

Trenje u fizici: prilagođavanje nastave prema različitim stilovima učenja

Oberan, Mia

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Science / Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:166:293269>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-06**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Science](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno-matematički fakultet

**Trenje u fizici: prilagođavanje nastave prema
različitim stilovima učenja**

Završni rad

Mia Oberan

Split, rujan 2024.

Temeljna dokumentacijska kartica

Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Odjel za fiziku
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Hrvatska

Završni rad

Trenje u fizici: prilagođavanje nastave prema različitim stilovima učenja

Mia Oberan

Sveučilišni prijediplomski studij Fizika

Sažetak:

Ovaj rad bavi se prilagodbom nastave fizike različitim stilovima učenja u okviru teme trenja. Detaljno je objašnjena fizika trenja, uključujući osnovne zakone i primjene ovog fenomena u svakodnevnom životu. Stilovi učenja, vizualni, auditivni i kinestetički, igraju ključnu ulogu u načinu na koji učenici usvajaju znanja. Rad analizira pristupe podučavanju trenja uz pomoć osnovnoškolskog udžbenika te nudi preporuke kako se nastavni sadržaji mogu prilagoditi svakom stilu učenja. Kroz primjere interaktivnih metoda i kreativnih rješenja, naglašava se važnost mijenjanja i prilagođavanja nastavnih metoda kako bi se povećala učinkovitost učenja. Integracija različitih stilova učenja unutar jedne lekcije može značajno unaprijediti proces učenja i razumijevanja fizikalnih pojava, a time i potaknuti dublje razumijevanje prirodnih zakona.

Ključne riječi: trenje, stilovi učenja, prilagodba nastave

Rad sadrži: 21 stranica, 9 slika, 1 tablicu, 19 literaturnih navoda. Izvornik je na hrvatskom jeziku

Mentor: doc. dr. sc. Ivana Weber

Ocjenjivači: doc. dr. sc. Ivana Weber
dr. sc. Ivo Jukić
Josipa Šćurla, mag. phys.

Rad prihvaćen: 25.9.2024.

Rad je pohranjen u knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu.

| |
|---------------------------------|
| Basic documentation card |
|---------------------------------|

University of Split
Faculty of Science
Department of Physics
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Croatia

Bachelor thesis

Physics of Friction: Adapting Teaching to Different Learning Styles

Mia Oberan

University undergraduate study Physics

Abstract:

This work deals with the adaptation of physics teaching to different learning styles on the subject of friction. The physics of friction is explained in detail, including the fundamental laws and real-life applications of this phenomenon. The learning styles, visual, auditory, and kinaesthetic, play a crucial role in how students absorb knowledge. This paper analyzes the approaches to teaching friction from a middle school textbook and provides recommendations on how to tailor teaching materials to each learning style. Examples of interactive methods and creative solutions are used to emphasize the importance of adapting and modifying teaching methods to increase learning effectiveness. Integrating different learning styles into a single lesson can significantly enhance the learning process and deepen students' understanding of physics concepts.

Keywords: friction, learning styles, classes adaption

Thesis consists of: 21 pages, 9 figures, 1 table, 19 references. Original language: Croatian

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ivana Weber

Reviewers: Assist. Prof. Dr. Ivana Weber
Dr. Ivo Jukić
Josipa Šćurla, MSc. Phys.

Thesis accepted: September 25th, 2024

Thesis is deposited in the library of the Faculty of Science, University of Split.

Zahvale

Ovim putem želim prije svega zahvaliti svojoj mami, tati i bratu na svemu što su mi omogućili. Posebne zahvale mojoj mentorici na vodstvu, strpljenju i potpori koju mi je pružila. Zahvaljujem također profesorima Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Splitu što nam već godinama s ljubavlju prenose svoje znanje. Hvala i mojim prijateljicama bez kojih ne bih bila tko danas jesam. Veliko hvala profesoru Martinu Merdžanu na riječima „Vidjet ćeš što sve možeš i za što si sposobna kada to budu tražili od tebe“.

Sadržaj

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Uvod | 1 |
| 2 | Fizika sile trenja..... | 2 |
| 2.1 | Trenje kao otpor proklizavanju..... | 2 |
| 2.1.1 | Mikroskopski uvid..... | 3 |
| 2.2 | Trenje kod održavanja tijela na kosini..... | 5 |
| 2.3 | Trenje kotrljanja..... | 7 |
| 2.4 | Fluidno trenje..... | 8 |
| 2.4.1 | Gibanje tijela kroz fluid pri malim brzinama | 8 |
| 2.4.2 | Gibanje tijela kroz fluid pri većim brzinama..... | 9 |
| 3 | Stilovi učenja | 10 |
| 3.1 | Vizualni stil učenja | 10 |
| 3.1.1 | Pristup vizualnom tipu učenika | 11 |
| 3.2 | Auditivni stil učenja..... | 11 |
| 3.2.1 | Pristup auditivnom tipu učenika..... | 11 |
| 3.3 | Kinestetički stil | 12 |
| 3.3.1 | Pristup kinestetičkom tipu učenika..... | 12 |
| 4 | Prilagodba nastave fizike prema stilovima učenja | 14 |
| 4.1 | Analiza teme trenja u udžbeniku | 14 |
| 4.2 | Prilagodba sadržaja udžbenika prema stilovima učenja | 15 |
| 4.2.1 | Smjernice za vizualno obrađivanje trenja..... | 15 |
| 4.2.2 | Smjernice za auditivno obrađivanje trenja | 16 |
| 4.2.3 | Smjernice za kinestetičko obrađivanje trenja | 17 |
| 4.2.4 | Primjer obrade zadatka preko tri stila učenja | 17 |
| 5 | Zaključak..... | 20 |
| 6 | Literatura..... | 21 |

1 Uvod

Tema ovog rada jest prilagodba nastave trima stilovima učenja: vizualnom, auditivnom i kinestetičkom, na primjeru nastavne jedinice trenja. Cilj je skrenuti pažnju na raznolikost načina usvajanja gradiva i prilagoditi nastavu kako bi se osiguralo optimalno razumijevanje ključnih koncepata. Značaj teme leži u činjenici da potiče uključivanje individualnih preferencija i omogućuje nastavnicima da prilagode metode podučavanja tako da svaki učenik ima priliku razviti duboko razumijevanje koncepta trenja, bez obzira na svoj prirodni stil učenja. Osobi kojoj odgovara vizualno učenje, samo slušanje predavanja neće biti najefikasniji način usvajanja gradiva, isto kao što osobi koja preferira auditivni stil nije korisno fokusiranje izričito na vizualnu obradu gradiva, poput grafičkih prikaza i slika. Ovaj rad može poslužiti kao jedna od smjernica za unapređenje nastave fizike, ali i nastave iz drugih predmeta. Motivacija za odabir i obradu teme bila je stvaranje pravednog obrazovnog sustava kojem je u cilju kvalitetno prenijeti znanje tako da svatko može učiti gradivo onako kako mu najviše odgovara. Uz opis tri stila učenja, dat će se prijedlog na koji način se svaki može primijeniti unutar nastave koja se bavi obradom koncepta trenja za učenike sedmog razreda osnovne škole.

Trenje je sila koja se javlja između dva tijela u dodiru, a kao tema iz fizike unutar ovog rada izabrano je zbog nekoliko ključnih razloga. Prije svega, trenje jest jedan od osnovnih fizikalnih pojmova koji ako se ne usvoji predstavlja probleme u daljnjem razumijevanju gradiva. Nadalje, zbog svoje prisutnosti u svakodnevnom životu učenici su već bar dijelom upoznati s tim pojmom što ga čini lako primjenjivim na stilove učenja - učenici će uspješnije upoznati svoje preferencije učenja na jednostavnijim temama koje su već imali priliku iskusiti. Uz to, shvaćanje trenja zahtijeva povezivanje s ostalim fizikalnim veličinama, poput energije i sile, stoga može poslužiti za dublje razumijevanje i prethodnih nastavnih jedinica. Od iznimne je važnosti da nastavnik, isto kao i učenik, upozna stilove učenja i u skladu s njima oblikuje nastavu da bi vrijeme na nastavi bilo što kvalitetnije provedeno.

2 Fizika sile trenja

Svojom sveprisutnošću trenje nam omogućava svakodnevni život kakav poznajemo, od odjeće koju odijevamo do kretanja od jedne do druge točke. Uz to, trenje omogućava korištenje različitih alata, pa i pisanja, gdje bez njega ne bi bilo moguće ostaviti trag na papiru.

2.1 Trenje kao otpor proklizavanju

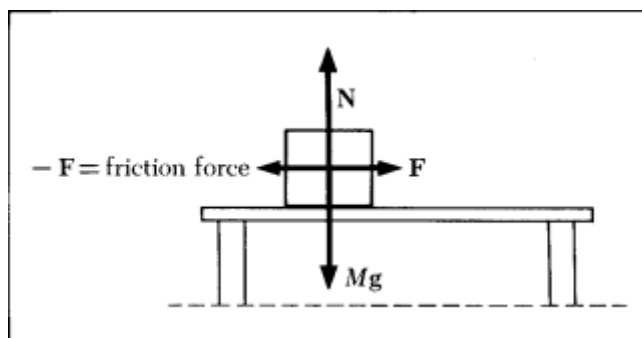
Za najjednostavniji slučaj, Dulčić je u [1] uzeo primjer tijela u mirovanju na horizontalnoj podlozi na kojeg krećemo djelovati vanjskom silom \vec{F} , kao što je prikazano na slici 1. Iskustveno znamo da nije dovoljno djelovati proizvoljnim iznosom sile, već se tijelo kreće gibati tek kada se na njega primjeni sila određenog iznosa. Primjerice, ako na tijelo djelujemo silom, a tijelo i dalje miruje, prema Newtonovom zakonu znamo da na tijelo djeluje još jedna sila i da će se tijelo krenuti gibati tek kada vanjska sila nadvlada prethodno spomenutu. Tu silu označit ćemo s \vec{F}_s . U skladu s prvim Newtonovim zakonom, koji kaže da će tijelo ostati u mirovanju (ili u gibanju konstantnom brzinom) dok je ukupna sila na njega jednaka nuli, možemo iz jednadžbe:

$$\vec{F}_{UK} = \vec{F}_s + \vec{F} , \quad (1.1)$$

doći do sljedeće relacije:

$$\vec{F}_s = -\vec{F}. \quad (1.2)$$

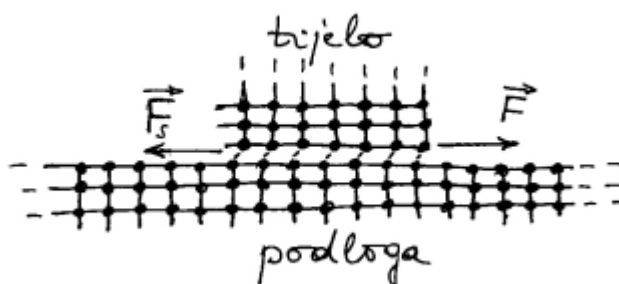
Prethodna relacija govori da je sila \vec{F}_s suprotne orijentacije i jednakog iznosa kao i vanjska sila. Važno je napomenuti da bez vanjske sile \vec{F} , nema ni sile \vec{F}_s jer ona nije zadana samim time što je tijelo položeno na podlogu. Sile \vec{F} i \vec{F}_s su proporcionalne te se, da bi tijelo ostalo u stanju mirovanja, povećavanjem vanjske sile \vec{F} povećava i iznos sile \vec{F}_s koja se u literaturi obično naziva sila statičkog trenja. Sila trenja paralelna je dodirnom području između dva tijela ili između tijela i podloge [2]. Dakle, tijelo na ravnoj podlozi može mirovati unatoč djelovanju neke vanjske sile \vec{F} , ako je ta vanjska sila premalog iznosa da nadvlada statičko trenje. Sa slike 1 vidljivo je djelovanje još dvije sile: normalne sile \vec{N} , kojom podloga djeluje na tijelo koje miruje na njoj i koja sprječava tijelo da propadne kroz podlogu i gravitacijske sile $\vec{F}_g = M \cdot \vec{g}$ koja mora biti jednakog iznosa i suprotne orijentacije jer tijelo miruje. U [3] Ling, Sanny i Moebis definiraju da kada je tijelo u pokretu javlja se sila otpora, poznata kao sila trenja koja se suprotstavlja kretanju između sustava u kontaktu, ali isto tako omogućava hodanje, što brzo shvaćamo prvim korakom po ledu.



Slika 1. Dijagram sila na tijelo na horizontalnoj podlozi. Slika je preuzeta iz [2].

2.1.1 Mikroskopski uvid

Zanima nas zašto dolazi do trenja, odnosno, što se točno događa na mikroskopskoj razini. Za to je potreban uvid u atomsku strukturu tvari i dodirne površine tijela i podloge. Kako unutar tijela djeluju atomske veze, tako i između dodirnih atomskih slojeva tijela i podloge postoje atomske veze koje su slabije, ali i dalje postoje i često na bazi polarnosti. Uzevši idealizirani slučaj glatkih ploha tijela i podloge kao na slici 2 i uz pojednostavljenje da sila djeluje samo na donji sloj tijela, gledamo što se događa pri djelovanju vanjske sile \vec{F} . Zbog te sile dolazi do pomicanja donjeg sloja u odnosu na gornji atomski sloj što posljedično izaziva pojavu unutarnjih sila. Unutarnju silu kojom gornji sloj kreće djelovati na donji možemo označiti s \vec{F}_s . Prisjetimo li se jednadžbe (1.2) jasno je da će zbog održavanja uvjeta ravnoteže i mirovanja tijela porastom vanjske sile \vec{F} nužno morati porasti i sila \vec{F}_s . Naravno, nije moguć prevelik porast djelovanja vanjske sile \vec{F} jer postoji granična vrijednost $F_{s\max}$ pri kojoj dolazi do kidanja slabih veza između susjednih atomskih slojeva tijela i podloge te se tijelo počinje gibati. [1]



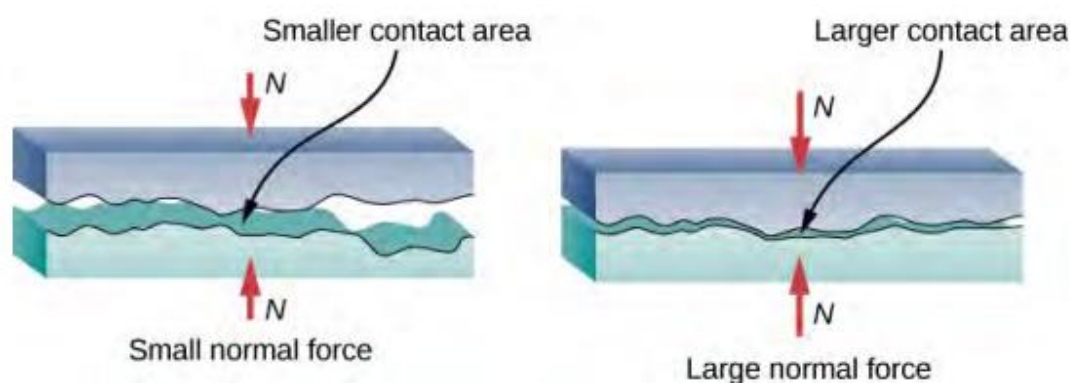
Slika 2. Atomske slojevi podloge i tijela. Slika je preuzeta iz [1].

Pogledajmo detaljnije zašto trenje ovisi o normalnoj sili. Uvećani pogled dodirne plohe tijela i podloge koji je prikazan na slici 3 pokazuje neravnine (izbočine i udubine) dviju ploha. Zbog toga sila trenja ne ovisi o veličini dodirne plohe tijela i podloge jer se, ustvari, dodirno

područje dvaju tijela ostvaruje se samo na mjestima gdje se izbočine podudaraju. Da bi se tijelo pokrenulo, potrebno je da izbočine gornje površine mogu proletjeti iznad donje površine. Veća sila normale spljošćuje dvije plohe pa njihovim približavanjem dodirno područje postaje sve veće. S manjim dodirnim područjem dolazi do veće deformacije atomskih slojeva jer se ista normalna sila \vec{N} raspoređi na manji broj atoma. Vrijedi i obratno - na većem dodirnom području dostupno je više atomskih slojeva pa dolazi do manjeg pritiska na atome. Važno je napomenuti da čak i na glatkim površinama očekujemo silu statičkog trenja zbog prisutnosti privlačnih sila između dodirnih slojeva tijela i podloge. [1]

Povećanjem normalne sile (ako, na primjer, dodamo još jedan kovčeg) i dodirno područje raste, a samim time i sila trenja, pa je potrebna veća vanjska sila za pokretanje tijela. Eksperimentalno je utvrđena linearna ovisnost koeficijenta trenja μ i normalne sile \vec{N} :

$$\vec{F}_{s\ max} = \mu_s \cdot \vec{N}. \quad (1.3)$$



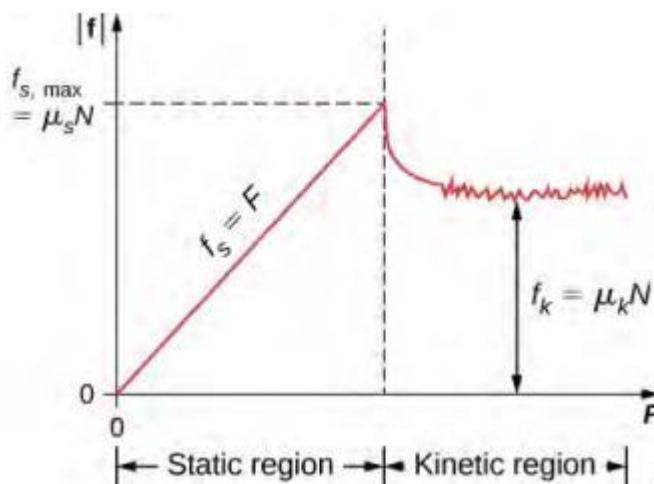
Slika 3. Uvećani prikaz dodirne površine tijela i podloge. S lijeve strane prikazana je manja kontaktne površina i odgovarajuća slabija normalna sila, dok s desne strane imamo prikaz međudjelovanja veće kontaktne površine i odgovarajuće veće normalne sile. Slika je preuzeta iz [3].

U [3] je naveden primjer guranja teškog kovčega po ravnom betonu. Ako na kovčeg djelujemo silom velikog iznosa i kovčeg i dalje miruje, događa se upravo što smo spomenuli prije – sila statičkog trenja se povećava i djeluje istim iznosom, ali suprotnom orijentacijom da bi bila jednaka sili kojom guramo jer kovčeg nastoji ostati u stanju mirovanja. Ako povećamo svoje napore i djelujemo silom dovoljno velikog iznosa, kovčeg se počinje gibati. Moglo bi nam pasti na pamet da su sada raskinute sve veze između atomskih slojeva tijela i podloge te da nam se sada ne suprotstavlja nijedna sila u guranju kovčega. No, i dalje nemamo neometano gibanje kovčega. Sila koja nam se sada suprotstavlja je sila kinetičkog trenja. Primjećujemo da kada se tijelo jednom pokrene, nije potreban isti iznos sile kojom smo ga gurali da bismo ga uopće pokrenuli, već nešto manji i da će tijelo lakše biti održati u pokretu nego što ga je bilo pokrenuti. S ovim zaključujemo da je kinetičko trenje manjeg iznosa nego statičko što je i prikazano na slici 4. Dodamo li na naš kovčeg još jedan, bit će

potrebno djelovati većom silom, no, podmažemo li podlogu uljem, sila trenja se smanjuje. Ne smijemo izostaviti da je sila trenja uvijek suprotne orijentacije od orijentacije brzine tijela. Možemo zaključiti da se stvarno radi o djelovanju sile jer se tijelo kojem smo na ravnoj podlozi dali određenu brzinu, nakon nekog vremena zaustavilo. Prisjetimo li se nesavršene površine tijela, ovo zaustavljanje pripisujemo brojnim sudarima izbočina koje zaustavljaju gibanje tijela - taj makroskopski učinak nazivamo silom kinetičkog trenja koja je dana izrazom:

$$\vec{F}_k = \mu_k \cdot \vec{N}, \quad (1.4)$$

gdje μ_k predstavlja koeficijent kinetičkog trenja. [1]



Slika 4. Graf ovisnosti vanjske sile i sile trenja. Lijevo je područje koje odgovara statičkom, a desno kinetičkom trenju. Slika je preuzeta iz [3].

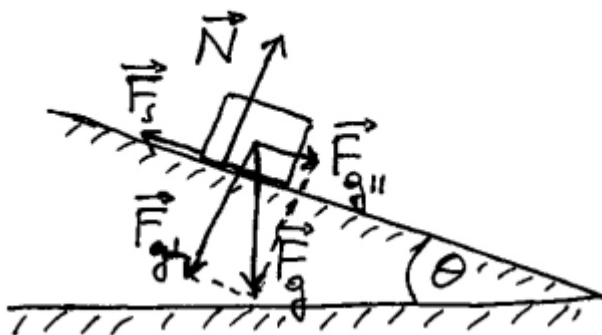
U [3] nalazimo sljedeću definiciju:

„Ako su dva sustava u kontaktu i miruju jedan u odnosu na drugi, tada se trenje između njih naziva statičkim trenjem. Ako su dva sustava u kontaktu i gibaju se jedan u odnosu na drugi, tada se trenje između njih naziva kinetičko trenje.“

2.2 Trenje kod održavanja tijela na kosini

Promotrimo sliku 5 koja prikazuje tijelo na kosini koja čini kut θ s horizontalom. Na tijelo djeluje sila \vec{F}_g čije djelovanje možemo rastaviti na dvije komponente: $\vec{F}_{g\perp}$ koja je okomita na plohu kosine i $\vec{F}_{g\parallel}$ koja je paralelna s tom plohom. Zbog djelovanja normalne sile podloge \vec{N}

na tijelo koja je jednaka u iznosu i suprotna u orijentaciji od okomite komponente $\vec{F}_{g\perp}$, tijelo je u ravnoteži u smjeru okomitom na podlogu jer u zbroju ove dvije sile daju nulu. Paralelna komponenta $\vec{F}_{g\parallel}$ nastoji pokrenuti tijelo niz kosinu. No, prvo dolazi do smicanja atomskih slojeva dodirnih površina koje rezultira pojavom sile trenja \vec{F}_s koja omogućava stanje ravnoteže tako da tijelo na kosini miruje ($\vec{F}_{g\parallel} = -\vec{F}_s$). Povećanjem kuta θ i samim time nagiba kosine, dolazi do smanjenja okomite komponente $\vec{F}_{g\perp}$ što zauzvrat povlači smanjenje normalne sile \vec{N} radi očuvanja ravnotežnog stanja okomitog smjera. Dolazi do povećanja iznosa paralelne komponente $\vec{F}_{g\parallel}$ a samim time i iznosa sile statičkog trenja koji raste sve do svoje maksimalne vrijednosti $F_{s\max}$ pri kojem se javlja proklizavanje.



Slika 5. Dijagram sila na tijelo na kosini. Slika je preuzeta iz [1].

Zanima nas koji je maksimalan kut nagiba kosine θ_{\max} pri kojem će tijelo i dalje mirovati i o čemu ovisi. Tijelo će mirovati na kosini sve dok vrijedi:

$$\vec{F}_{g\parallel} = -\vec{F}_{s\max}. \quad (1.5)$$

Sa slike 5 vidljivo je da je iznos paralelne komponente gravitacijske sile jednak $F_{g\parallel} = F_g \sin \theta_{\max}$. Izraz za $\vec{F}_{s\max}$ uvijek je isti pa se pozivamo na jednadžbu (1.3). Potreban je još izraz za iznos normalne sile \vec{N} koji očitamo sa slike i koji iznosi $N = F_g \cos \theta_{\max}$. Uvrštavanjem dobivenih sila u jednadžbu (1.5) dolazimo do izraza:

$$F_g \sin \theta_{\max} = \mu_s F_g \cos \theta_{\max}. \quad (1.6)$$

Primjećujemo da možemo pokratiti F_g što nas upućuje na činjenicu da uvjet ravnoteže ne ovisi težini, to jest masi tijela. Jednostavniji zapis jednadžbe (1.6) glasi:

$$\text{tg } \theta_{\max} = \mu_s, \quad (1.7)$$

što nas dovodi do zaključka da maksimalan kut kosine ovisi samo o koeficijentu trenja koji je različit za svaki materijal. Na ovaj način također možemo odrediti koeficijent statičkog trenja μ_s . [1]

Tablica 1. Koeficijenti statičkog trenja. Različiti materijali i njihovi specifični koeficijenti statičkog trenja. Tablica preuzeta iz [2]

| Koeficijenti statičkog trenja | |
|-------------------------------|-----------|
| Materijali | μ_s |
| Staklo na staklo | 0.9-1.0 |
| Staklo na metal | 0.5-0.7 |
| Grafit na grafit | 0.1 |
| Led na led | 0.05-0.15 |
| Čelik na čelik | 0.58 |
| Bakar na bakar | 1.6 |

2.3 Trenje kotrljanja

Zakotrljamo li tijelo po horizontalnoj podlozi primijetiti ćemo da će ono usporavati i nakon nekog vremena stati, a to u skladu s drugim Newtonovim zakonom ukazuje na djelovanje još neke sile jer dolazi do promjene brzine tijela. Tu silu nazivamo trenje kotrljanja. Pretpostavimo prvo idealizirani slučaj gdje su pravilni valjak i podloga savršeno glatki i građeni od elastičnih materijala. Na slici 6 primjećujemo da zbog težine valjka dolazi do golom oku neprimjetne elastične deformacije podloge - na dodirnom mjestu dolazi do ulegnuća podloge i komprimiranja valjka. Na mikroskopskoj razini atomski slojevi stižu se na dijelu podloge na koji valjak upravo nailazi, a zbog težine valjka i njegova gibanja, stiže se i dio valjka koji nailazi na podlogu. Po trećem Newtonovom zakonu znamo da je nužna sila reakcije atomskih slojeva na valjak koja djeluje tako da usporava valjak. Isto tako, kad valjak, kotrljajući se, napušta dio podloge, atomski slojevi vraćaju se u svoje prvobitno nedeformirano stanje. Uzrok razmicanju atomskih slojeva elastična je sila koja podiže stražnji dio valjka. Sveukupno, djelovanje sila na prednjoj i stražnjoj dodirnoj plohi valjka i podloge međusobno se ponište, jer atomski slojevi prelaze konstantno i na jednak način iz nedeformiranog u deformirano stanje što znači da bi se valjak u ovakvim uvjetima gibao beskonačno. Pogledajmo što se događa bez idealnih uvjeta, u svakodnevnom životu. Kod tijela koja nisu savršeno elastična promjena iz deformiranog se odvija drugačije. Atomski slojevi na dijelu gdje valjak napušta podlogu ne vraćaju se u nedeformirano stanje dovoljno

brzo što rezultira manjom potisnom silom u usporedbi sa silom kojom valjak pritišće atomske slojeve na dijelu koji upravo dolazi na podlogu. Posljedica toga je sila koja usporava kotrljanje - trenje kotrljanja za koje vrijedi izraz:

$$\vec{F}_{tr\ kot} = \mu_{kot} \cdot \vec{N}, \quad (1.8)$$

gdje μ_{kot} označava koeficijent trenja kotrljanja. [1]



Slika 6. Deformirani i nedeformirani dio gume pri kotrljanju. Slika je preuzeta iz [4].

2.4 Fluidno trenje

Gibanje tijela kroz fluid, bilo to plin ili tekućina svakodnevna je pojava kojoj svjedočimo. Ispružimo li ruku kroz prozor dok brzo vozimo automobil osjetimo otpor. Sila otpora kod tekućina primjetna je i za manje brzine.

2.4.1 Gibanje tijela kroz fluid pri malim brzinama

Pri malenim brzinama utvrđena je približno linearna ovisnost sile otpora F_{fl} i brzine v pa vrijedi:

$$F_{fl} = k \cdot v, \quad (1.9)$$

gdje je k konstanta koja ovisi o obliku i veličini tijela i vrsti fluida. Kada se tijelo pokreće iz mirovanja nekom pri djelovanju vanjske sile \vec{F} njegova je akceleracija jednaka $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$, ali kada tijelo stekne neku brzinu javlja se sila otpora tako da sada vrijedi novi izraz za ukupnu

silu $\vec{F}_{UK} = \vec{F}_{fL} + \vec{F}$. S obzirom na to da je \vec{F}_{fL} suprotne orijentacije od vanjske sile \vec{F} dolazi do smanjenja sile a samim time i akceleracije. Primjećujemo da tijelo ubrzava uz sve manju akceleraciju dok ne dođe do granične vrijednosti brzine v_g za koju je ispunjen uvjet da je ukupna sila jednaka nuli iz čega dolazimo do:

$$v_g = \frac{F}{k}. \quad (1.10)$$

2.4.2 Gibanje tijela kroz fluid pri većim brzinama

Kod gibanja u zraku moguće je postizanje velikih brzina, primjeri toga su zrakoplov i ispaljivanje metka. Poznato je da pri velikim brzinama sila otpora ima kvadratnu ovisnost o brzini gibanja tijela:

$$F_{fL} = D \cdot v^2 \quad (1.11)$$

gdje D označava konstantu koja ovisi o obliku i veličini tijela.

3 Stilovi učenja

Kroz život nedvojbeno svatko zasebno spozna način na koji najlakše stječe nova znanja i vještine, odnosno svoj „preferirani stil učenja“. „Svaka osoba ima stil učenja – on je individualan poput otiska prsta“ [5].

Prema [6] 70 % učenika može se nositi s lekcijom prezentiranom na bilo koji način, 10 % neće moći naučiti bez obzira na metodu iz razloga nepovezanih s učenjem a ostatak će moći učiti isključivo vizualno, auditivno ili kinestetički. Stilovi učenja nisu fiksni, osoba ih može mijenjati, a često jedna osoba ima dva preferirana stila učenja [7]. „Stilovi učenja su kognitivne, afektivne i fiziološke crte koje se javljaju kao relativno stabilni indikator onoga kako učenici opažaju i odnose se prema sredini koja služi kao izvor spoznaje“ [8]. Prepoznavanje i implementacija stilova učenja od izuzetne je važnosti za oblikovanje nastavnih procesa radi kvalitetnog prenošenja znanja. Učenici su sposobni prepoznati svoj stil, a ako ih se podučava na način koji im više odgovara postižu bolje rezultate, što znači da bi prepoznavanje i korištenje stilova trebalo biti od izuzetne važnosti nastavnicima [9].

U ovom poglavlju proučit ćemo 3 stila učenja: vizualni, auditivni i kinestetički.

3.1 Vizualni stil učenja

Učenicima koji preferiraju da im se podatci prezentiraju vizualno, bilo u obliku slika, grafova ili umnih mapa odgovara vizualni stil učenja. Istraživanje je pokazalo da učenici s preferiranim vizualnim stilom učenja gledanjem usvoje 75 % informacija te je od ukupnog broja učenika 40 % njih vizualni tip. Skloni su maštanju i može ih se prepoznati po tome što različitim bojama podvlače bitne informacije i održavaju kontakt očima. Od iznimne im je važnosti da su informacije zapisane na ploči jer mogu imati poteškoća s auditivnim procesiranjem podataka [10]. Ovisi o neverbalnim znakovima nastavnika, kao što je govor tijela koji pomaže razumijevanju i znaju sjesti u prednje dijelove učionice. Još jedna od karakteristika je da radije čitaju u sebi nego naglas [11]. Često koriste gestikulacije rukama da bi zornije dočarali pojam i imaju tendenciju pogledati prema gore pri prisjećanju. Dobro im ide vizualizacija problema i iščitavanje grafova [7]. Vizualni tip učenika lako će se prilagoditi većini standarda u učionici, kao što je mirno sjedenje i uredno pisanje. Lakše prate nastavu kada su prisutni vizualni alati poput PowerPoint prezentacija ili eksperimenata koji se demonstriraju uživo. Preferiraju čitanje knjiga koje uključuju slike, tablice i ilustracije koje olakšavaju razumijevanje teksta i olakšavaju im vizualizaciju problema. Uz ovaj stil često je povezana prostorna inteligencija zbog dobre interpretacije karta, grafova i dijagrama. [12]

3.1.1 Pristup vizualnom tipu učenika

S obzirom na to da ovaj tip učenika najbolje uči kroz slike, grafove i simulacije predlaže se korištenje vizualnih materijala i objašnjavanje fizikalnih koncepata vizualno. Uz verbalne upute savjetuje se pisanje na ploču zbog težeg procesiranja informacija koje prime slušajući. Predlaže se naglašavanje bitnih pojmova različitim bojama u svrhe njihova boljeg pamćenja. Bilješke nastavnika na ploči bi trebale biti uredne, organizirane i s naglašenim podnaslovima i ključnim pojmovima. Prostorna organizacija im osigurava brže razumijevanje međuodnosa pojmova. Ovakav tip učenika bilo bi dobro preskočiti pri prozivanju za čitanje naglas određenog odjeljka iz knjige jer im može utjecati na razumijevanje onoga što čitaju. Demonstracije pomažu vizualnom tipu vizualizaciju pojmova da shvate poveznicu između teorije i prakse. Današnji razvoj tehnologije uvelike olakšava vizualni pristup podučavanju. Nastavniku se savjetuje mirno stajanje pri prezentiranju i lagani prijelaz na druge segmente lekcije. Također je od pomoći poticati učenike na opisivanje pojmova izradom grafova ili crteža. Izrada umnih mapa dosta olakšava organizaciju nastavne jedinice. [13]

3.2 Auditivni stil učenja

Auditivni tip učenika najradije uči slušajući i kroz verbalnu komunikaciju. Najbolje uče kroz rasprave, usmena izlaganja i često objašnjavaju koncepte sami sebi naglas da bi si olakšali proces razumijevanja i pamćenja. Imaju poboljšano auditorno pamćenje jer obraćaju pažnju na ton, naglasak i brzinu govora te zbog toga mogu ponavljati ritam govora i naglasak nastavnika. Vole ponavljanje i sažimanje gradiva, a pri prisjećanju imaju običaj nagnuti glavu i pogledati u stranu [7]. Karakterizira ih podijeljena pažnja, ritmičan govor i govorenje/micanje usnama dok čitaju materijale. Obično učestalo vode razgovore u glavi [13]. Manje od 12 % osnovnoškolaca su auditivni tip te tako usvoje otprilike 75 % informacija koje slušaju u periodu od 30 do 40 minuta [14]. Najbolje pamte prisustvom na nastavi uz aktivno slušanje. Smatra se da su učenici auditivnog tipa su najpričljiviji i najteže im pada pisanje. Jensen je u [15] auditivne tipove podijelio na dvije grupe:

1. *Auditivno-eksterni* često ubrzano govore i lako ih je omesti te nerijetko u mislima ponavljaju rečenice i razgovore drugih ljudi. Uživaju u učenju naglas i sudjelovanju u raspravama. Obično dugo pamte tko je što i na kakav način rekao.
2. *Auditivno-interni* s druge strane preferiraju pričati sami sa sobom dok uče postavljajući si pitanja i odgovarajući na njih.

3.2.1 Pristup auditivnom tipu učenika

Učenicima koji preferiraju auditivni stil učenja najviše koristi usmeno izlaganje gradiva uz jasan i strukturiran govor. Zbog podijeljene pažnje ponavljanje i naglašavanje ključnih dijelova gradiva pomaže učenicima da lakše zapamte. Grupne rasprave im omogućuju

verbalno izražavanje svojih misli i slušanje tuđih gledišta. Nastavnici bi trebali poticati debate. Rad u parovima i manjim grupama uz međusobno objašnjavanje koncepata im pomaže utvrditi gradivo. Savjetuje se mijenjanje tonaliteta pri prezentiranju i poticanje učenika da smišljaju mnemotehnike za bolje prisjećanje važnih pojmova. Predlaže se postavljanje pitanja i poticanje na verbalni odgovor jer im verbalizacija tim putem poboljšava pamćenje odgovora. Verbalna interakcija s nastavnicima im igra veliku ulogu u razumijevanju gradiva. Važno im je vizualne materijale pratiti govorom i također održavati tihi učionicu jer im auditivni podražaji odvrćaju pažnju s nastave. [13]

3.3 Kinestetički stil

Kinestetički tip učenika preferira učenje taktilnim putem/izvršavanjem radnje povezane s pojmom, odnosno stjecanjem iskustva. Imaju odlično sjećanje na događaje i osjećaje koji su tad bili prisutni. Uživaju u izletima, nastavi na otvorenom i praktičnom pristupu. Često su nemirni i potrebne su im češće pauze nego ostalim tipovima. Umjesto da sjede i slušaju ili gledaju, oni najviše nauče kada mogu aktivno sudjelovati, bilo kroz manipulaciju objektima, pokrete ili izvođenje zadataka. Učenje kroz praksu, iskustvo i eksperimentiranje pomaže im da vizualiziraju i zapamte koncepte na način koji je često teško postići kroz tradicionalne metode poput slušanja predavanja ili gledanja prezentacija kojim usvoje tek 25 % informacija [9]. Lako ih je prepoznati jer su često tjelesno aktivni i za razliku od vizualnih tipova ne ometa ih nered, čak u neorganiziranom okruženju najbolje uče. Također znaju imati probleme s nečitkim rukopisom. Pri prisjećanju imaju naviku pogledati prema dole. Vole biti u fizičkom dodiru s drugima i stajati tik jedno do drugoga. Preferiraju vidjeti stvari iz prve ruke. [13] Ovaj stil učenja temelji se na motoričkim vještinama i izravnom sudjelovanju u zadacima i posebno je učinkovit u nastavi fizike unutar koje ima pregršt prilika za demonstracije i praktični pristup. Često koriste pokrete i geste kako bi izrazili i organizirali svoje misli što im pomaže u boljem razumijevanju i pamćenju gradiva. Prema [16] po rođenju znanja stječemo prvo putem kinestetičkih osjeta.

3.3.1 Pristup kinestetičkom tipu učenika

Zbog uobičajenog naglaska na vizualno i auditivno podučavanje, prilagodba na kinestetičko može se činiti izazovnom. Zbog usvajanja gradiva kroz aktivnosti, ovakvim učenicima nužno je omogućiti aktivno sudjelovanje u nastavi, naprimjer izvođenjem eksperimenta. Korištenje rekvizita i modela pomaže im u shvaćanju koncepata. Mogu se uvesti predmeti koji se mogu slagati ili dodirivati u svrhu aktivacije taktilnih osjetila da bi povezali koncept s fizičkim iskustvom. Dodatno, za učenike s kinestetičkim stilom učenja, dulja razdoblja neaktivnosti ili pasivnog slušanja mogu biti izazovna, stoga je korisno omogućiti im češće pauze. Zbog potrebe za kretanjem korisno je ponekad ukomponirati nastavu na otvorenom ili planirati

aktivnosti koje zahtijevaju kretanje po učionici. Predlaže se razvijanja edukativnih igara koje omogućuju aktivno sudjelovanje i usvajanju gradiva. Pri objašnjavanju koncepta korisno je pustiti učenika da sam nauči slijed događaja, korak po korak.

4 Prilagodba nastave fizike prema stilovima učenja

Učenje fizike koja se kao znanstvena disciplina bavi složenim teorijama često predstavlja izazov među učenicima. Prepoznavanje i primjenjivanje stilove može uvelike pomoći u prenošenju znanja učenicima. U ovom poglavlju proučit ćemo koje metode podučavanja možemo integrirati u nastavu sedmog razreda osnovne škole koristeći vizualne i auditivne materijale te praktične aktivnosti obrađujući nastavnu jedinicu trenja. Cilj je stvaranje inkluzivnog okruženja čime se povećava uspješnost i motivacija učenika. Idealno bi bilo posvetiti svakom stilu otprilike 10 minuta. U ovom poglavlju analizirat ćemo kako je tema trenja obrađena u udžbeniku za sedmi razred osnovne škole *Fizika 7*, Profil, 2019., (Dropuljić M., Ivković S., Paris T., Petričević I., Tuhtan S., Takač D., Zakanji I.). Udžbenici koji se također koriste u sedmom razredu su: *Fizika oko nas 7* (Paar V., Martinko S., Čulibrk T.) i *Otkrivamo fiziku 7* (Peroš S. P., Milotić B., Aviani I.) od Školske Knjige te *Fizika 7* (Beštak Kadić Z., Brković N., Pećina P.) izdavačke kuće Alfa. Dalje ćemo iznijeti ideje kako uključiti sva tri stila podučavanja/učenja u nastavni proces za temu trenja kako je obrađena u analiziranom udžbeniku.

4.1 Analiza teme trenja u udžbeniku

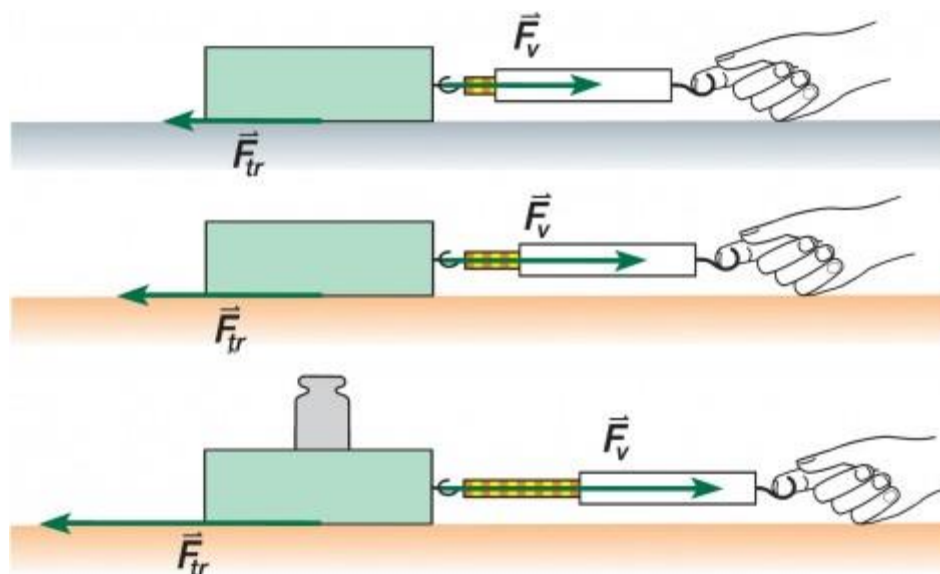
Lekcija počinje kratkom i jasnom definicijom sile trenja. Odmah ispod naslova nalazi se par pitanja iz svakodnevnog života, kao uvod u lekciju i kao poticaj na razmišljanje, koji mogu koristiti auditivnom tipu. Priložene su slike automobilskih guma i đona cipela kao primjer različitih površina tijela što je koristan detalj za vizualne tipove. Riječima su objašnjene sile koje djeluju na tijelo, ali nema prisutnog dijagrama sila što može predstaviti problem pri vizualizaciji. Opisan je pokus za trenje klizanja i kotrljanja s primjerom vuče kvadra s dinamometrom kojeg slijedi dio s pitanjima za razmišljanje. Zatim je opisana ovisnost trenja o pritisknoj sili gdje su bitni pojmovi masno otiskani te je dana tablica s faktorom trenja klizanja različitih materijala. Iduće poglavlje obrađuje pitanje možemo li zamisliti okoliš bez trenja i dodiruje se teme štetnog i korisnog trenja uz slike kočnice na biciklu i zupčanika bicikla. Dano je dosta primjera korisnog i štetnog trenja koje učenici mogu naći u svakodnevnom životu. Za kraj su ostavljena dva primjera riješenih zadataka i dio s pitanjima naslovljen „Provjerimo naučeno“. Na temelju ovoga može se zaključiti da ovakav udžbenik pruža dobar temelj za primjenjivanje različitih stilova učenja. Koristeći slike, primjere iz stvarnog života i praktične pokuse omogućava dosta materijala za raznovrsno podučavanje. No, moglo bi se razmisliti o dodavanju dodatnih dijagrama sila, QR kodova za online simulacije i videozapise i teme za samostalno istraživanje.

4.2 Prilagodba sadržaja udžbenika prema stilovima učenja

Udžbenici su u školama najčešće osnovni izvor znanja, ali učinkovitost podučavanja ipak uvelike spada na nastavnikovu sposobnost da prenese znanje na razumljiv, zanimljiv i kreativan način. Iako obrada trenja isprva izgleda jednostavno, učenici sedmog razreda prvi se put susreću s tim pojmom kao i s nastavnim predmetom Fizika te je poželjno imati ispravan pristup kojim ćemo ostaviti pozitivan prvi dojam i ako imamo sreće, motivirati nekolicinu učenika za karijerom u fizici. Kvalitetno objašnjavanje trenja zahtijeva primjenu različitih metoda kako bi učenici detaljno razumjeli koncept. Korištenje udžbenika uz prilagodbu i proširenje gradiva putem vlastite nastavničke kreativnosti i slobode omogućuje prilagodbu gradiva prema sva tri stila učenja što je ključno za optimalne rezultate. Umjesto da na svakom satu strogo podijelimo vrijeme na samo vizualno, auditivno ili kinestetičko učenje, predlažem kontinuirano prebacivanje s jednog stila na drugi kako bismo osigurali pažnju svakog učenika.

4.2.1 Smjernice za vizualno obrađivanje trenja

Prva stranica lekcije u proučavanom udžbeniku sadrži fotografije automobilskih guma i đona cipela koje predstavljaju vizualni alat jer omogućuju povezivanje teorijskog pojma trenja s konkretnim iskustvima, prvenstveno osjetom vida. Za nadogradnju nastavnik može dodatno proširiti ovaj uvodni dio prezentacijom slika različitih površina te poticati učenike da previđaju na kojoj bi površini trenje bilo veće. Prateći udžbenik, definiciju trenja bi poželjno bilo istaknuti po mogućnosti kredom u boji. Pojmovi koje bi također bilo korisno istaknuti su također *trenje*, *pritisna sila* i *faktor trenja*. Zbog nedostatka dijagrama sila koje djeluju na tijelo kada se vuče po ravnoj podlozi od velike važnosti je da profesor preuzme tu odgovornost na sebe te uredno skicira i označi različitim bojama sile te sa strane uokviri proporcionalno ovisnost sile trenja s pritiskom silom. Primjer korisne skice nalazi se na slici 7. U ovom dijelu predavanja poželjno je potaknuti učenike da skiciraju graf ovisnosti sile trenja o pritiskoj sili. Bitno je paziti da pisanje na ploči prati logički slijed predavanja. Druga je mogućnost prikazati djelovanje sila preko digitalnih alata, poput pametne ploče. Može se iskoristiti primjer iz knjige, kvadar koji klizi po površini. Ako su prikazi jasno definirani učenici će lakše razumjeti da se tijelo neće pomaknuti dok se ne nadvlada sila trenja. Izvođenje eksperimenta svakako je poželjno, no ako to mogućnosti ne dozvoljavaju, poslužiti će i videozapis koji prikazuje tijek pokusa u stvarnom vremenu. Korisno bi bilo korištenje usporenog snimka pri vuči dinamometra kako bi učenici uočili različite iznose sila u različitim fazama pokusa. Također se mogu koristiti simulacije trenja gdje učenici sami mogu mijenjati parametre poput mase tijela, hrapavosti površine ili pritiskne sile te bilježiti kako to utječe na trenje.



Slika 7. Prikaz sila pri vuči valjka dinamometrom. Slika je preuzeta iz [17].

4.2.2 Smjernice za auditivno obrađivanje trenja

Za početak, razred bi se mogao podijeliti u manje grupe te dozvoliti učenicima da unutar par minuta međusobno raspravljaju o pitanjima navedenim u udžbeniku, poput "Zašto se početkom zime mijenjaju gume na kotačima automobila?" ili "Hoda li se po mokrom i skliskom pločniku jednako dobro u svakoj obući?". Auditivni tip učenika ovakav postupak vidjet će kao priliku za uključivanje u diskusiju i verbaliziranje svojih misli te tako kroz dijalog s nastavnikom i razredom početi savladavati koncepte i razumijevati uvodno gradivo. Drugi pristup bio bi da nastavnik umjesto pitanja iz udžbenika potakne učenike da razgovaraju o situacijama kada su primijetili neki otpor pri gibanju te ih zamoli da opišu svojim riječima što misle da se dogodilo. Iako je lekcija u udžbeniku detaljno objašnjena, poželjno je da nastavnik odvoji vrijeme da jasno izgovori definiciju trenja i spomene primjere iz svakodnevnog života izbjegavajući jednoličnost u glasu kako bi se održala pažnja. Može se dati posebna važnost ključnim pojmovima koristeći glasovne varijacije, poput usporavanja kada izgovara riječ „trenje“ ili posebnim naglašavanjem stvarajući tako auditivni podsjetnik za učenike. Zbog snažnije povezanosti sa zvukom nastavnik može demonstrirati zvuk trenja donoseći različite materijale koji proizvode različite zvukove pri trljanju i potaknuti na raspravu kako se zvuk mijenja. Zbog podijeljene pažnje savjet je da se važni pojmovi ponavljaju i da se lekcija na kraju sažme na najbitnije. Za ovaj tip učenja od pomoći će biti po završetku lekcije uspostaviti verbalnu interakciju s učenicima u obliku pitanja i odgovora koji će sadržavati bit lekcije. Pitanje poput „Kako trenje utječe na kretanje automobila?“ ili „Koji su primjeri korisnog trenja koje svakodnevno primjećujete?“ pružaju priliku učenicima da glasno odgovaraju i kroz govornu interakciju utvrde svoje znanje. Potičući verbalnu razmjenu,

nastavnik osigurava da auditivni tip učenika obrađuje i pamti ključne informacije kroz govor. Auditivni tip često ima sposobnost boljeg pamćenja kroz rimu pa nastavnik može zatražiti od učenika da smisle kratku pjesmu ili rimu. Pri izvođenju eksperimenta od velike je pomoći ako se eksperiment verbalno opisuje pri izvođenju.

4.2.3 Smjernice za kinestetičko obrađivanje trenja

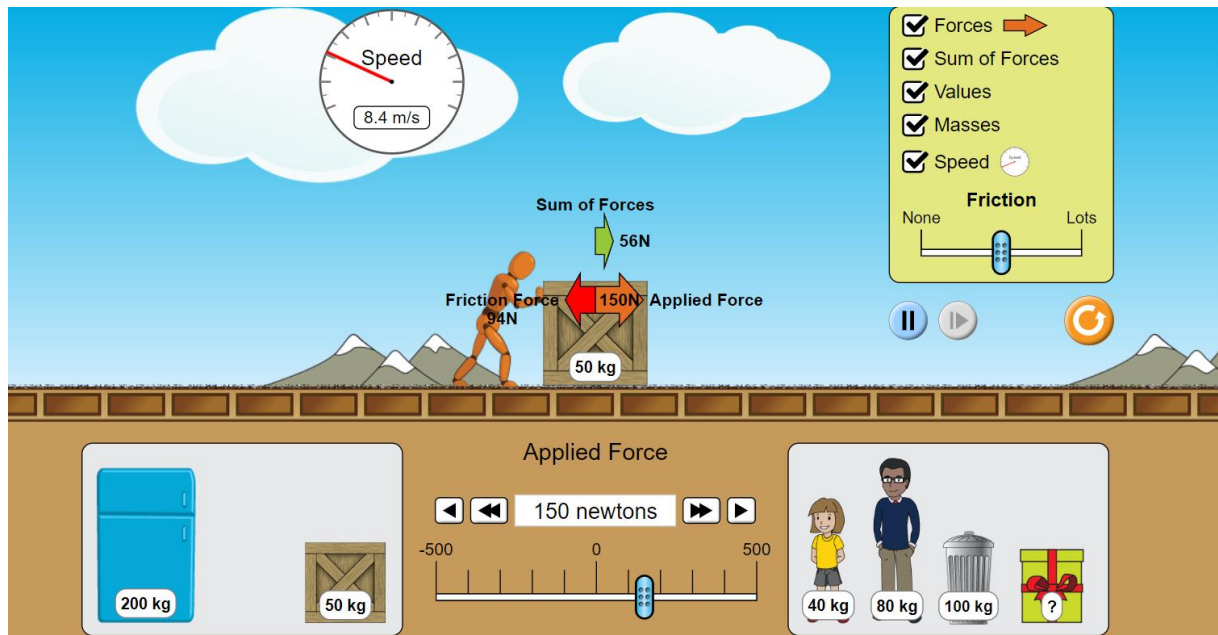
Za osiguravanje kinestetičkog pristupa učenju nužno je omogućiti učenicima što aktivnije sudjelovanje u nastavi. Za ovo mogu poslužiti svakodnevni predmeti poput predmeta iz pernice koje učenici mogu povlačiti po podlozi. Učenicima se pod nadzorom nastavnika može omogućiti samostalno izvođenje pokusa da bi se uvjerali u zadani koncept. Također im se može predložiti da kući sami izrade model koji demonstrira djelovanje sile trenja, jednostavan primjer bi bio autić na gruboj, glatkoj i skliskoj podlozi. Zbog njihove potrebe za pokretom, nastavnik učenicima kinestetičkog tipa može dozvoliti da u učionici pronađu tri takve podloge i probaju prstom prijeći preko njih i primijetiti razliku. Kretanje po učionici potiče učenike da fizički dožive efekte trenja kroz vlastito tijelo. Ovaj način učenja ne samo da kinestetičkim učenicima omogućuje fizičko sudjelovanje, nego i omogućuje dublju svijest o trenju kao konceptu koji doživljavaju u svakodnevnom životu. Jedna od korisnih aktivnosti za ovaj tip podučavanja može biti da se učenike zamoli da zamisle kretanje po ledu u usporedbi s kretanjem po asfaltu te demonstriraju pokretima kako bi to izgledalo i na kraju verbalno opišu i/ili slikovito prikažu svoje zaključke. Igre uloga također mogu biti od koristi: jedna grupa može glumiti bicikliste koji voze po različitim terenima dok druga grupa može glumiti vožnju automobilom koji koristi kočnice jer se mora zaustaviti na skliskoj cesti.

4.2.4 Primjer obrade zadatka preko tri stila učenja

U ovom poglavlju, fokusirat ćemo se na prilagodbu zadatka prema različitim stilovima učenja na primjeru zadatka dječaka koji vuče saonice gdje je zadana težina saonice i faktor trenja, a traži se sila kojom dječak vuče.

Za vizualnu obradu zadatka, učenici bi mogli koristiti PhET simulaciju iz *PhET Interactive Simulations*, platforme koja omogućuje učenicima vizualizaciju složenih fizikalnih koncepata putem interaktivnih modela, gdje mogu birati kolikom silom se predmet gura, iznos sile trenja te koji predmet se koristi – opcije uključuju kutiju, djevojčicu, čovjeka, frižider, kantu ili sve zajedno. Ova simulacija omogućuje vizualni prikaz svi relevantnih fizikalnih parametara, poput brzine i mase kao što je vidljivo na slici 8. Također, postoji opcija prikaza vektorskih dijagrama sila, što omogućuje učenicima da jasno vide smjerove i veličine različitih sila, uključujući trenje. Na ovaj način učenici mogu kroz vizualizaciju i interakciju izravno pratiti kako trenje i druge sile utječu na kretanje objekta, te kako promjena u vanjskoj sili ili masi mijenja krajnji rezultat. Ova i slične simulacije postoje besplatno dostupne te se u nedostatku

eksperimentalne opreme i prostora, mogu koristiti u okviru redovne i dodatne nastave iz fizike.



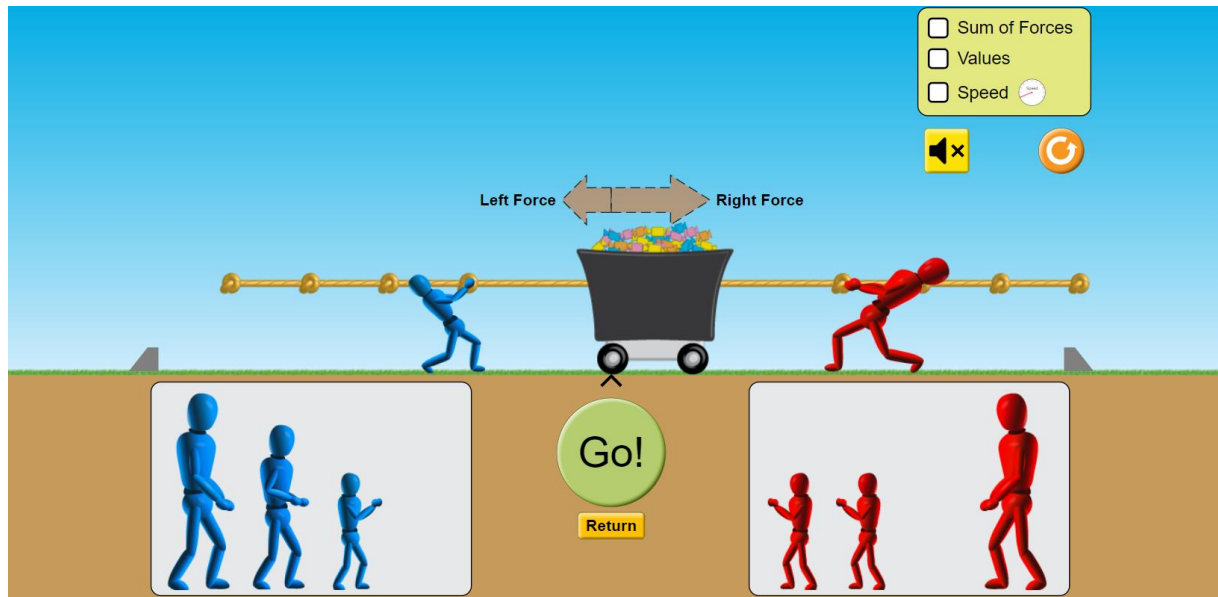
Slika 8. Simulacija sile trenja. Slika je preuzeta iz [18].

Za auditivnu obradu, jedna od mogućih aktivnosti jest aktivnost u kojoj učenici rade u parovima, gdje jedan učenik preuzima ulogu novinara koji postavlja pitanja, a drugi učenik glumi dječaka koji vuče saonice. Primjer pitanja:

1. "Koje sile djeluju na tebe dok vučeš saonice po snijegu? Možeš li ih opisati?"
2. „Možeš li opisati kako trenje utječe na kretanje saonice?"
3. "Što bi se dogodilo da je površina po kojoj vučeš saonice led, a ne snijeg? Kako bi to promijenilo situaciju?"
4. „Što bi se dogodilo da jače povučesh saonice?"

Ovakva aktivnost omogućuje auditivnom tipu učenika da na temelju slušanja i verbalne komunikacije uče o fizikalnim konceptima kroz socijalnu interakciju.

Za kinestetički stil učenja, može se provesti aktivnost u kojoj se učenici koriste rekvizitima kako bi kroz fizičku interakciju shvatili pojam sile trenja. U ovoj demonstraciji, jedan učenik simulira dječaka koji vuče predmet (na primjer, kutiju), dok drugi učenik predstavlja silu trenja, kao na slici 9. Učenik koji vuče predmet drži jedan kraj elastične trake ili užeta, dok učenik koji predstavlja trenje drži drugi kraj i pruža otpor vuči. Učenik koji vuče predmet osjetit će fizički otpor koji simulira silu trenja.



Slika 9. Primjer kako postaviti demonstraciju za kinestetički pristup. Plava osoba predstavlja otpor gibanju - trenje. Slika je preuzeta iz [18].

5 Zaključak

Istraživanja su potvrdila da prilagodba nastavnih procesa različitim stilovima učenja rezultira povećanjem motivacije i boljim rezultatima u učenju [19]. Svaka osoba ima svoj preferirani način razmišljanja i učenja i ako se taj način ignorira postoji mogućnost da daljnje učenje neće biti učinkovito koliko bi moglo biti. Eksperimenti, vizualni materijali i praktične aktivnosti nesumnjivo pomažu u dubljem razumijevanju fizikalnih koncepata, pa tako i ovog ključnog koncepta trenja.

Ovaj rad može poslužiti kao smjernica za buduće nastavne strategije, motivirajući nastavnike na primjene različitih metoda učenja u svrhu podizanja kvalitete nastave fizike u osnovnim i srednjim školama. Kvalitetno podučavanje s dugotrajnim učinkom trebalo bi uključiti različite stilove učenja i poticati rješavanje problema preko različitih pristupa. Tako se potiče fleksibilnost u podučavanju i prilagođavanje nastavnih procesa novim metodama i tehnologijama, koje dalje mogu poboljšati kvalitetu nastave i učiniti je zanimljivijom kako učenicima, tako i nastavnicima. Smatram da bi učionica trebala biti sigurno mjesto gdje učenici mogu istražiti svoje preferencije dok ih nastavnik usmjerava, a da bi takav pristup osigurao i bolju kvalitetu učenja i ugodnije školovanje. Vizualne metode, kao što su dijagrami, animacije i simulacije, pomažu učenicima da jasno razumiju složene pojmove poput trenja. Auditivne metode, uključujući rasprave, omogućuju učenicima da čuju različite perspektive i prodube svoje razumijevanje kroz interakciju. Kinestetičke aktivnosti, kao što su praktični eksperimenti, omogućuju učenicima da iz prve ruke dožive fenomen trenja, čime se dodatno potiče njihova znatiželja i motivacija. Pristup koji pomaže učenicima da se osjećaju uključeno i viđeno, donio bi, smatram, pozitivnu učeničku percepciju prema fizici i znanosti općenito.

6 Literatura

- [1] Dulčić, A. *Mehanika*, 2009. god., prvo interno izdanje za studente PMF-a
- [2] Kittel C., Knight W.D., Ruderman M.A., *Mechanics*, 1973. MCGRAW-HILL BOOK COMPANY
- [3] Ling S. J., Sanny J., Moebis W., *University Physics Volume 1*, 2018.god., Openstax
- [4] Understanding Rolling Resistance! URL: <https://youtu.be/S2lyaMgBQ8?si=gBVKaFXAeHBeF8om>
- [5] Gremli, J., 1996. god., Tuned in to Learning Styles. *Music Educators Journal*, 3(83), 4, 1996. DOI: 10.2307/3398974 (8.9.2024.)
- [6] Bandler, R. and Grinder, J. *Frogs into Princes*, 1979. god., Real People Press
- [7] Pritchard, A. *Ways of learning: Learning theories and learning styles in the classroom*, 2013. god., New York: Routledge
- [8] Keefe, J. W., Monk, J. S. *Learning style profile examiners manual*, 1986. god., Reston, VA: National Association of Secondary School Principals
- [9] Dunn, R., & Dunn, K. *Teaching Students through Their Individual Learning Styles: A Practical Approach*. 1978. god., Reston, VA.: Prentice Hall
- [10] Grgić, A., Kolaković, Z., „Primjena stilova i nastavnih strategija u nastavi hrvatskoga kao inoga jezika“, 2010. god. URL: https://www-jstor.org.ezproxy.nsk.hr/stable/3398974?Search=yes&resultItemClick=true&searchText=learning&searchText=styles&searchUri=%2Faction%2FdoBasicSearch%3FQuery%3Dlearning%2Bstyles&ab_segments=0%2Fbasic_SYC5055%2Fcontrol&refreqid=search%3A382a781a43cf9e03112ff450ad7f393e&seq=1#metadata_info_tab_contents (6.9.2024.)
- [11] Syofyan R., Siwi M.K., The Impact of Visual, Auditory, and Kinesthetic Learning Styles on Economics Education Teaching, *Advances in Economics, Business and Management Research*, volume 57, 8, 2018. god. DOI: [10.2991/piceeba-18.2018.17](https://doi.org/10.2991/piceeba-18.2018.17) (12.9.2024.)
- [12] Dierking, L., 1991. god., Learning Theory and Learning Styles: An Overview. *Journal of Museum Education*, 16(1), 4–6. DOI: <https://doi.org/10.1080/10598650.1991.11510159> (7.9.2024.)
- [13] DePorter, Bobbi, Mark Reardon, & Sarah Singer-Nourie. *Quantum Teaching*, 2003. god., Bandung: PT Mizan Pustaka
- [14] Dunn, R., Griggs, S. A. *Practical Approaches to Using Learning Styles in Higher Education*, 2000. god., Bergin & Garvey, 88 Post Road West, Westport, CT 06881
- [15] Jensen, E. *Super-nastava: nastavne strategije za kvalitetnu školu i uspješno učenje*, 2003. god., Zagreb: Educa
- [16] Sunko E., PEDAGOŠKE VRIJEDNOSTI POZNAVANJA STILOVA UČENJA Ključne kompetencije učitelja i odgajatelja, 2008. god., Šk. vjesn. 57., 3-4, 297-310 URL: <https://hrcak.srce.hr/82634> (11.9.2024.)
- [17] Medioteka, URL: https://www.medioteka.hr/portal/print.php?tb=ss_fzk2&vid=6 (17.9.2024.)
- [18] PhET Simulations, URL: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/forces-and-motion-basics> (16.9.2024.)
- [19] Dunn, R., Dunn, K. and Price, G. E., 1989. god., *The Learning Style Inventory*. Lawrence, KS: Price Systems