

Papir ne može da se pokrene sam od sebe. Pokrenuće se na primer, ako ga gurnemo, ako ga povučemo ili ako duvamo u njega. Da bi se papir pokrenuo, potrebno je da neko ili nešto deluje na njega.

Dolazimo do zaključka:

*Telo koje miruje može da se pokrene samo ako neko drugo telo deluje na njega.*

Da li isto važi i za zaustavljanje?

Da bi zaustavili loptu koja se kreće prema nama, moramo da je uhvatimo, to jest delujemo na nju.

*Telo koje se kreće može da se zaustavi samo ako neko drugo telo deluje na njega.*

Definišemo silu.

*Sila je mera uzajamnog delovanja tela. Sila se najčešće obeležava slovom F.*

Sledi izveštaj druge grupe. Njihov očekivani odgovor je:

Nije svejedno kojom jačinom i u kom pravcu i smeru delujemo na klupu. Najefikasnije je, ako delujemo na nju horizontalnom silom, u tom smeru, u kojem želimo da se klupa kreće. I jačina upotrebljene sile je značajna, jer ako klupu samo slabo guramo, neće se pomeriti.

*Sila je potpuno određena pravcem, smerom i brojnom vrednošću.*

Podsećamo učenike na razliku između pravca i smera, objašnjavamo razliku ako je potrebno.

*Jedinica mere za silu je Njutn, a oznaka je N.*

Ime je dobila po engleskom naučniku Isaku Njutnu, koji je bio jedan od najvećih naučnika svih vremena.

Sledi demonstracija treće grupe. Očekivani odgovor na njihovo pitanje je:

Lopticu možemo da ubrzamo ako je udarimo rukom ili nekim predmetom, na primer. Da bi promenili pravac ili smer njenog kretanja, takođe moramo da delujemo na nju.

Dolazimo do zaključka da je za promene u stanju kretanja tela potrebna sila.

*Da bi se telu koje se kreće promenila brzina ili pravac ili smer kretanja, na njega mora da deluje sila.*

Sledi izveštaj četvrte grupe. Njihov očekivani odgovor je:

Delovanjem na predmete, promenio se njihov oblik.

*Da bi se telu promenio oblik, na njega mora da deluje sila.*

### **Završni deo časa**

Ponavljamo sa učenicima pređeno gradivo.

1. pitanje: Šta je potrebno da bi se neko telo pokrenulo ili zaustavilo?

Očekivani odgovor: Potrebno je da neko drugo telo deluje na njega.

2. pitanje: Kako definišemo silu?

Očekivani odgovor: Sila je mera uzajamnog delovanja tela.

3. pitanje: Čime je sila potpuno određena?

Očekivani odgovor: Sila je potpuno određena pravcem, smerom i brojnom vrednošću.

4. pitanje: Koje su posledice delovanja sile?

Očekivani odgovor: Posledice delovanja sile su promena brzine, pravca ili smera kretanja ili promena oblika tela.

Ispišemo na tabli nekoliko uzajamnih delovanja, a učenici treba da ih razvrstaju prema tome da li dolazi do promene stanja kretanja ili oblika: guranje stolice po podu, istezanje opruge, pritiskanje sunđera, padanje lista sa drveta, zaustavljanje bicikla, prevrtanje flaše na stolu, savijanje police pod knjigama.

### **3.2 PRIPREMA ZA IZVOĐENJE ČASA**

**Nastavni predmet:** fizika

**Razred:** šesti

**Nastavnik:**

**Škola:**

**Redni broj nastavne jedinice u temi:** 2.

**Redni broj časa u školskoj godini:**

**Nastavna tema:** Sila

**Redni broj teme:** 3.

**Nastavna jedinica:** Elastično delovanje

**Tip časa:** obrada novog gradiva

**Obrazovni nivo:** razumevanje i primena

**Nastavne metode:** monološka, dijaloška, demonstraciona

**Oblik rada:** frontalni, rad u parovima, individualni

**Nastavna sredstva:** gumena traka, sunđer, elastična opruga, list papira, komad žice, plastična flaša

**Cilj i zadaci:**

- da učenici steknu jasnu predstavu o tome koje osobine imaju elastična, a koje plastična tela;
- da znaju koji je smisao i smer elastične sile.

**Vremenska artikulacija:** Uvodni deo: 5 min.

Glavni deo: 30 min.

Završni deo: 10 min.

#### **Uvodni deo časa**

Ponavljam gradivo sa prethodnog časa.

1. pitanje: Kako definišemo silu?

Očekivani odgovor: Sila je mera uzajamnog delovanja tela.

2. Pitanje: Koja je oznaka sile i šta joj je merna jedinica?

Očekivani odgovor: Oznaka za silu je  $F$ , a merna jedinica N (Njutn).

3. pitanje: Koje su posledice delovanja sile?

Očekivani odgovor: Posledice delovanja sile su promena brzine, pravca ili smera kretanja ili promena oblika tela.

Tražimo od učenika da daju nekoliko primera u kojima delovanje sile dovodi do promene oblika tela. Na primer, savijanje pruta, gužvanje papira, pritiskanje balona itd. Pitamo ih dokle može da traje ta promena oblika. Dolazimo do zaključka da je trajanje promene oblika promenljivo, kod nekih tela traje samo dok deluje sila, kod nekih duže, a ponekad dolazi i do trajnih promena.

### **Glavni deo časa**

Učenike podelimo u parove. Svaki par dobija sledeće predmete: gumenu traku, sunđer, elastičnu oprugu, list papira, komad žice, plastičnu flašu. Njihov zadatak će biti da nacrtaju tabelu u svesku u kojoj će napisati imena predmeta, vrstu delovanja na predmete i rezultate tog delovanja (trajnost promene oblika). Delovanja koja treba da izvedu su: rastezanje gumene trake, pritiskanje sunđera, sabijanje opruge, gužvanje papira, savijanje žice i gaženje plastične flaše. Dok učenici u parovima rade svoj zadatak, nastavnik ih nadgleda. Kada svi završe zadatak, pozovemo jedan od parova učenika da podnesu izveštaj o tome do kojih su rezultata došli. Pitamo ostale učenike da li se njihovi rezultati slažu sa pročitanim rezutatima.

Zaključujemo, da se traka vraća u prvobitni oblik, čim prestanemo da delujemo na nju. Isto se dešava i sa sunđerom i oprugom.

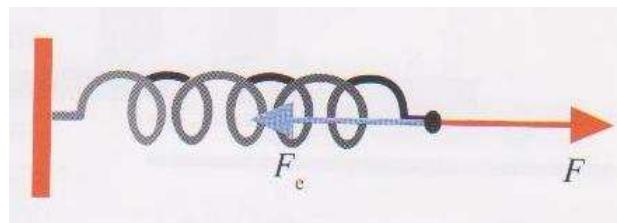
Uvodimo pojam elastične deformacije i elastičnih tela.

*Deformacija pri kojoj tela posle prestanka delovanja sile povrate svoj prvobitni oblik, naziva se elastična deformacija. Takva tela su elastična.*

Pri gužvanju papira, savijanju komada žice, gaženju plastične boce, oblik tela je ostao promenjen i kad smo prestali da delujemo na njih.

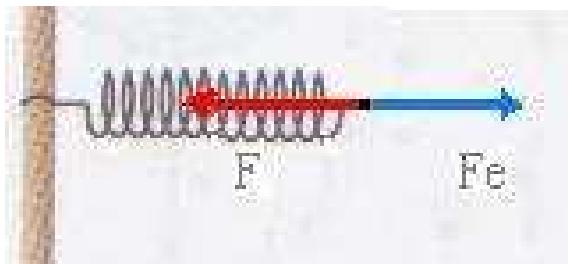
*Deformacija pri kojoj tela posle prestanka delovanja sile ne mogu da vrate početni oblik, naziva se neelastična ili plastična deformacija. Takva tela su plastična.*

Demonstriramo ogled. Istežemo elastičnu oprugu. Podsećamo učenike da je delovanje uvek uzajamno. Pitamo ih, kada mi istežemo oprugu, kako ona deluje na nas? Tražimo od učenika da pokušaju da odrede smer sile kojom mi delujemo na oprugu, kao i smer sile kojom opruga deluje na nas i da to predstave grafički. Na tabli zapisujemo sve predloge učenika i na kraju, kroz diskusiju, dolazimo do rešenja. Sila koja teži da skupi oprugu, naziva se elastična sila.



Kakav bi bio smer sila u slučaju sabijanja opruge?

Elastična sila u ovom slučaju teži da rastegne oprugu.



Definišemo elastičnu silu.

**Elastična sila** se protivi promeni oblika tela, uvek teži tome da vrati telo u prvobitni oblik.

### Završni deo časa

Ponavljamo pređeno gradivo.

1. pitanje: Šta je elastična deformacija?

Očekivani odgovor: To je deformacija pri kojoj tela posle prestanka delovanja sile povrate svoj prvobitni oblik.

2. Šta je plastična deformacija?

Očekivani odgovor: To je deformacija pri kojoj tela posle prestanka delovanja sile ne mogu da vrate početni oblik.

3. pitanje: Na koji način elastična sila deluje na telo?

Očekivani odgovor: Elastična sila se protivi promeni oblika tela, uvek teži tome da vrati telo u prvobitni oblik.

Učenicima dajemo sledeći zadatak: u svesci treba nacrtati tri vrste promene oblika tela, na crtežima obeležiti pravac i smer sile kojom se deluje na telo, kao i elastične sile. Kad učenici završe zadatak, nastavnik pregleda njihove radove.

### **3.3. PRIPREMA ZA IZVOĐENJE ČASA**

**Nastavni predmet:** fizika

**Razred:** šesti

**Nastavnik:**

**Škola:**

**Redni broj nastavne jedinice u temi:** 3.

**Redni broj časa u školskoj godini:**

**Nastavna tema:** Sila

**Redni broj teme:** 3.

**Nastavna jedinica:** Trenje

**Tip časa:** obrada novog gradiva

**Obrazovni nivo:** razumevanje i primena

**Nastavne metode:** monološka, dijaloška, demonstraciona

**Oblik rada:** frontalni, grupni

**Nastavna sredstva:** knjige, plastična flaša, okrugle olovke, slike

**Cilj i zadaci:**

- da učenici steknu predstavu kada se javlja sila trenja;
- da upoznaju vrste trenja (klizanja i kotrljanja);
- da znaju pravac i smer sile trenja;
- da znaju da trenje može biti štetno i korisno.

**Vremenska artikulacija:** Uvodni deo: 5 min.

Glavni deo: 30 min.

Završni deo: 10 min.

## **Uvodni deo časa**

Ponovimo sa učenicima gradivo koje smo učili na prethodnim časovima.

1. pitanje: Kako definišemo silu?

Očekivani odgovor: Sila je mera uzajamnog delovanja tela.

2. pitanje: Kako se označava sila i šta joj je merna jedinica?

Očekivani odgovor: Sila se označava sa  $F$ , a merna jedinica joj je N (Njutn).

3. pitanje: Šta je potrebno da bi se neko telo pokrenulo ili zaustavilo?

Očekivani odgovor: Potrebno je da neko drugo telo deluje na njega, odnosno da na njega deluje neka sila.

4. pitanje: Koje vrste deformacije tela postoje?

Očekivani odgovor: Postoji elastična i plastična deformacija.

5. pitanje: Na koji način elastična sila deluje na telo?

Očekivani odgovor: Elastična sila se protivi promeni oblika tela, uvek teži tome da vrati telo u prvobitni oblik.

## **Glavni deo časa**

Gurnemo knjigu da klizi po stolu. Ona se brzo zaustavlja. Pitamo učenike šta je uzrokovalo zaustavljanje tela.

*Pri kretanju tela po podlozi javlja se otpor podloge tom kretanju. Taj otpor se naziva trenje.*

Kao što smo u uvodnom delu časa rekli, da bi se telo koje se kreće zaustavilo, na njega mora da deluje neka sila.

*Sila koja zaustavlja klizanje tela po podlozi naziva se sila trenja.*

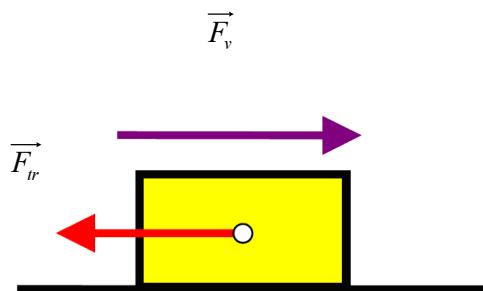
Objasnimo učenicima da trenje nastaje zbog postojanja neravnina na dodirnim površinama tela koja se kreću jedno po površini drugog. Pri kretanju tela te neravnine se kače jedna za drugu, zbog čega dolazi do usporavanja i zaustavljanja.

Sila trenja, kao i sve ostale sile, potpuno je određena pravcem, smerom i brojnom vrednošću.

Pitamo učenike, u kom smeru deluje sila trenja. Prodiskutujemo njihove odgovore i zajednički dolazimo do zaključka da:

*Smer sile trenja je uvek suprotan smeru kretanja tela.*

Nacrtamo na tabli telo i ucrtavamo smer kretanja tela i smer sile trenja.



Uvodimo pojam štetnog i korisnog trenja. Navodimo nekoliko primera za štetne efekte trenja: trošenje odeće i obuće, tupljenje noževa, habanje mašina. Primeri za korisno trenje: hodanje, trenje prilikom kočenja automobila itd.

Učenike podeliti u grupe. Zadatak svake grupe je da izvede dva ogleda i da pri tom uporede trenje klizanja i trenje kotrljanja.

Prvi ogled: Plastičnu flašu napunjenu vodom stavi na sto i guranjem pokušaj da je pokreneš. Da li je lako pokrenuti flašu? Dokle će se flaša kretati? Flašu stavi na sto u ležećem položaju i pokušaj da je pokreneš kotrljanjem. Šta primećuješ?

Drugi ogled: Debelu knjigu stavi na sto i pokušaj da je pokreneš da klizi na stolu. Zatim je postavi na olovke koje si poređao jednu pored druge na stolu. U kom slučaju će se knjiga lakše kretati?

Posle izvođenja ogleda prodiskutujemo rezultate i zajedno dolazimo do zaključka da je trenje klizanja veće od trenja kotrljanja. Kažemo nekoliko primera gde se za smanjenje trenja koristi trenje kotrljanja i tražimo od učenika da i oni navedu neke primere. (točkovi na automobilu, na nameštaju, kuglični ležajevi, kretanje lopte itd.)

## Završni deo časa

Ponovimo sa učenicima gradivo koje smo učili na času.

1. pitanje: Šta je trenje?

Očekivani odgovor: Trenje je otpor koji se javlja pri kretanju tela po nekoj podlozi.

2. pitanje: Šta je uzrok trenja?

Očekivani odgovor: Trenje nastaje zbog neravnina koje postoje na dodirnim površinama tela koja se kreću jedno po površini drugog.

3. pitanje: U kom smeru deluje sila trenja?

Očekivani odgovor: Smer sile trenja je uvek suprotan smeru kretanja tela.

Učenicima pokažemo nekoliko slika i tražimo od njih da objasne na koji način su slike povezane sa trenjem i da li je u pitanju štetan ili koristan efekat trenja.



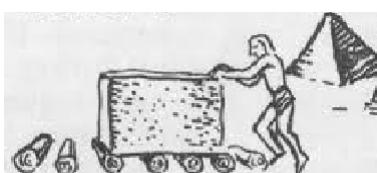
Slika 1. Paljenje šibica



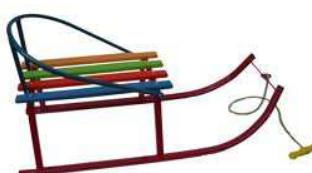
Slika 2. Vožnja bicikla po pesku



Slika 3. Reljefni izgled guma



Slika 4. Guranje tereta po balvanima



Slika 5. Izgled sanki



Slika 6. Šmirglanje drveta



Slika 7. Kretanje po ledu

### **3.4 PRIPREMA ZA IZVOĐENJE ČASA**

**Nastavni predmet:** fizika

**Razred:** šesti

**Nastavnik:**

**Škola:**

**Redni broj nastavne jedinice u temi:** 4.

**Redni broj časa u školskoj godini:**

**Nastavna tema:** Sila

**Redni broj teme:** 3.

**Nastavna jedinica:** Otpor sredine

**Tip časa:** obrada novog gradiva

**Obrazovni nivo:** razumevanje, primena

**Nastavne metode:** monološka, dijaloška, demonstraciona

**Oblik rada:** frontalni, rad u parovima

**Nastavna sredstva:** listovi papira, slike

**Cilj i zadaci:**

- da učenici steknu predstavu kada se javlja sila otpora sredine;
- da shvate kako sredina i oblik tela utiču na njen intenzitet;
- da znaju njen pravac i smer.

**Vremenska artikulacija:** Uvodni deo: 5 min.

Glavni deo: 30 min.

Završni deo: 10 min.

**Uvodni deo časa**

Ponavljam gradivo sa prethodnog časa.

1. pitanje: Kada se javlja trenje?

Očekivani odgovor: Trenje se javlja pri kretanju tela po nekoj podlozi.

2. pitanje: U kom smeru deluje sila trenja?

Očekivani odgovor: Smer sile trenja je uvek suprotan smeru kretanja tela.

3. pitanje: Koje vrste trenja smo učili na prošlom času?

Očekivani odgovor: Učili smo trenje klizanja i trenje kotrljanja.

4. pitanje: Navedite neke primere za koristan i za štetan efekat trenja.

Očekivani odgovor: Koristan efekat trenja: hodanje, paljenje šibica, kočenje automobila itd. Štetan efekat trenja: trošenje obuće, tupljenje noževa itd.

### **Glavni deo časa**

Učenike podelimo u parove. Svaki par dobija dva jednakata lista papira. Parovi dobijaju isti zadatak:

Jedan list papira treba izgužvati u malu lopticu. Jedan od učenika u paru treba da se popne na stolicu i da istovremeno ispusti oba papira. Drugi učenik treba da posmatra da li će oni istovremeno pasti na pod. Zatim treba da zapišu rezultat eksperimenta i da objasne zašto se to desilo.

Kada učenici završe svoj rad, pozovemo jedan par učenika da nam demonstrira svoj rezultat. Pitamo i ostale učenike da li su i oni došli do istog rezultata.

Očekivani odgovor: Papir u obliku loptice će pasti pre lista papira. Na list papira deluje jača sila koja ga usporava.

Pitamo učenike zašto se ovo desilo. Šta utiče na tela pri padu, da čak i tela iste mase padaju različitom brzinom?

*Sredina pruža otpor kretanju tela kroz nju, a sila koja u ovom slučaju deluje naziva se sila otpora sredine. Sila otpora sredine deluje uvek u smeru suprotnom smeru kretanja tela.*

Nacrtamo na tabli telo koje pada i ucrtamo smer kretanja tela i smer sile otpora sredine.

Od čega zavisi otpor sredine?

Na osnovu prethodnog ogleda možemo zaključiti da:

***Otpor sredine zavisi od oblika tela.***

Učenicima pokažemo sledeće slike i tražimo da kažu šta je zajedničko za tela predstavljena na slikama. Da li se oni sporo ili brzo kreću?



Zajedno dolazimo do zaključka da se sva tela na slikama veoma lako i brzo kreću kroz sredinu. Pri kakvom obliku tela se javlja najmanji otpor sredine?

***Oblik tela kome se sredina najmanje protivi je oblik koji liči na kap. Takav oblik se naziva aerodinamičan.***

Da li vrsta sredine utiče na otpor koji sredina pruža?

Zamislimo, da trčimo na vazduhu ili u vodi. U kom slučaju je lakše trčati? Šta zaključujemo?

***Otpor sredine zavisi od vrste sredine.***

### **Završni deo časa**

Ponavljamo gradivo koje smo učili na času.

1. pitanje: Kada se javlja sila otpora sredine?

Očekivani odgovor: Sila otpora sredine se javlja kada se telo kreće kroz neku sredinu.

2. pitanje: U kom smeru deluje sila otpora sredine?

Očekivani odgovor: Sila otpora sredine deluje u smeru suprotnom smeru kretanja tela.

3. pitanje: Kako se naziva oblik tela pri kojem se javlja najmanji otpor sredine?

Očekivani odgovor: Takav oblik tela se naziva aerodinamičan.

Učenici dobijaju zadatku da u parovima odgovore na pitanja:

Zašto je lasta vrhunski letač, a domaća kokoška veoma slabo leti?

Zašto se biciklisti koji voze trkačke bicikle poviju napred i saviju glavu?

Zašto jedrilica može da plovi?

Zašto se skakaču smanji brzina pada kad otvorí padobran?

### 3.5 PRIPREMA ZA IZVOĐENJE ČASA

**Nastavni predmet:** fizika

**Razred:** šesti

**Nastavnik:**

**Škola:**

**Redni broj nastavne jedinice u temi:** 5.

**Redni broj časa u školskoj godini:**

**Nastavna tema:** Sila

**Redni broj teme:** 3.

**Nastavna jedinica:** Električno i magnetno delovanje

**Tip časa:** obrada novog gradiva

**Obrazovni nivo:** razumevanje, primena

**Nastavne metode:** monološka, dijaloška, demonstraciona

**Oblik rada:** frontalni, grupni

**Nastavna sredstva:** plastični češalj, balon, staklena epruveta, platnena krpa, magneti, spajalice

**Cilj i zadaci:**

- da učenici steknu predstavu o tome kada je telo nanelektrisano;
- da nauče vrste nanelektrisanja;
- da nauče kakva može biti električna sila;
- da znaju da se električna i magnetna sila ispoljavaju bez neposrednog dodira među telima;
- da nauče kakve osobine imaju magneti, polove magneta;
- da nauče kakva može biti magnetna sila.

**Vremenska artikulacija:** Uvodni deo: 7 min.

Glavni deo: 30 min.

Završni deo: 8 min.

## **Uvodni deo časa**

Ponavljamo gradivo koje smo učili na prethodnim časovima.

1. pitanje: Kako definišemo silu?

Očekivani odgovor: Sila je mera uzajamnog delovanja tela.

2. pitanje: Koje vrste uzajamnog delovanja smo učili do sada?

Očekivani odgovor: Učili smo elastično delovanje, trenje i otpor sredine.

3. pitanje: Da li su tela koja su delovala jedno na drugo bila u kontaktu?

Očekivani odgovor: Da, tela su bila u kontaktu.

Izvedemo ogled: Pustimo vodu iz česme da polako curi u tankom mlazu. Plastični češalj provučemo kroz kosu nekoliko puta i češalj približimo mlazu vode. Mlaz vode će se iskriviti, približice se češlju.

Pitamo učenike: Da li postoji međusobno delovanje između češlja i vode? Da li su oni u neposrednom kontaktu?

Zajedno dolazimo do zaključka:

*Tela mogu da deluju jedna na druga i ako se ne dodiruju.*

Pitamo učenike kakvo delovanje se odigrava između češlja i vode. To je električno delovanje. Kažemo da ćemo električno delovanje detaljnije objasniti kasnije u toku časa.

## **Glavni deo časa**

Pitamo učenike šta znaju o elektricitetu. Razgovaramo o električnim pojavama iz svakodnevnog života. Svima nam je poznata pojava munje koja se može javiti između oblaka ili između oblaka i zemlje. Iz svakodnevnog iskustva znamo da provlačenjem češlja kroz suvu kosu, češalj privlači vlas kose i čuje se pucketanje. Sigurno smo primetili da ako u mraku skinemo džemper, čujemo pucketanje i vidimo varnice.

Učenike podelimo u četiri grupe. Svaka grupa treba da izvede jedan eksperiment pred razredom.

**Eksperiment prve grupe:** List papira isčupamo na sitne komadiće i stavimo na sto. Plastični češalj nekoliko puta provučemo kroz kosu i prinesemo blizu komadićima papira, ali tako, da se oni ne dodiruju.

Vidimo da češalj privlači sitne komadiće hartije.

Uvodimo pojam nanelektrisanog tela i električne sile.

*Za tela koja, kada su protrljana, privlače sitne komadiće hartije ili vlasti kose, kažemo da su nanelektrisana. Sila koja deluje između dva nanelektrisana tela, naziva se električna sila.*

**Eksperiment druge grupe:** Balon okačimo tako da visi, i protrljamo ga vunenom krpom (ili na suvoj kosi). Zatim istom krpom protrljamo češalj i prinesemo ga balonu.

Opažamo da se češalj i balon odbijaju međusobno.

**Eksperiment treće grupe:** Platnenom krpom protrljamo staklenu epruvetu i približimo je balonu, koji smo prethodno nanelektrisali trljanjem sa vunenom krpom.

Vidimo da se epruveta i balon privlače.

Pitamo učenike zašto se nanelektrisana tela u jednom slučaju odbijaju, a u drugom privlače? Odgovore učenika napišemo na tablu. Započnemo diskusiju o tom pitanju. Saslušamo svakog učenika i dajemo mogućnost da isprave netačne odgovore. Očekujemo da se diskusijom dođe do odgovora da postoje dve vrste nanelektrisanja.

*Vrste nanelektrisanja su: pozitivno i negativno nanelektrisanje.*

*Tela različitog nanelektrisanja se privlače, dok se tela istog nanelektrisanja odbijaju.*

**Eksperiment četvrte grupe:** Na čvršći karton stavimo nekoliko spajalica. Ispod kartona stavimo magnet da bude ispod spajalica i da dodiruje karton. Lagano pomeramo magnet.

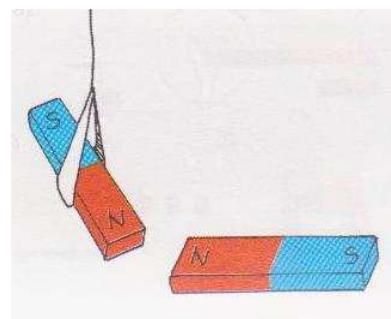
Primećujemo da se spajalice pomeraju isto kao magnet.

Pitamo učenike kakvu osobinu ima magnet. Magnet privlači gvozdene predmete.

*Sila kojom magnet deluje na gvozdene predmete, naziva se magnetna sila.*

Magnetna sila deluje i između dva magneta.

Demonstriramo ogled.



Obesimo magnet tako da se slobodno obrće. Kada se magnet smiri, prinesemo mu drugi magnet, prvo severnim, a zatim i južnim polom. Šta primećujemo?

Objasnimo da *magneti imaju dva pola, severni (N) i južni (S) pol. Suprotni polovi magneta se privlače, a isti se odbijaju.*

Pitamo učenike da li je za magnetno delovanje potreban kontakt između tela. Postavimo isto pitanje i za električnu силу.

*Električna i magnetna sila se ostvaruje bez neposrednog dodira među telima.*

### Završni deo časa

Ponavljamo gradivo koje smo učili na času.

1. pitanje: Kako se naziva sila koja deluje između dva nanelektrisana tela?

Očekivani odgovor: Između dva nanelektrisana tela deluje električna sila.

2. pitanje: Koje vrste nanelektrisanja postoje?

Očekivani odgovor: Postoji pozitivno i negativno nanelektrisanje.

3. pitanje: Na koji način deluju jedno na drugo dva tela različitog nanelektrisanja?

Očekivani odgovor: Dva tela različitog nanelektrisanja se privlače.

4. pitanje: Koliko polova imaju magneti i kako se oni nazivaju?

Očekivani odgovor: Magneti imaju dva pola: severni i južni.

Učenici treba da odgovore na pitanja i da odgovore zapišu u svesku:

Šta mislite, zbog čega su nam ruke mokre još neko vreme posle pranja?

Nespretnom krojaču su se prosule igle. Na koji način bi najlakše mogao da ih pokupi?

Gde se primenjuju magneti?

### **3.6 PRIPREMA ZA IZVOĐENJE ČASA**

**Nastavni predmet:** fizika

**Razred:** šesti

**Nastavnik:**

**Škola:**

**Redni broj nastavne jedinice u temi:** 6.

**Redni broj časa u školskoj godini:**

**Nastavna tema:** Sila

**Redni broj teme:** 3.

**Nastavna jedinica:** Sila Zemljine teže (težina tela)

**Tip časa:** obrada novog gradiva

**Obrazovni nivo:** razumevanje, primena

**Nastavne metode:** monološka, dijaloška, demonstraciona

**Oblik rada:** frontalni, rad u parovima

**Nastavna sredstva:** lopte, konac, selotejp, slike

**Cilj i zadaci:**

- da učenici steknu osnovna znanja o gravitacionoj sili;
- da znaju pravac i smer gravitacione sile;
- da shvate razliku između sile teže i težine tela;
- da razumeju bestežinsko stanje.

**Vremenska artikulacija:** Uvodni deo: 10 min.

Glavni deo: 30 min.

Završni deo: 5 min.

#### **Uvodni deo časa**

Ponavljamo gradivo sa prethodnog časa.

1. pitanje: Kako se naziva sila koja deluje između dva nanelektrisana tela?

Očekivani odgovor: Između dva nanelektrisana tela deluje električna sila.

2. pitanje: Na koji način deluju jedno na drugo dva tela istog nanelektrisanja?

Očekivani odgovor: Dva tela istog nanelektrisanja se odbijaju.

3. pitanje: Kako se naziva sila kojom magnet deluje na gvozdene predmete?

Očekivani odgovor: To je magnetna sila.

4. pitanje: Da li je za delovanje električne i magnetne sile između tela potrebno da se tela dodiruju?

Očekivani odgovor: Za delovanje električne i magnetne sile između tela nije potrebno da se tela dodiruju.

Izvedemo ogled. Podignemo loptu i pustimo je da padne. Zatim bacimo loptu.

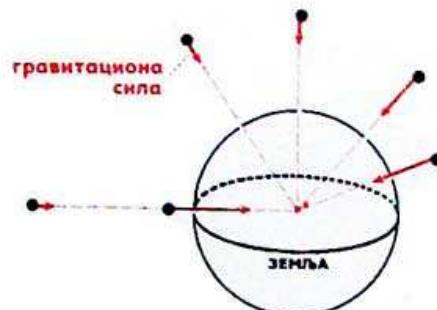
Pitamo učenike šta se desilo sa loptom. Lopta je u oba slučaja pala na pod.

Učenicima postavljamo pitanje: Zašto lopta pada na pod? Zašto sva tela koja su ispuštena ili bačena padaju na tlo? Saslušamo odgovore učenika. Trudimo se da otkrijemo kakvo predznanje imaju o gravitaciji.

*Zemlja privlači sva tela koja se nalaze na njenoj površini ili u njenoj okolini. Sila kojom Zemlja deluje na tela naziva se sila Zemljine teže (ili gravitaciona sila).*

### Glavni deo časa

Na tabli nacrtamo Zemljinu kuglu. Učenicima postavljamo pitanje kakav je pravac i smer gravitacione sile. Odgovore učenika napišemo na tablu. Započinjemo diskusiju o tom pitanju. Ako je potrebno, pomažemo im da dođu do tačnog odgovora: *Pravac gravitacione sile je duž prečnika Zemlje, a njen smer je ka centru Zemlje.* Učenik, koji je prvi dao tačan odgovor, ucrtava traženi pravac i smer na tablu.



Učenike podelimo u parove i postavljamo im sledeća pitanja na koja treba zajedno da odgovore:

Da li gravitaciona sila može biti odbojna?

Da li gravitaciona sila postoji na drugim planetama?

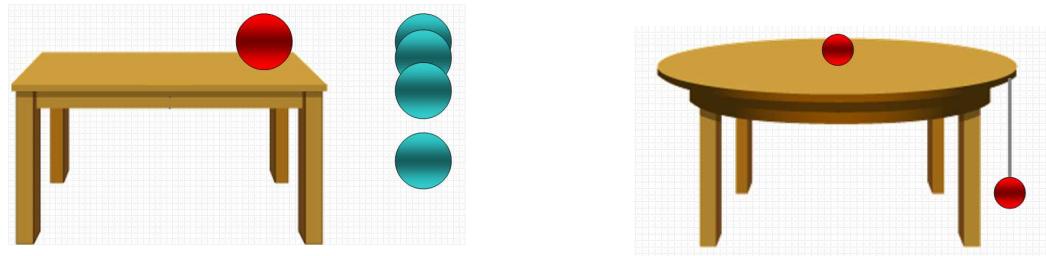
Saslušamo njihove odgovore. Očekivani odgovori su: Gravitaciona sila je uvek privlačna. Ona postoji na svim nebeskim telima.

Objašnjavamo učenicima da se zahvaljujući pomenutoj sili, nebeska tela uzajamno privlače. Mesec kruži oko Zemlje usled dejstva gravitacione sile Zemlje, a kruženje planeta oko Sunca omogućava Sunčeva gravitaciona sila.

Demonstriramo sledeći ogled. Uzmemo dve loptice. Jednu stavimo na sto, a drugu ispustimo u visini stola. Pitamo učenike da li na obe lopte deluje sila Zemljine teže.

Zašto loptica koja je na stolu ne padne na tlo? Ona se nalazi na podlozi, koja je sprečava da padne.

Sila Zemljine teže privlači lopticu, koja se nalazi na stolu, vuče je nadole. Zbog te sile, loptica pritiska podlogu na kojoj se nalazi.



Zalepimo konac za jednu od loptica i konac zalepimo za sto tako, da loptica visi. Da li loptica u ovom slučaju deluje na konac? Telo zateže konac.

Iz ovih zaključaka izvedemo definiciju težine:

*Sila kojom telo, usled sile Zemljine teže, pritiska podlogu ili zateže konac o kom je obešeno, naziva se težina tela.*

Težine tela nisu svuda iste. Njena vrednost zavisi od mesta, na kojem se meri.

Posebno ističemo činjenicu da se u svakodnevnom životu pojmovi mase i težine često mešaju. Istimemo razliku između ta dva pojma. Masa je karakteristika tela, koja je povezana sa količinom materije i ima istu vrednost nezavisno od mesta, na kojem se meri.

Kada tela padaju na tlo, na njih i dalje deluje sila Zemljine teže, ali im je težina tada jednaka nuli. To se naziva bestežinsko stanje.

## Završni deo časa

Ponavljamo gradivo koje smo učili na času.

1. pitanje: Šta je sila Zemljine teže?

Očekivani odgovor: Sila Zemljine teže je sila kojom Zemlja deluje na tela koja se nalaze na njenoj površini ili u njenoj okolini.

2. pitanje: U kom pravcu i smeru deluje sila Zemljine teže?

Očekivani odgovor: Pravac sile Zemljine teže je duž prečnika Zemlje, a njen smer je ka centru Zemlje.

3. pitanje: Kako se definiše težina?

Očekivani odgovor: Sila kojom telo, usled sile Zemljine teže, pritiska podlogu ili zateže konac o kom je obešeno, naziva se težina tela.

4. pitanje: Da li je za delovanje gravitacione sile neophodno da postoji kontakt između tela?

Očekivani odgovor: Za delovanje gravitacione sile nije potreban kontakt između tela.

Sledeći zadatak učenici treba da urade u parovima: Pokažemo im nekoliko slika i tražimo da izaberu one, na kojima su tela u bestežinskom stanju. Kad završe, saslušamo njihove odgovore i ispravljamo ih, ako je potrebno.



## **4. LITERATURA**

1. Mr Srđan Verbić, Dr Božidar Nikolić: Fizika za šesti razred osnovne škole, Kreativni centar, Beograd, 2009
2. Darko V. Kapor, Jovan P. Šetrajčić: Fizika az általános iskolák 6. osztálya számára, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2003
3. Hodi Andrea: Predavanje i učenje prirodnih nauka, Seminarski rad, 2011
4. Ifj. Záttonyi Sándor: Fizika a gimnáziumok 9. évfolyama számára, Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest, 2005
5. Dr. Halász Tibor: Fizika 9, Mozaik kiadó, Szeged, 2007
6. Dr J. Janjić, Dr I. Bikit, Dr N. Cindro: Opšti kurs fizike, I deo, Naučna knjiga, Beograd, 1987

*Linkovi:*

1. [www.en.wikipedia.org/wiki/Force](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Force)
2. [www.physicsclassroom.com/class/newtlaws/u2l2a.cfm](http://www.physicsclassroom.com/class/newtlaws/u2l2a.cfm)
3. [www.ifs.hr/Publicdocuments/BErjavec-mfl-249.pdf](http://www.ifs.hr/Publicdocuments/BErjavec-mfl-249.pdf)
4. [www.tesla.pmf.ni.ac.rs/people/nesiclj/predavanja/biologija/2010/glava3.pdf](http://www.tesla.pmf.ni.ac.rs/people/nesiclj/predavanja/biologija/2010/glava3.pdf)
5. [www.sites.google.com/site/fizikazaosnovce678/podsetnici/sesti-razred/3-sila](http://www.sites.google.com/site/fizikazaosnovce678/podsetnici/sesti-razred/3-sila)
6. [www.members.iif.hu/rad8012/fizika/fizikatanitas\\_pedagogijaja.pdf](http://www.members.iif.hu/rad8012/fizika/fizikatanitas_pedagogijaja.pdf)
7. [www.nastava.hfd.hr/simpozij/2001/2001-Paar.pdf](http://www.nastava.hfd.hr/simpozij/2001/2001-Paar.pdf)
8. [www.skole.hr/nastavnici/ucionica?news\\_id=1586](http://www.skole.hr/nastavnici/ucionica?news_id=1586)
9. [www.seharamostar.com/index.php/odgoj-i-obrazovanja/item/69-uloga-i-stil-rada-nastavnika-u-savremenoj-skoli](http://www.seharamostar.com/index.php/odgoj-i-obrazovanja/item/69-uloga-i-stil-rada-nastavnika-u-savremenoj-skoli)

## KRATKA BIOGRAFIJA



Hodi Andrea, rođena 01.09.1976. godine u Novom Sadu. Završila osnovnu školu i gimnaziju u Bečeju. 2007. godine diplomirala na Tehnološkom fakultetu u Novom Sadu. 2010. godine upisala dvopredmetne studije fizike i hemije na PMF-u. Zaposlena u Tehničkoj školi u Bečeju.

**UNIVERZITET U NOVOM SADU**

**PRIRODNO - MATEMATIČKI FAKULTET**

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

*Redni broj:*

**RBR**

*Identifikacioni broj:*

**IBR**

*Tip dokumentacije: Monografska dokumentacija*

**TD**

*Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal*

**TZ**

*Vrsta rada: Master rad*

**VR**

*Autor: Andrea Hodi*

**AU**

*Mentor: dr Dušan Lazar*

**MN**

*Naslov rada: Savremeni pristup podučavanju fizike u osnovnoj školi na primeru tematske celine Sila*

**NR**

*Jezik publikacije: srpski (latinica)*

**JP**

*Jezik izvoda: srpski/engleski*

**JL**

*Zemlja publikovanja: Srbija*

**ZP**

*Uže geografsko područje: Vojvodina*

**UGP**

*Godina: 2013*

**GO**

*Izdavač: Autorski reprint*

**IZ**

*Mesto i adresa: Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad*

**MA**

*Fizički opis rada:*

**FO**

*Naučna oblast: Fizika*

**NO**

*Naučna disciplina: Metodika nastave fizike I*

**ND**

*Predmetna odrednica/ ključne reči: Sila/ nastava fizike u osnovnoj školi*

**PO**

**UDK**

*Čuva se: Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu*

**ČU**

*Važna napomena: nema*

**VN**

*Izvod: U radu su prikazane osnovne karakteristike nastave fizike u osnovnoj školi. Pored teorijske obrade tematske celine Sila dati su primjeri pisanih priprema za nekoliko nastavnih jedinica u okviru ove tematske celine.*

**IZ**

*Datum prihvatanja teme od NN veća: 03.10.2013.*

**DP .**

*Datum odbrane: 29.10.2013.*

**DO**

*Članovi komisije: Predsednik: Dr Milan Pantić, vanred. prof.*

*Član: Dr Dušan Lazar, red. prof.*

*Član: Dr Maja Stojanović, red. prof.*

**UNIVERSITY OF NOVI SAD**  
**FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS**  
**KEY WORDS DOCUMENTATION**

Accession number:

**ANO**

Identification number:

**INO**

Document type: Monograph publication

**DT**

Type of record: Textual printed material

**TR**

Content code: Final paper

**CC**

Author: Andrea Hodij

**AU**

Mentor/comentor: Ph.D. Dušan Lazar, full prof.

**MN**

Title: Treatment Themes Unit: Modern approach to teaching physics in elementary school on the example of thematic units Force

**TI**

Language of text: Serbian (Latin)

**LT**

Language of abstract: English

**LA**

Country of publication: Serbia

**CP**

Locality of publication: Vojvodina

**LP**

Publication year: 2013

**PY**

Publisher: Author's reprint

**PU**

Publication place: Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

**PP**

Physical description:

**PD**

Scientific field: Physics

**SF**

Scientific discipline: Methodology of teaching physics 1

**SD**

Subject/ Key words: Force/ elementary school physics teaching

**SKW**

**UC**

Holding data: Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića

**HD**

Note: none

**N**

Abstract: This paper presents the main characteristics of physics teaching in elementary school. In addition to theoretical explanations of thematic area Force are examples of written preparation for several teaching units within these thematic area.

**AB**

Accepted by the Scientific Board: 03.10.2013.

**ASB**

Defended on: 29.10.2013.

**DE 2013**

**DB**

Thesis defend board:

President: : Ph.D. Milan Pantić, associate prof.

Member: Ph.D. Dušan Lazar, full prof.

Member: Ph.D. Maja Stojanović, full prof.