

Uvođenje fizike u razrednu nastavu

Šola, Katarina

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:201790>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

Katarina Šola

UVOĐENJE FIZIKE U RAZREDNU
NASTAVU: SILE U PRIRODI

Diplomski rad

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
FIZIKA; SMJER: NASTAVNIČKI

Katarina Šola

Diplomski rad

**Uvođenje fizike u razrednu nastavu: sile u
prirodi**

Voditelj diplomskog rada: Doc. dr. sc. Dalibor Paar

Ocjena diplomskog rada: _____

Povjerenstvo: 1. _____

2. _____

3. _____

Datum polaganja: _____

Zagreb, 2021.

Zahvala

Zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Daliboru Paaru na svim korisnim savjetima, podršci i nesebičnoj pomoći prilikom izrade ovoga rada.

Velika hvala mojim roditeljima i cijeloj obitelji koji su vjerovali u mene i pružali mi podršku kroz sve godine moga studija.

Hvala i svim mojim prijateljima i kolegama koji su bili pozitivna energija za olakšanje svih studentskih briga.

Najveća zahvala dragom Bogu koji mi je dao snagu i priliku da iz dana u dan ulažem u sebe.

Sažetak

Nastava fizike, kao jedno od temeljnih STEM područja, u suvremenom obrazovanju ima sve veći značaj. U ovome radu stavljamo naglasak na rano učenje fizike, osobito koncepte sile. Upoznavanjem djece s konceptima prirodnih znanosti u razrednoj nastavi, dajemo mogućnosti za istraživanje, postavljanje raznih pitanja. Mnoga istraživanja pokazuju da je rano upoznavanje djece sa STEM područjem ključno za njihovo daljnje napredovanje i usmjeravanje ka tim područjima. Nastava fizike u središtu ima fizikalni pokus, koji nam omogućuje zanimljiviji pristup učenicima, te mogućnost njihovog samostalnog istraživanja. Djeca u ranoj dobi su znatiželjna, postavljaju pitanja, stoga trebamo iskoristiti to razdoblje da ih izložimo zanimljivim konceptima sile i potaknemo suradnju i istraživanja. U sklopu ovoga rada pokazujemo kako fiziku možemo uvesti već u razrednoj nastavi kroz koncept sile. Ako se djeca s njima nisu prije susrela, iste pokuse bi bilo dobro izvoditi u okviru odgovarajućih tema u kurikulumu fizike.

Ključne riječi: razredna nastava, fizika, pokusi

Introduction of physics in lower elementary school teaching: forces in nature

Abstract

Physics teaching, as one of the fundamental STEM fields, has an increasing importance in modern education. In this diploma thesis we put emphasis on early learning of physics, especially the concepts of force. By introducing children to the concepts of natural sciences in lower elementary school teaching, we provide opportunities for inquiry and asking questions. Great deal of studies demonstrate that early introducing children to the STEM field is crucial to their further progress and guidance towards these areas. Physics teaching has a physical experiment as its focus, which allows more interesting approach to students, and the possibility for their independent research. Children at an early age are curious and ask questions, therefore, we should use this period to expose them to interesting concepts of force and encourage their collaboration and research. In this diploma thesis we show how physics can be introduced in lower elementary school already, through the concept of force. If children have not encountered them before, the same experiments would be good to perform within the framework of appropriate topics in the physics curriculum.

Keywords: lower elementary school teaching, physics, experiments

Sadržaj

1. UVOD.....	2
2. FIZIKA I KONCEPTI SILA U ŠKOLSKOM KURIKULUMU.....	4
2.1 Fizikalni pojmovi i zakonitosti u nižim razredima osnovne škole.....	4
2.2 Proučavanje sila u osnovnoj školi i gimnaziji.....	7
3. OSNOVNE SILE U PRIRODI.....	8
3.1 Ujedinjenje sila.....	9
4. RAZLIKA KONTAKTNE I BESKONTAKTNE SILE.....	11
5. ISTRAŽIVANJE SILA.....	15
5.1 Pokusi s gravitacijom.....	15
5.2 Fizika i sport.....	20
5.3 Hodanje po ledu.....	22
5.4 Padobranci.....	26
5.5 Trampolin.....	29
6. ELEKTRIČNA SILA.....	33
7. MAGNETSKA SILA.....	42
8. ZAKLJUČAK.....	52
9. LITERATURA.....	54
10. ŽIVOTOPIS.....	56

1. UVOD

Prije početka učenja fizike, djeca imaju razvijeni niz ideja i koncepata za shvaćanje procesa, zakonitosti prirode oko sebe. Kao nastavni predmet, fizika potiče razvoj kognitivnih sposobnosti te znanstvenog mišljenja. Tako učenici u skladu sa svojim psihofizičkim razvojem i dobi, razvijaju sposobnosti objašnjavanja fizičkih pojava temeljenih na znanstvenim principima, koji nadograđuju ili korigiraju njihova početna uvjerenja i mišljenja. Fizika obuhvaća širok skup spoznaja o prirodi i zakonitostima prirode koje opisuje koristeći se mjerljivim fizičkim veličinama i njihovim međuovisnostima. U cilju razumijevanja neke prirodne pojave, koristimo se nizom ideja kojima povezujemo više pojmova u jedinstvenu cjelinu, a to upravo nazivamo konceptom. Svi koncepti u fizici se ponekad neznatno nadopunjuju ili pak se drastično mijenjaju. Učenicima je jako važna svijest o razvoju tih koncepata, kako bi uvidjeli proces svog učenja. (Martinko i Pavić, 2019) Da dolazi i do ogromnih izmjena fizikalnih koncepata, vidljivo je na Newtonovom poimanju sile. Od samih početaka, jedan od najutjecajnijih filozofa u povijesti, Aristotel je smatrao da je mirovanje prirodno stanje svakoga tijela. Također, ako bi se tijelo gibalo stalnom brzinom potrebno je djelovati stalnom silom. Pod pojmom sile podrazumijevalo se guranje ili vuča, zbog nužnosti kontakta. Upravo ovakvo shvaćanje sile kao uzroka gibanja trajalo je par tisuća godina. Naravno, bilo je krivo. Prvi nakon Aristotela koji je došao do velikog obrata u poimanju koncepta sile, bio je *Isaac Newton*. On pokazuje da za gibanje uopće nije potrebna sila, a samu silu veže uz bilo koju promjenu gibanja tijela. Newtonova definicija sile kaže (Dulčić, 2012):

Sila je vanjsko djelovanje na tijelo, kojim se može promijeniti njegovo stanje, bilo mirovanja ili jednolikog gibanja po pravcu.¹

Nasuprot Aristotelu koji je silu smatrao uzrokom gibanja, kod Newtona je sila uzrok *promjene* gibanja. Upravo ovaj obrat objašnjenja sile je rezultirao naglim razvojem moderne

¹ Izvorno lat.: *Vis impressa est actio in corpus exercita, ad mutandum eius statum vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum.*

fizike, odnosno znanosti općenito. Newton je pojam sile primijenio općenito na bilo koji slučaj pri kojem dolazi do promjene gibanja tijela, bez obzira kako smo to postigli.

U svakodnevnom govoru s pojmom sile se jako često susrećemo, stoga je učenicima jako poznata sila nekog stroja, sila vlastitih mišića, itd. Povijesno gledajući, Aristotel je pod pojmom sile smatrao samo kontaktno djelovanje, tj. vuču ili guranje. (Dulčić, 2012)

Isaac Newton je u 17. stoljeću u svojem djelu *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (skraćeno-*Principia*, Matematički principi prirodne filozofije) izložio opći zakon gravitacije koji je pridonio razumijevanju misterija beskontaktno gravitacijske sile. On je općenito silom smatrao svako djelovanje kojim je moguće nekom tijelu promijeniti brzinu. Danas, pojam sile koristimo za opisivanje međudjelovanja tijela. Pri tome, međudjelovanjem možemo mijenjati gibanje tijela (promjenom brzine, odnosno ubrzanjem).

Iako se fizika kao nastavni predmet u školama, počinje poučavati tek u 7. razredu osnovne škole, djeca se od ranog djetinjstva istražujući svijet oko sebe susreću s brojnim fizikalnim pojavama i zakonitostima. Zato je potrebno od rane dobi podići svijest o fizici kao jednoj od najzastupljenijih znanosti u našim životima. Izvođenje pokusa i promatranje prirodnih procesa može biti dio svakodnevnih aktivnosti u vrtićima i nižim razredima osnovne škole. Na taj način se na dulje staze može postići zainteresiranost za učenjem i spoznajom fizike općenito. U samim počecima obrazovanja, potrebno je slušati učeničke ideje, razvijati ih, nadograđivati, te ih poticati na promišljanja ispravnosti. Mnoge miskonceptije koje učenici imaju tijekom nastave fizike, a koje ne uspijevamo ispraviti, svoje porijeklo imaju u ranoj dobi (Kuhn, 1989; Pine i sur. 2001; URL9).

Kada govorimo o nastavi fizike od 7. razreda, glavni ciljevi su razumijevanje fizike, te razvijanje prirodnoznanstvene pismenosti. Kako bismo postigli ispunjenje tih ciljeva, potrebno je održavati istraživački karakter nastave, kombinirati znanja, znanstvena razmišljanja i zaključivanja. Uvijek trebamo inzistirati na istraživački usmjerenoj nastavi, te kroz interaktivnost poticati intelektualni angažman učenika. Počnemo li na zanimljiv i poticajan način djecu upoznavati s fizikom od nižih razreda osnovne škole, to može utjecati na kasniji stav prema učenju fizike, ali i na usmjeravanje prema novim zanimanjima baziranim na STEM područjima koja u 21. stoljeće sve više mijenjaju zanimanja 20. stoljeća.

2. FIZIKA I KONCEPTI SILA U ŠKOLSKOM KURIKULUMU

U osnovnim školama u Hrvatskoj predmet Fizika se počinje poučavati od sedmog razreda, pa sve do četvrtog razreda gimnazije. No osnovna znanja iz fizike se usvajaju i u ranijim razredima kroz predmet Priroda i društvo, koji je priprema za buduće prirodoslovne predmete. Kurikulum tog predmeta je vrlo širok i izlazi iz okvira prirodoslovnih područja što ne omogućava sustavniji ulazak u pojedina područja. No ne treba se ni fokusirati isključivo na satnice pojedinih predmeta jer PISA testovi pokazuju loše rezultate naših učenika i u područjima koja imaju velike satnice. Prije početka poučavanja fizike u 7. razredu, pretpostavlja se da su učenici već razvili sposobnost apstraktnog mišljenja, i stekli su iskustva iz svakodnevnog života o prirodnim pojavama koje ih okružuju. Tijekom razredne nastave važno je da učenici razumiju svrhu zašto su potrebna određena znanja i vještine i primjenjuju ih i izvan okvira predmeta u kojem ih uče. Znanja koja steknu trebaju primjenjivati na novim problemima (problemski orijentirana nastava). Učenici se po prvi puta susreću s prirodoznanstvenim pojmovima u sklopu predmeta Priroda i društvo (bilo bi dobro da se s njima sretnu i još ranije) te je važno na koji način ih oni shvate. (Ministarstvo znanosti i obrazovanja, 2019)

Kod promišljanja o temama i vještinama koje treba približiti djeci u razrednoj nastavi ne treba razmišljati samo u okviru aktualnih kurikuluma. Dobro osmišljeni interdisciplinarni sadržaji mogu se obrađivati u okviru niza predmeta. Dobar primjer su obilježavanja dana vezanih uz globalno važne teme kao što su na primjer Dan planeta Zemlje, Svjetski dan voda, Dan zaštite prirode, Svjetski dan zdravlja i niz drugih. U nekim našim školama fizika (i druga STEM područja kao npr. informatika) se već uče u okviru izvannastavnih aktivnosti od prvog razreda. Cilj ovog rada je naglasiti pojedine teme koje se ne čekajući promjene kurikuluma mogu uključiti u te aktivnosti te istaknuti da bi one trebale biti dostupne svim učenicima.

2.1 *Fizikalni pojmovi i zakonitosti u nižim razredima osnovne škole*

Za početak pogledajmo s kojim se fizikalnim pojmovima i zakonitostima učenik susreće u nižim razredima osnovne škole. Tijekom razredne nastave Prirode i društva učenik upoznaje i fizikalne zakonitosti. (Ministarstvo znanosti i obrazovanja, 2019) Pregledom

kurikuluma ćemo dobiti bolji uvid u sam tijek poučavanja, a naglasak ćemo naravno staviti na teme koje su nama od većeg interesa s obzirom na cilj ovog rada - uvođenje koncepta sile. Cilj predmeta je da učenik uz usmjeravanje opisuje i predstavlja rezultate promatranja prirode, prirodnih ili društvenih pojava u neposrednome okruženju, te da se koristi različitim izvorima informacija i kombiniranjem znanja.

U 1. razredu osnovne škole učenik se upoznaje sa svijetom koji ga okružuje, opisuje obilježja bića i svojstva tvari, bilježi vremenske pojave, opisuje i prikazuje vremenski slijed događaja u odnosu na doba dana, dane u tjednu, godišnja doba. Opisuje i prikazuje promjene u prirodi oko sebe, brine se o njoj, postavlja pitanja povezana s opažanjima. Fizikalni pojmovi koji se uvode u 1. razredu su položaj i vrijeme, a obrađuju se u sklopu tema: Snalazimo se u prostoru, Dan i doba dana, Dani u tjednu. Također se već u 1. razredu uočava promjene u okolišu s obzirom na godišnja doba.

U 2. razred učenik opisuje ulogu glavnih dijelova ljudskog tijela, objašnjava važnost odgovornoga odnosa čovjeka prema sebi i prirodi, uočava promjene u prirodi s obzirom na godišnja doba (jesenska promjena-opadanje lišća). Objašnjava organiziranost vremena, snalazi se u prostoru, prepoznaje različite izvore i oblike, prijenosa i pretvorbe energije. Na temelju vlastitih iskustava opisuje važnost energije u svakodnevnome životu, navodi uređaje ili predmete kojima se koristi, opaža što ih pokreće. Obradom teme Ura(sat) uvodi se još jedan jako bitan fizikalni pojam, a to je mjerna jedinica za vrijeme (sat, minuta, sekunda). Također se obrađuju i teme: Kućanski uređaji, Zaštita od požara, Zaštita i očuvanje okoliša, koje su dosta bliske fizici i kroz koje se učenik upoznaje s osnovnim pojmovima električne energije i raznim štetnim utjecajima na okoliš.

Tijekom 3. razred učenik opisuje djelovanje onečišćenja na zdravlje čovjeka, te utjecaj tehnologije na zdravlje i okoliš. Snalazi se u prostoru pomoću kompasa, Sunca. Obraduju se teme: Strane svijeta, Stajalište i obzor, Snalaženje u prostoru i na zemljovidu, u sklopu kojih se uvode pojmovi: udaljenost, položaj i kompas (magnetizam). Obradom teme Pokus, dolazimo do istoimenog najbitnijeg pojma koji nam je vezan za fiziku. Pokusi koje učenik proučava su na temelju promjena stanja vode, te se tako uvode i agregatna stanja tvari. Uz to mjeri i očitava temperaturu i uočava opasnosti od hodanja po zaleđenoj površini. Također, proučava se tema Jadransko more u sklopu koje je moguće uvesti i razne fizikalne pojmove

kao što su sila uzgona, hidrostatski tlak, itd. Vidimo da se upravo u 3. razredu učenik susreće s najviše fizikalnih pojmova.

U 4. razredu učenik proučava čovjekovu ulogu u zajednici, ljudski organizam, uvjete života. Također opisuje prijenos, pretvorbu i povezanost energije u životnim ciklusima i ciklusima tvari u prirodi. Objašnjava pozitivan i negativan utjecaj zvuka, raspravlja o digitalnim sadržajima, prepoznaje važnosti izuma tijekom povijesti. Također, obrađuje se jako bitna fizička tema Sunce-uvjeti života, gdje je moguće i spomenuti procese na Suncu koji nam omogućuju život.

Tijekom daljnjeg školovanja, u 5. i 6. razredu osnovne škole, učenici kroz predmet Priroda i Geografija nadovezuju se na znanja, vještine i stavove stečene u nastavnome predmetu Priroda i društvo. Kroz ove predmete dolazimo do postupnog prijelaza do samostalnih prirodoslovnih predmeta kao Fizika, Biologija i Kemija. (Ministarstvo znanosti i obrazovanja, 2019)

U 5. razredu učenik kroz predmet Geografije upoznaje se sa Zemljom kao planetom, te se koristi njezinim modelom-globusom. Također, proučava građu Zemlje te tradicionalne i suvremene načine orijentacije. Izvore i vrste energije, te razliku obnovljivih i neobnovljivih izvora, učenik proučava kroz predmet Priroda. Upoznaje koncept tvari i čestične građe prirode, istražuje svojstva tla, vode i zraka, kao što su gustoća, tlak, temperatura, agregatna stanja, itd.. Upoznaje se sa jednostavnim mjernim instrumentima i laboratorijskim posuđem, provodi jednostavna istraživanja i objašnjava važnost pokusa u razumijevanju prirodnih pojava.

U 6. razredu kroz predmet Geografija učenik opisuje atmosferu i vrijeme, razne klimatske elemente kao temperaturu i tlak zraka. Razlikuje obnovljive od neobnovljivih izvora energije. Kroz predmet Priroda razmatra povezanost energije s procesima u prirodi i spoznaju da energija ne može nastati ni nestati, nego samo prelazi iz jednoga oblika u drugi. Na temelju istraživanja uočava čovjekov utjecaj na prirodu. Proučava prirodne cikluse i kruženja tvari u prirodi.

2.2 Proučavanje sila u osnovnoj školi i gimnaziji

Pregledom kurikuluma nastave fizike vidimo da se temeljni koncepti sila počinju poučavati već u 7. razredu osnovne škole. Sadržaji koji se obrađuju, a vezani su za sile jesu: općenito međudjelovanja tijela, elastična sila, gravitacijska sila, sila teža, uzgon, trenje i pritisna sila. (Ministarstvo znanosti i obrazovanja, 2019)

Cilj je da učenici razumiju pojedine sile, njihov utjecaj i ovisnost, te da steknu osjećaj za iznose sila koje svakodnevno koriste i da ih uspoređuju. Daljnjim školovanjem će se svaka pojedina sila obrađivati detaljnije.

U 8. razredu se proučavaju električni naboji i električna sila. Opisuje se međudjelovanje električnih naboja, razdavanje naboja, elektriziranje tijela. Dalje se proučava magnetizam, magneti, Zemlja kao veliki magnet, utjecaj magnetske sile, opisuje se načelo rada kompasa.

Daljnjim učenjem fizike u gimnazijama dolazi do nadogradnje već postojećeg osnovnog znanja, proširivanja i produbljivanja svih koncepata, pa tako i samog koncepta sile, koji je nama od interesa u ovome radu. Pregledom kurikuluma uočavamo tijekom razvoja koncepta sile.

U 1. razredu preko Newtonovih zakona opisuje se međudjelovanja tijela i vrste sila. Određuje iznos sile teže, te iznosi elastične sile, reakcije podloge, sile trenja i napetost niti. Matematički i grafički se produbljuju razumijevanja i prikaz pojedinih sila. Također se razmatraju gibanja pod utjecajem gravitacijske sile.

U 2. razredu obrađuju se fluidi pri čemu se proučava utjecaj i odnos pritisne sile i sile uzgona. Dalje se objašnjava elektriziranje tijela, električna sila, uspoređuju neutralna i električki nabijena tijela.

U 3. razredu obradom magnetizma, opisuju se svojstva i vrste magnetna, magnetsko polje, te međudjelovanje magnetna. Nadalje se analizira harmonijsko titranje, pri čemu učenik prepoznaje povratnu elastičnu silu u različitim primjerima titranja.

U 4. razredu opisivanjem građe atomske jezgre, opisuju se jaka nuklearna sila, nuklearne reakcije, fisija i fuzija. Analizom i primjenom zakona radioaktivnih raspada, opisuje se slaba sila, ali i objašnjava utjecaj radioaktivnosti na žive organizme. Na koncu svog srednjoškolskog obrazovanja učenik opisuje četiri fundamentalne sile i objašnjava nastanak i razvoj Svemira.

3. OSNOVNE SILE U PRIRODI

Dok sjedimo na stolici, stavljamo magnet na hladnjak, sunčamo se, promatramo plimu i oseku na moru, itd., vjerojatno nismo svjesni koliko fizike se krije iza tih potpuno uobičajenih radnji. Dakle, dolazi do raznih međudjelovanja koja su opisana silom. Postavlja se pitanje koliko vrsta sila postoji u prirodi? (URL2) Današnji razvoj fizike govori o 4 temeljne sile:

- 1) Gravitacijska sila
- 2) Elektromagnetska sila
- 3) Jaka nuklearna sila
- 4) Slaba nuklearna sila.

Gravitacijska sila je privlačna sila između dvaju tijela, koja se javlja zbog masa tih tijela. Uočavamo je kada jedno od tih tijela ima jako veliku masu, npr. gravitacijski se privlače Sunce i Zemlja, a Newton je prepoznao da upravo zbog te privlačnosti Zemlja ima gotovo kružnu orbitu oko Sunca. Sila teža koja djeluje na nas na površini Zemlje je zapravo gravitacijska sila kojom se privlačimo mi i Zemlja.

Elektromagnetska sila je sila koja se javlja između električki nabijenih čestica, a može biti privlačna ili odbojna električna, odnosno magnetska sila. Promatrajući atom, privlačenje pozitivno nabijene atomske jezgre i negativno nabijenih elektrona oko nje, odvija se preko elektromagnetske sile. Pri tome je gravitacijska sila između jezgre atoma i elektrona zanemariva naspram elektromagnetske sile.

Jaka nuklearna sila je najjača sila u prirodi, no domet joj je jako malen i ne seže dalje od dimenzija atomskih jezgara. Upravo ova sila je odgovorna za stabilnost atomskih jezgara, jer kao privlačna sila nadvladava odbojnu električnu silu među protonima i neutronima. Također, odgovorna je i za strukturu protona i neutrona koji se sastoje od kvarkova.

Slaba nuklearna sila je odgovorna za uobičajeni oblik radioaktivnosti beta raspada, pri kojem dolazi do raspada jednog neutrona na proton i elektron, te ispuštanja antineutrina. Pretvorba neutrona u proton i obratno, nije moguća preko elektromagnetske ili jake

nuklearne sile, stoga je uvedena neovisna slaba sila, koja je nekoliko redova veličina slabija od jake sile. (Young i Freedman, 2012)

Svaka sila je karakteristična samoj sebi, te je određena jakosti i dosegom djelovanja, što je prikazano u sljedećoj tablici. (Paar, 2020)

SILA	RELATIVNA JAKOST	DOSEG
JAKA NUKLEARNA	1	10^{-15} m
ELEKTROMAGNETSKA	10^{-2}	∞ m
SLABA NUKLEARNA	10^{-6}	10^{-18} m
GRAVITACIJSKA	10^{-39}	∞ m

Tablica 1 Prikaz osnovnih sila sa pripadnim jakostima i dosezima

3.1 Ujedinjenje sila

Newton je u već spomenutom djelu izložio aksiome gibanja, tj. tri zakona gibanja kojima je moguće objasniti sva gibanja i njihove uzroke. Također, ustvrdio je da se sva tijela privlače međusobno gravitacijskom silom, bez obzira na njihov oblik, veličinu ili sastav. U skladu s tim dolazi do ujedinjenja Svemirske i Zemljine gravitacije, pod objedinjenu gravitacijsku silu. (Dulčić, 2012)

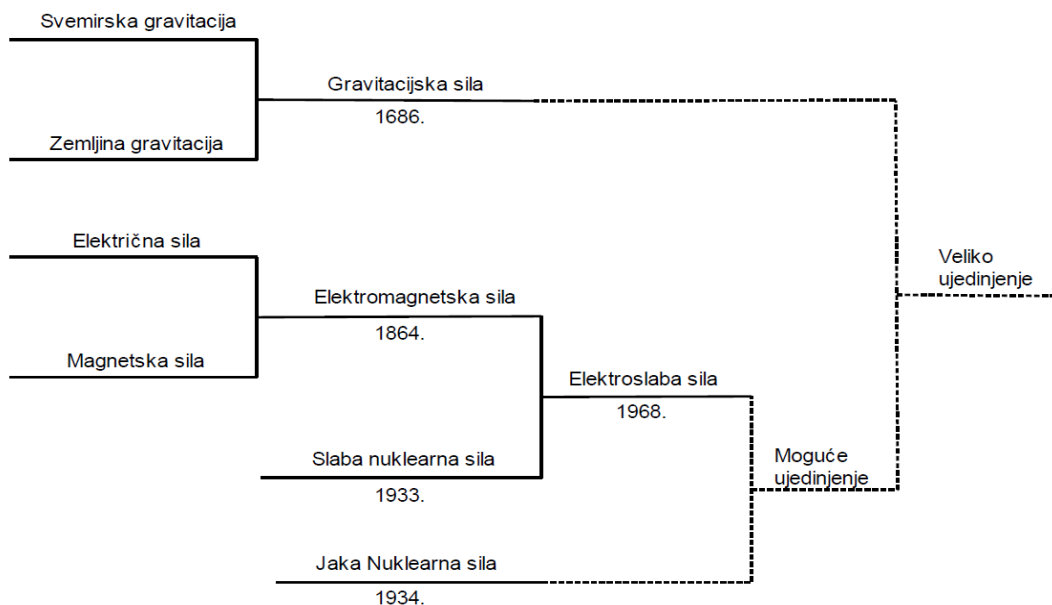
Škotski fizičar James Clerk Maxwell u 19. stoljeću je definirao elektromagnetsko polje, odnosno teoriju elektromagnetizma, te je tako ujedinio električnu i magnetsku silu.

Početak 20. stoljeća razvojem kvantne mehanike, otkrivene su jaka i slaba nuklearna sila. Fizičari Sheldon Lee Glashow, Steven Weinberg i Abdus Salam 1979. godine dobili su Nobelovu nagradu za fiziku (URL1) jer su ujedinili elektromagnetsku silu sa slabom nuklearnom silom, te tako stvorili koncept elektro-slabe sile.

Njihova teorija prošla je sve eksperimentalne testove, pa se postavlja pitanje je li moguće daljnje ujedinjenje sila, kako bi se došlo do samo jedne velike sile svemira? Fizičari koji rade na pronalaženju takozvane velike objedinjene teorije imaju za cilj ujediniti elektro-slabu silu s jakom nuklearnom silom kako bi definirali elektro-nuklearnu silu, što su modeli predvidjeli, ali istraživači još nisu primijetili. Zatim bi završni dio zahtijevao ujedinjenje

gravitacije s elektro-nuklearnom silom, da bi se razvila tzv. 'teorija svega', odnosno model za objašnjenje cijelog svemira.

Promatrajući na velikim ljestvicama, a osobito astronomskim, gravitacija dominira i najbolje je opisana Einsteinovom teorijom opće relativnosti. Ali, na atomskoj ili molekularnoj ljestvici, kvantna mehanika nam daje najbolji opis prirodnog svijeta. Spajanje tih dvaju svjetova je izazov fizike 21. stoljeća.



Slika 1 Ujedinjenje sila (Paar, 2020)

Tema ovog rada je obrazovni izazov na koji način ovu vrlo kompleksnu priču približiti učenicima već u razrednoj nastavi kako bi te početne koncepte dalje mogli nadograđivati kroz kurikulum fizike od 7. razreda do kraja srednje škole. U sljedećim poglavljima ćemo pokazati neke od metoda koje mogu pomoći učeničkom shvaćanju i razumijevanju koncepta sile i pojedinih sila u prirodi. U središtu svake nastave fizike mora biti pokus. Pokusi u fizici imaju temeljnu ulogu u motivaciji učenika (Trna i Novak, 2014). Pokuse je na svim razinama moguće izvoditi frontalno, grupno i samostalno (cilj je istraživački orijentirana nastava).

4. RAZLIKA KONTAKTNE I BESKONTAKTNE SILE

Većina djece, poput Aristotela, smatraju da mora postojati kontakt između tijela kako bi došlo do djelovanja neke sile. Za sam početak upoznavanja sa silama, pokazujemo neke primjere djelovanja sile kada su tijela u kontaktu, te kad kontakta nema. Obraćamo pažnju da svako međudjelovanje opažamo kroz promjene stanja tijela, odnosno promjene u njegovom gibanju. Uvođenje razlike kontaktne i beskontaktne sile možemo započeti u 2. razredu.

Uvodna pitanja: Kako je moguće pomaknuti neki predmet? Kako mi to uspijevamo?

Pokus: 'Autić i mi'

Pribor: Obični metalni autić

Izvođenje pokusa: Autić se nalazi na stolu, a da bismo ga pomaknuli, gurnemo ga rukom, odnosno povučemo, a da bismo ga zaustavili, pružimo ruku ispred njega i time ga zaustavimo.



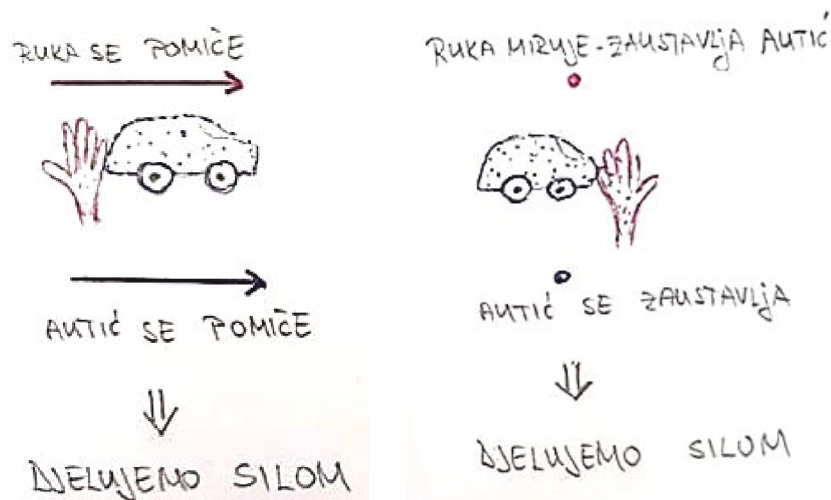
Slika 2 Guramo autić

Vidimo da svaki put kad želimo autić pomaknuti ili zaustaviti, moramo ga dodirnuti. Djeca mogu pokus izvoditi u parovima i na različite načine djelovanjem ruke utjecati na gibanje autića.

Istraživačka pitanja: Zanima nas zašto se autić pomakne/zaustavi? Na koji način možemo više pomaknuti ili brže zaustaviti autić? Tko djeluje na autić? Jesmo li u kontaktu (dodiru) s autićem?

-Nizom pitanja cilj nam je da učenici uoče kako djelovanje rukom opažamo kroz promjene na tijelu, u ovom slučaju to su promjene gibanja autića. Također, bitno je uočiti da smo mi djelovali na autić, tj. autić i mi smo u kontaktu. Ovdje uvodimo pojam *sile* kao opisa našeg djelovanja rukom na autić.

Skicirajmo kako bi bilo jasnije.



Slika 3 Skica djelovanja sile

Djelovanjem ruke na autić, odnosno djelovanjem sile, dolazi do promjene gibanja autića.

Za učenike su kontaktne sile vrlo intuitivne jer su slične pokuse izvodili puno puta s različitim tijelima u vrtiću te tu ne bih trebalo biti poteškoća da navedu još neke primjere djelovanja kontaktnih sila. Pri tome je učenicima iz pokusa jasno što je izvor sile (ruka), kako se ona prenosi na tijelo (dodirom) i što ona uzrokuje (promjenu gibanja).

Uvodna pitanja: Možemo li pomaknuti autić ako ga ne dotaknemo?

Pokus: 'Autić i super-junak'

Pribor: Metalni autić iz prethodnog primjera i super-junak koji u ruci ima magnet.



Slika 4 Metalni autić i super-junak

Izvođenje pokusa: Autić se nalazi na stolu, ali u ovom slučaju imamo super -junaka koji će pokušati pomaknuti autić, kao mi u prethodnom primjeru.

Prije izvođenja pokusa i upoznavanja s činjenicom da ćemo raditi s magnetima, pričamo s učenicima o super-junacima. Da li su njihove moći prave? Mogu li oni pomicati predmete na daljinu? Tražimo da se svaki učenik o tome izjasni kako bi onda krenuli s istraživanjem da njihove pretpostavke potvrdimo ili opovrgnemo.

Polako približavamo super- junaka autiću, te promatramo što se događa. Bilježimo opažanja.



Slika 5 Autiću približavamo super-junaka

Istraživačka pitanja: Zašto se autić pomaknuo prema super-junaku? Je li došlo do djelovanja sile na autić, kako to opažamo? Tko u ovom slučaju djeluje na autić? Je li došlo do kontakta između junaka i autića?

-Pitanjima želimo potaknuti učenike da zaključe kako smo opet uočili djelovanje sile, jer se autić pomaknuo, ali sada nismo imali kontakta između autića i super-junaka. Dakle, postoje i beskontaktno sile.

Kada je riječ o beskontaktnim silama, učenicima nailaze na probleme, jer smatraju da nam je kontakt nužan za bilo koje djelovanje sile.

Djeca dobiju dva magneta i s njima izvode pokuse. Istražuju što se događa kada se pokušaju približiti istoimeni polovi. Odbojnu silu mogu jasno osjetiti. Na taj način ih kroz pokus upoznajemo s činjenicom da u prirodi postoje sile koje djeluju na daljinu bez kontakta. Magnetska sila je jedna od njih.

Na samom početku želimo djeci pokazati da postoje kontaktne i beskontaktno sile, te da njihovo djelovanje opažamo u promjenama gibanja tijela, položaja i oblika. Svaka sila je karakteristična samoj sebi, a u nastavku ćemo diskutirati pojedine sile, te ih imenovati.

Beskontaktno sile moraju kod djece izazvati čuđenje i nevjericu kao što su izazivale brojnim istraživačima u povijesti fizike, a izazivaju na žalost i mnogima koji su završili obrazovanje i nisu ih dobro razumjeli. Zadatak nastavnika je da pobudi tu znatiželju, da potakne djecu da postavljaju pitanja i iznose pretpostavke kako te sile djeluju na daljinu. Na PMF-u se uočava da znatan dio studenata nakon završene srednje škole ne zna objasniti principe na koji način pojedine sile djeluju na daljinu. I u svijetu se susreću s istim problemom te se posebno ističe problematika beskontaktnih sila (URL10). Da bi se to promijenilo potrebno je djeci o tome pričati i demonstrirati kroz brojne pokuse u razrednoj nastavi, a vremenom nadograđivati s teorijskim znanjima primjerenim dobi učenika.

5. ISTRAŽIVANJE SILA

5.1 Pokusi s gravitacijom

Tema Jesen u zavičaju (promjene u okolišu), u 2. razredu osnovne škole, proučava se u sklopu nastavnog predmeta Priroda i društvo. Jedna od glavnih jesenskih promjena je opadanje plodova sa stabala, opadanje lišća. Uz promišljanja zašto plodovi padaju baš na tlo, u ovom dijelu možemo uvesti gravitacijsku silu (silu težu). S ovom silom mnogi učenici imaju problema, jer je nisu svjesni. Ranim uvođenjem gravitacijske sile, kod učenika možemo potaknuti sve veću znatiželju i radoznalost, te ih osvijestiti da postoji sila koja stalno djeluje na nas i na procese na Zemlji (klima, kretanje voda, potresi itd.).

Kao uvod u ovu temu svakako trebamo spomenuti priču o velikom fizičaru. (URL5) Jedan od najznačajnijih znanstvenika u povijesti *Isaac Newton*, jednom prilikom je sjedio u hladu jabukova stabla. Tada je iznenada, na Newtonovu zamišljenu glavu pala jabuka sa stabla. Pitao se zašto jabuka uvijek padne ravno na tlo? Rezultat ovog promišljanja je izuzetan, uvođenjem koncepta gravitacijske sile Newton je objasnio gibanje planeta oko Sunca. (Hatch, 2002)

Jesmo li se i mi kao Newton nekada zapitali o tome? Ako nam olovka padne sa stola, zašto pada na tlo? Za trenutak možemo s djecom zamisliti drugačiju situaciju. Što bi bilo kada jabuka ne bi padala na tlo već letjela u svim smjerovima, na stranu, prema svemiru. I drugi predmeti isto. Kakav bi to kaos bio!

Uvodna pitanja: Zašto za vrijeme jeseni plodovi i lišće padaju prema tlu? Zašto ne idu prema nebu, ili ne ostaju na mjestu?

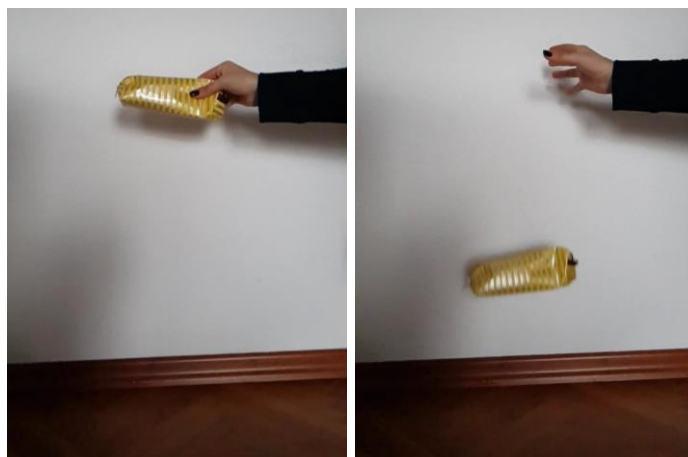
Pokus: 'Padajući predmeti'

Pribor: Bilo koji predmeti, npr. olovka, knjiga, jabuka,...

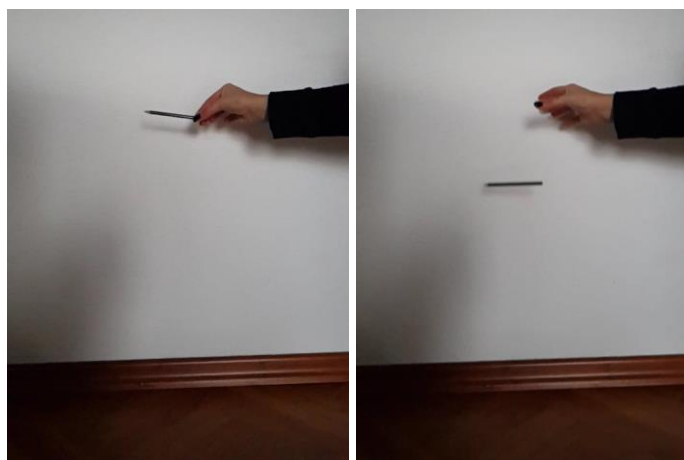


Slika 6 Razni predmeti: pernica, olovka, knjiga

Izvođenje pokusa: Uzmemo bilo koji predmet, podignemo ga i ispustimo. Učenicima dopustimo da oni ponove s nekim drugim predmetom. Bilježimo opažanja.



Slika 7 Pernicu podignemo i ispustimo s neke visine



Slika 8 Olovku podignemo i ispustimo s neke visine

Istraživačka pitanja 1: Padaju li svi predmeti na pod? Zašto? Zašto se ne zadrže na mjestu ili 'odu' negdje drugo? Kada mi skočimo, padamo li opet na tlo? Je li tlo ima neki utjecaj i na nas i na predmete oko nas?

-Djeca će vjerojatno imati mnogo pitanja, stoga diskutiramo, slušamo njihove ideje i razmišljanja. Zaključujemo da tlo odnosno Zemlja, ima jako veliki utjecaj na nas i sve oko nas. Djeci to predstavljamo kao da nas pokušava zadržati na svojoj površini. Ako se udaljimo malo od površine, ono nas vuče nazad. (Poljak,2020)

Dajemo odgovor da se radi o nekoj privlačnoj sili koja djeluje između bilo kojeg tijela i Zemlje. Upravo ta sila se naziva *gravitacijska sila*. Ona sva tijela vuče prema središtu Zemlje (mi to vidimo kao da privlači prema površini Zemlje – zašto?), ali mi tu silu ne vidimo.

Istraživačka pitanja 2: Dok mi hodamo, sjedimo, skačemo, djeluje li gravitacijska sila na nas? Osjećamo li mi da nas nešto stalno privlači? Što mislite, je li onda ta sila vrlo jaka?

-Za razinu razredne nastave dovoljno je samo da djeca shvate da na nas uvijek djeluje gravitacijska sila, koja nas drži i vraća na površinu Zemlje, odnosno tlo. Također, ako razmislimo koliko je teško podignuti loptu s tla ili skočiti, obje radnje se protive gravitaciji cijele Zemlje, dakle zaključujemo da mi možemo biti jači od gravitacijske sile na loptu.

Što bi se dogodilo kada ne bi bilo gravitacijske sile Zemlje?

-Mi bi lebdjeli kao i svi predmeti oko nas. Bilo bi dobro djeci pokazati neki video iz svemira! Treba biti oprezan kod izbora videa jer npr. na astronaute u Međunarodnoj svemirskoj stanici (a tih videa ima najviše na internetu) djeluje gravitacijska sila, malo slabija nego na površini Zemlje, a oni svejedno lebde. (Young i Freedman, 2012) Tu se radi o prividnom bestežinskom stanju koje predstavlja drugi izazov kako ga objasniti učenicima.

Obradom gravitacijske sile u 7. razredu osnovne škole, znanje možemo nadograđivati pitanjima: Zašto mi stojimo na tlu, zašto ne lebdimo kao u svemiru gdje smo dovoljno daleko od planeta? Zašto Zemlja kruži oko Sunca?

Na sva ova pitanja, jedna sila je odgovor.

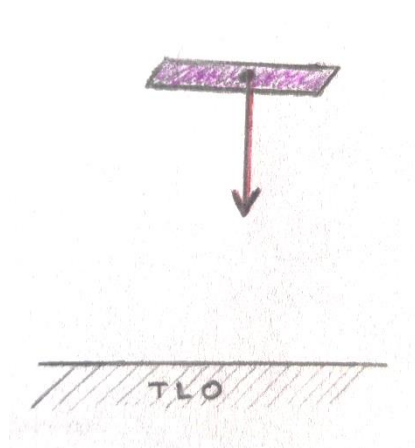
Gravitacijska sila je privlačna sila kojom dva tijela djeluju jedno na drugo. Ona se javlja zbog masa tih dvaju tijela. Uočavamo ju kada neko od tijela ima jako veliku masu.

Ali, što je masa? Kada doma stanemo na vagu, što nam ona pokazuje?

Vaga nam pokazuje koliko kilograma imamo, odnosno kolika je naša masa. Kada pravimo kolače, također koristimo vagu kako bismo odredili masu određenih namjernica.

Svako tijelo ima masu! Uvođenjem pojedinih fizikalnih varijabli djeci treba pojasniti zašto im dajemo kvantitativne vrijednosti. Masa je dobra veličina za ta objašnjenja jer većina ima vagu kod kuće i puno puta su mjerili svoju masu.

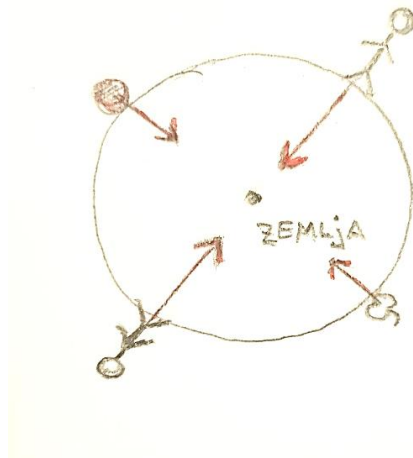
Ako promatramo jabuku koja pada sa stabla i Zemlju, znamo da Zemlja ima puno veću masu. ($m_{\text{zemlje}} \approx 5,9 \cdot 10^{24}$ kg ; $m_{\text{jabuke}} \approx 160$ g). Jabuka stoga zbog privlačenja sa Zemljom pada na tlo.



Slika 9 Skica djelovanja gravitacijske sile na knjigu koju smo ispustili

Znamo da kada skočimo, vraćamo se prema tlu upravo zbog gravitacijske sile Zemlje. No, ako se mi sad nalazimo u blizini južnog pola ili ekvatora i skočimo, padamo li opet prema tlu? Što onda možemo zaključiti, kamo je usmjerena gravitacijska sila Zemlje?

S djecom diskutiramo o ovim pitanjima, te skiciramo.



Slika 10 Skica djelovanja gravitacijske sile Zemlje

Zapitajmo se: 'Kako djeluje gravitacijska sila na daljinu?'. Možemo otvoriti i dodatna zanimljiva pitanja, na primjer ako nas ta sila privlači prema središtu Zemlje, zašto onda ne propadnemo kroz površinu i krenemo na putovanje kao što ga je opisao Jules Verne. Možemo ukratko ispričati kako je putovao njegov junak romana Put u središte Zemlje, šašavi profesor Otto Lidenbrock. (URL7) Koliko je moguće putovati ispod površine Zemlje? Znaju li da se Jules Verne za roman Mathias Sandrof i njegovo putovanje ispod Zemlje, inspirirao jednom hrvatskom špiljom – Pazinskim ponorom u Istri. (URL8)

5.2 *Fizika i sport*

Kroz priču i primjere iz svakodnevnog života s djecom želimo doći do pojma sile naših vlastitih mišića. Upravo ta sila je djeci najbliža i omogućava nam da djelujemo na predmete oko sebe, da se krećemo, igramo, jedemo, itd. Uvođenje ove sile moguće je već u nižim razredima, jer im je ta sila veoma intuitivna, te se s njom svakodnevno susreću.

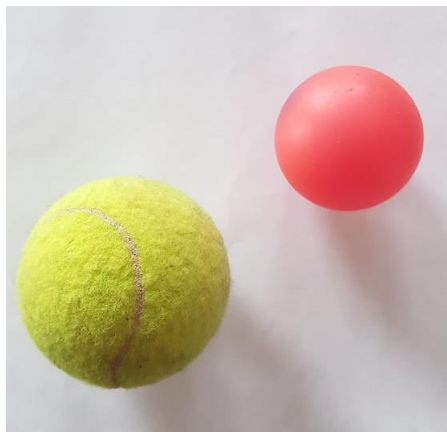
Kojom silom mi djelujemo na predmete oko nas da bismo ih pomaknuli?

Pokus: 'Fizika i sport'

Uvodna pitanja: Kada igramo nogomet, odbojku, košarku, rukomet, kako da pokrenemo loptu? Što nam znači djelovanje rukom, nogom?

Pokus: 'Nogomet/Rukomet'

Pribor: bilo kakva lopta/optica



Slika 11 Razne loptice

Izvođenje pokusa: Rukom/prstom gurnemo loptu, zatim zaustavimo loptu. Igrom s lopticama, guramo ih, zaustavljamo, te skrećemo njihovu pravocrtnu putanju gibanja.



Slika 12 Prstom lopticu guramo, zaustavljamo

Istraživačka pitanja: Jesmo li djelovali nekom silom na loptu? Kako to uočavamo? Kako da loptu zaustavimo?

Je li opet došlo do kontakta između nas i lopte? Jesmo li i u ovom slučaju djelovali nekom silom na loptu? Kako to uočavamo?

S djecom diskutiramo o promjenama gibanja lopte, gdje vidimo da bi došlo do bilo koje promjene gibanja, moramo djelovati silom. Navodimo i npr. u nogometu kako da promijenimo smjer lopte, dodamo suigraču. Loptu moramo gurnuti nogom prema suigraču koji se može nalaziti ispred nas, sa strane, iza nas, odnosno moramo djelovati silom na loptu kako bi joj promijenili smjer kojim se giba prema suigraču. Ako nam suigrač doda loptu, opet moram na nju djelovati silom da bi ju zaustavili, umirili.

Je li sila kojom djelujemo na loptu velika ili mala? To ovisi o situaciji i o masi lopte. Ako stalno djelujemo rukom na neku jako tešku loptu, hoće li nas zaboljeti mišići nakon nekog vremena?

Kao maloj djeci stalno su nam govorili da moramo jesti zdravu hranu kako bismo bili jaki i imali mišiće. Dakle, kako bismo uopće mogli pomaknuti bilo koji predmet, gurnuti loptu, hodati itd., moramo imati mišiće. Zato silu kojom djelujemo na predmete oko sebe nazivamo *silom mišića*.

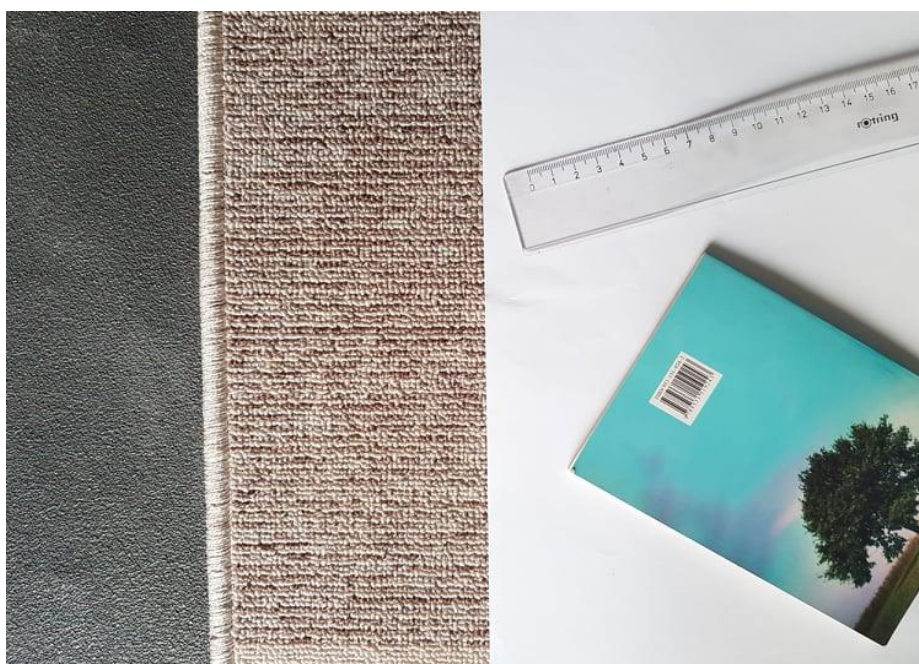
5.3 Hodanje po ledu

U 3. razredu osnovne škole učenici se susreću s agregatnim stanjima vode, te s pokusima općenito. Upravo uz proučavanje leda, kao jednog od agregatnih stanja vode, možemo postaviti i pitanja:

Uvodna pitanja: Je li nam lakše hodati po cesti bez leda ili po cesti prekrivenoj ledom? Zašto?

Pokus: 'Klizeće knjige'

Pribor: Knjiga, glatke i hrapave podloge (brus papiri), ravnalo



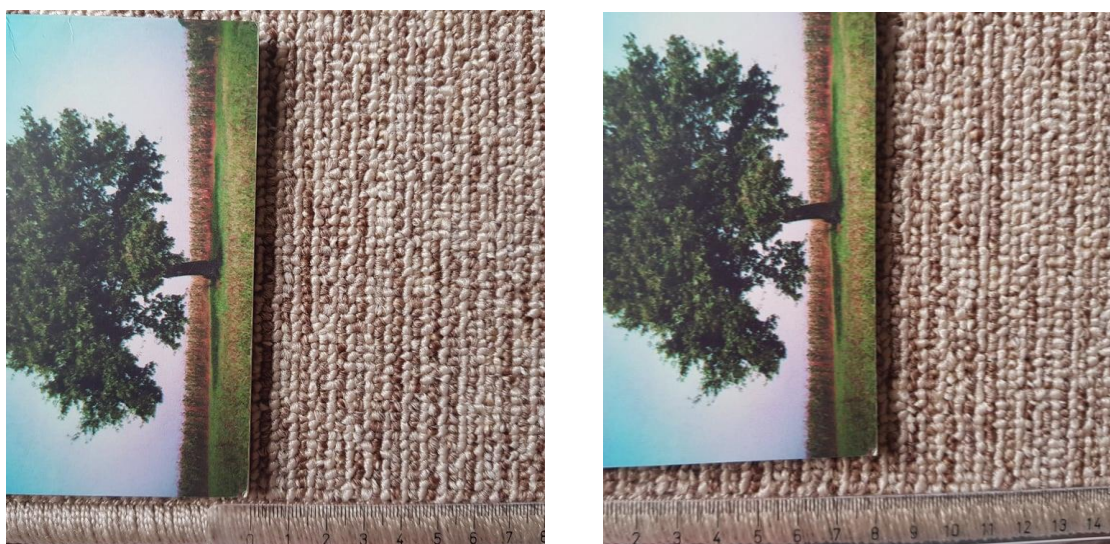
Slika 13 Pribor: hrapava podloga (brus papir), tepih, glatka podloga, ravnalo i knjiga

Izvođenje pokusa: Knjigu kratko gurnemo približno jednakom silom na raznim podlogama. Istražujemo na kojoj podlozi se knjiga najbrže zaustavi, odnosno gdje prijede najkraći put do zaustavljanja?

Učenici istražuju na kojoj podlozi se knjiga najbrže zaustavi te svoja opažanja bilježe u tablicu. Obraćamo pozornost kako mjere prijedeni put!



Slika 14 Položaj knjige prije i nakon gibanja po glatkoj podlozi



Slika 15 Položaj knjige prije i nakon gibanja po tepihu



Slika 16 Položaj knjige prije i nakon gibanja po hrapavoj podlozi

Podloga	Knjiga se zaustavila DA NE	Koliki put je knjiga prešla?
Glatka podloga/stol	DA	12 cm
Brus papir (oštri)	DA	5,5 cm
Tepih	DA	8 cm
Itđ.		...

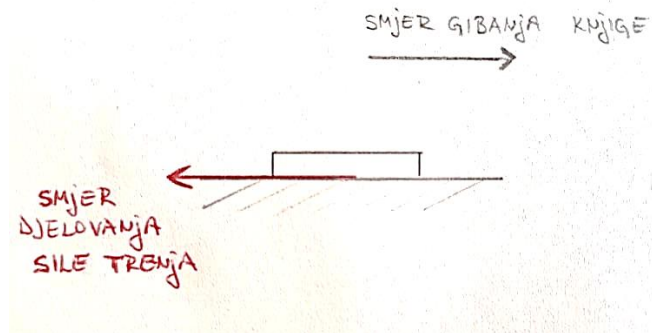
Tablica 2 Primjer tablice koju učenici popunjavaju s obzirom na svoje istraživanje

Istraživačka pitanja: Što se dogodi nakon nekog vremena? Zaustavili li se knjiga na svim podlogama? O čemu bi mogla ovisiti brzina zaustavljanja knjige, tj. put prelaska prije zaustavljanja? S kojim tijelom je knjiga u kontaktu? Po čemu se razlikuju podloge?

Zaključujemo da mora postojati neka vrsta sile koja se opire gibanju tijela, a ovisi o podlozi po kojoj tijelo klizi.

Upravo ovu silu djelovanja podloge na neko tijelo koje klizi po njoj nazivamo *silom trenja*. Ta sila se suprotstavlja gibanju tijela, pa ga nastoji zaustaviti. Na hrapavim podlogama je veća jer tijelo više 'zapinje' tijekom klizanja, zato uočavamo da se knjiga prije zaustavila u slučaju sa hrapavom podlogom.

Ako se sila trenja suprotstavlja gibanju tijela, kako će onda biti usmjerena? Diskutiramo i skiciramo na našem primjeru.



Slika 17 Skica smjera djelovanja sile trenja

Zanimljivo je da bez postojanja sile trenja, mi se ne bismo mogli kretati. Promatramo to na primjeru hodanja po ledu i po cesti (asfaltu). Kuda nam je lakše hodati? Je li nam 'sklisko' hodati po ledu? Što smo vidjeli u prethodnom primjeru, na kakvoj podlozi je sila trenja veća, odnosno manja?

Možemo zaključiti da je sila trenja veća na cesti i upravo nam ona omogućava da se lakše odgurujemo od podloge, tj. da lakše hodamo.

5.4 Padobranci

Kada smo već uveli silu trenja pri klizanju, promatramo još jedan zanimljiv slučaj.

Uvodna pitanja: Što prije pada na tlo, ptičje pero ili olovna kuglica?

Diskutiramo, te slušamo ideje. Vjerojatno im je vrlo intuitivno da će kuglica prva pasti. No, više nas zanima slučaj kada svako tijelo stavljamo u kutijice. (URL4)

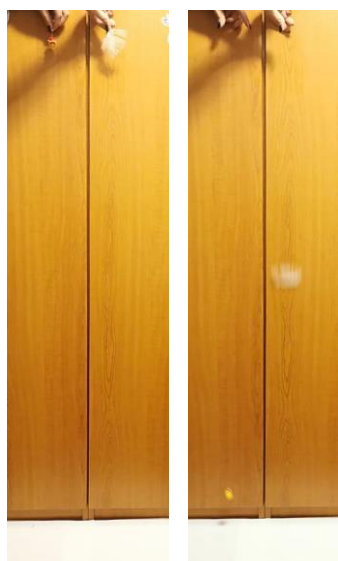
Pokus: 'Padajuća kuglica i pero'

Pribor: Gumeni čovječuljak (ili neko drugo tijelo tipa olovna kuglica, da može stati u kutijicu) , umjetno pero (ili ptičje) , dvije iste kutijice



Slika 18 Potrebni pribor

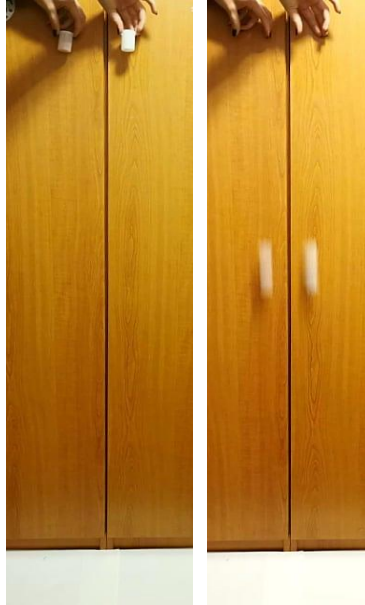
Izvođenje pokusa: Za početak puštamo istovremeno gumenu kuglicu i umjetno pero s iste visine.



Slika 19 Puštamo pero (desno) i kuglicu (lijevo)

Kada pustimo oba tijela istovremeno, koje prvo padne na tlo? Očekivano, brže padne kuglica, što nam je i vidljivo na slici.

Zatim oba tijela stavimo u iste kutijice, kutijica sa kuglicom je naravno teža od kutijice s perom, te ih istovremeno pustimo da padnu.



Slika 20 Puštamo kutijice s perom (desno) i kuglicom (lijevo)

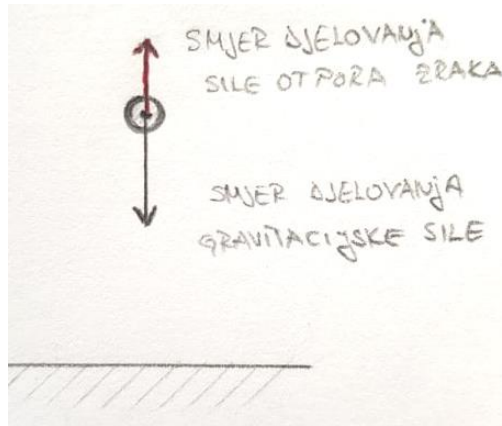
Koja kutijica padne prva? Uočavamo da su kutijice pale istovremeno!

Istraživačka pitanja: Zašto se to događa? Koje sile djeluju na kutijice dok padaju? Što smo mi postigli stavljanjem tijela u iste kutijice?

Vidimo da su nam kutijice odigrale ključnu ulogu, dakle one su nam poistovjetile oblik tijela, a upravo oblik tijela nam je utjecao na brzinu padanja tijela. Zaključujemo da mora postojati nešto što ovisi o obliku tijela, neka vrsta sile koja se opire gibanju tijela.

Prije smo na horizontalnoj podlozi uveli silu trenja, koja djeluje na tijelo koje se giba, odnosno klizi po podlozi. U ovom slučaju opet imamo tijelo koje se giba, ali kuda se ono giba? Kroz zrak, dakle moramo imati neku vrstu sile trenja i u ovom slučaju, i to nam je upravo *sila otpora zraka*.

Ako tijelo slobodno pada, koja sila na njega djeluje? U kojem će smjeru onda djelovati sila otpora zraka? S djecom diskutiramo, ponavljamo djelovanje gravitacijske sile Zemlje, te skiciramo.



Slika 21 Skica djelovanja sila na tijelo koje slobodno pada

U svakodnevnom životu, često nismo svjesni postojanja zraka kao medija. No, da bismo ga postali svjesni, možemo u tijeku vožnje automobilom otvoriti prozor i osjetiti ćemo kako nam upravo zrak gura ruku. No pokus možemo izvesti u razredu na način da napravimo od papira ili kartona lepezu. Pomicanjem lepeze osjetimo strujanje zraka, a u ruci osjetimo otpor kretanju lepeze – silu otpora zraka. Do te sile dolazi uslijed sudaranja lepeze s molekulama zraka.

5.5 Trampolin

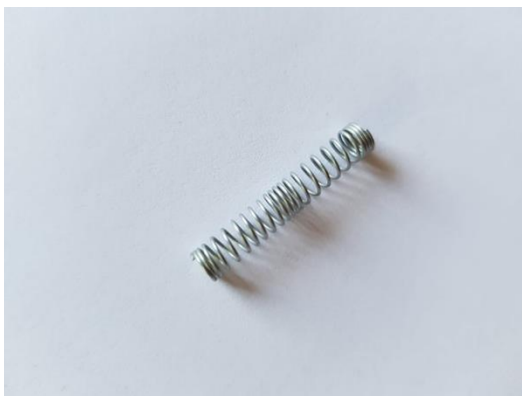
Uvodimo još jednu vrstu kontaktne sile s kojom se svakodnevno susrećemo.

Što se događa s trampolinom kada skačemo na njemu? Kada siđemo s trampolina, vrati li se on u prvobitni položaj? Kako to da pomoću pračke možemo izbaciti tijelo? S djecom diskutiramo razna pitanja.

Uvodna pitanja: Ako rukom stisnemo oprugu, hoće li se i ona vratiti u prvobitni oblik?

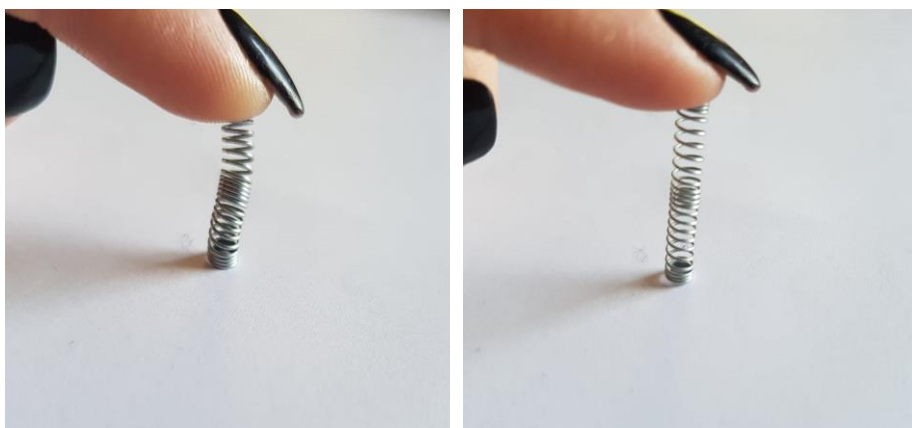
Pokus: 'Opruga'

Pribor: opruga (svaki učenik ju izvadi iz kemijske olovke ili koristimo veliku oprugu te demonstriramo pred cijelim razredom)



Slika 22 Mala opruga iz kemijske olovke

Izvođenje pokusa: Prstom stisnemo oprugu, promatramo, te ju pustimo.



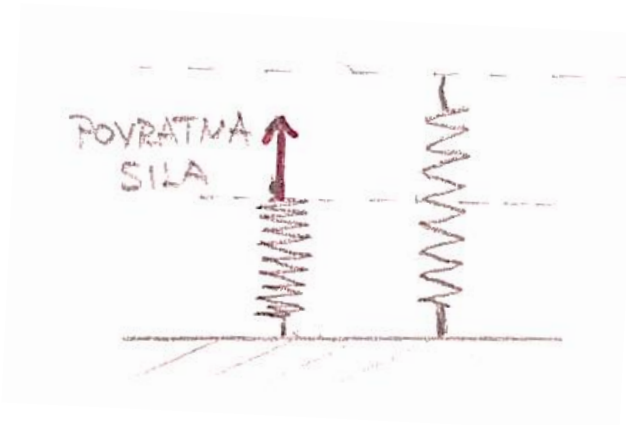
Slika 23 Oprugu stisnemo, a zatim pustimo

Istraživačka pitanja: Što se događa kada stisnemo oprugu? Mijenjamo li joj oblik? Što se događa kada pustimo oprugu? Zašto nam je teško stisnuti ju?

Prst djeluje na oprugu, ali i opruga djeluje na prst tako da se opire promjeni oblika, zato nam je oprugu teško stisnuti. Nakon što prestane međudjelovanje između prsta i opruge, tj. kada ju pustimo, opruga se vraća u prvobitni oblik. Vidimo da se opruga opire promjeni oblika tijela.

Sila kojom se tijela opiru promjeni oblika naziva se *elastična sila*.

Kada je opruga sabijena, te ju pustimo, ona se vraća u prvobitni oblik zahvaljujući *elastičnoj sili*, koja ima ulogu povratne sile, jer oprugu vraća u prvobitni oblik. Skiciramo!



Slika 24 Skica sabijene i opuštene opruge

Gdje se još susrećemo s elastičnom silom?

Upravo nam elastična sila omogućuje skakanje na trampolinu, jer nas ona 'odbacuje'. Kada prestanemo skakati i maknemo se s trampolina, vidimo da se on vrati u prvobitni položaj.

Elastičnu silu uočavamo u mnogim predmetima kao što su opruge- unutar kemijske olovke, amortizeri automobila, trampolini, gume itd.

Uvodna pitanja: Kako to da pomoću pračke možemo izbaciti kamen ili pomoću luka, strijelu?

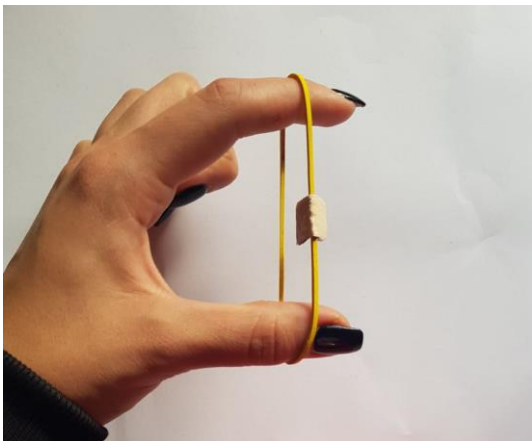
Pokus: 'Pračka'

Pribor: gumica, mali komad kartona

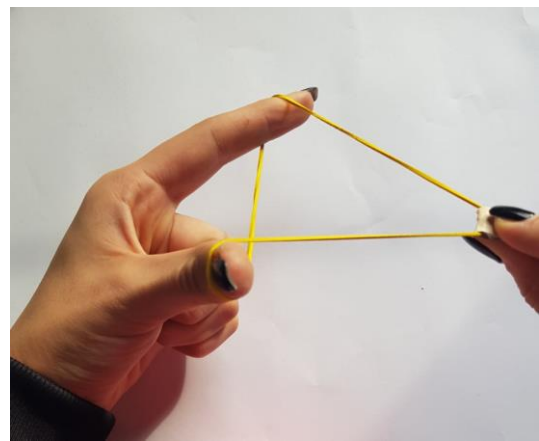


Slika 25 Potreban pribor

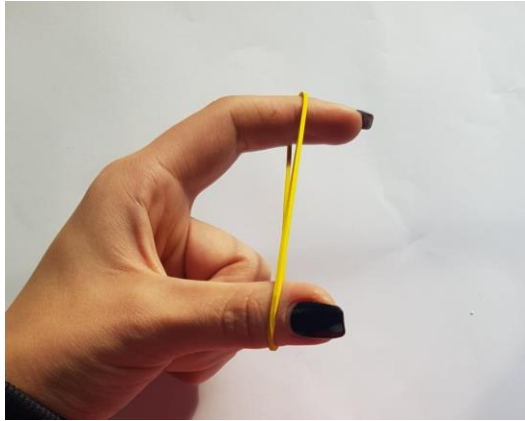
Izvođenje pokusa: Od kartona napravimo mali smotak u obliku slova V tako da ga možemo zakačiti za gumicu. Gumicu postavimo oko dva prsta, na gumicu postavimo karton nategnemo gumicu i zatim pustimo.



Slika 26 Gumica i karton prije ispucavanja



Slika 27 Gumicu s kartonom nategnemo



Slika 28 Gumica nakon ispućavanja

Istraživačka pitanja: Je li gumica promijenila oblik nakon ispućavanja kartona? Pomoću koje sile mi uspijevamo izbaciti smotak kartona?

Ako rastegnemo gumicu, znamo da se ona vraća u prvobitni oblik, odnosno djeluje elastična sila. Upravo elastična sila nam omogućuje izbacivanje kartona.

U ovom poglavlju smo uveli i demonstrirali mnoge kontaktne sile, ali u koju grupu od 4 fundamentalne sile one spadaju?

Na samom početku uveli smo gravitacijsku silu. Zatim jaka i slaba nuklearna sila su vezane uz subatomske čestice, dakle na atomskoj ljestvici, te im je domet jako kratak. Jedina fundamentalna sila pod koju možemo uvrstiti elastičnu silu, silu mišića, trenje, otpor zraka, itd. je elektromagnetska sila. Sve ove sile su nam moguće upravo zbog međusobnog djelovanja čestica, kako neutralnih tako i nabijenih. (Young i Freedman, 2012)

Sama elektromagnetska sila je nastala ujedinjenjem električne i magnetske sile koje ćemo objasniti i demonstrirati u sljedećim poglavljima.

6. ELEKTRIČNA SILA

Učenici u drugom razredu osnovne škole u sklopu predmeta Priroda i društvo, obrađuju jako zanimljive teme a jedna od njih je Kućanski uređaji. U sklopu te teme diskutiraju koji uređaji koriste električnu energiju. Tu možemo uvesti još jednu interesantnu silu, a to je električna sila. Ona omogućuje rad kućanskih uređaja. Također s učenicima diskutiramo i o nekim pojavama s kojima su se mogli susresti:

Uvodna pitanja: Jeste li ikada opazili kako vam se kosa podigne prilikom češljanja ili skidanja džempera? (URL4) Jeste li ikada osjetili peckanje kada dodirnete neki predmet ili možda drugu osobu?

Glavni 'krivac' za ove pojave je još jedna zanimljiva sila koju ćemo upoznati.

Pokus: 'Luda kosa i papirići'

Pribor: balon, vunena krpica, papirići



Slika 29 Potreban pribor

Izvođenje pokusa: Balon napušemo, te ga protrljamo o vunenu krpicu, tako da on postane super-balon. Zatim ga približimo sitnim papirićima koji se nalaze na stolu. Opažamo što se događa. Zatim super-balon možemo približiti i nekoj od učenica.



Slika 30 Papirići se 'zalijepu' za balon

Istraživačka pitanja: Što se događa s kosom i papirićima? Zašto? Djeluje li neka sila na kosu i papiriće? Je li ta sila kontaktna ili beskontaktna?

Uočavamo da imamo beskontaktnu silu koja djeluje između super- balona i kose/papirića. Ona uzrokuje podizanje kose/papirića, odnosno balon ih privlači, pa se sila manifestira kao privlačna sila.

To je *električna sila*, odnosno sila između naelektriziranih tijela (super-tijela).

Sva tijela su građena od pozitivnih i negativnih naboja, a mi trljanjem o vunenu krpicu nekom tijelu dajemo dodatne naboje (pozitivne ili negativne), odnosno to tijelo naelektriziramo.

Charles-Augustin de Coulomb, francuski fizičar, je postavio jedan od osnovnih zakona elektrostatike koji je po njemu i nazvan Coulombov zakon, a govori nam o sili između dvaju električki nabijenih točkastih tijela.

Kada promatramo uređaje na električnu struju, električna sila djeluje na naboje unutar žica, te ih pokreće, a zbog toga i dobivamo struju.

Model: 'Vodič'

Pribor: balon, vunena krpica, slamka i papirići

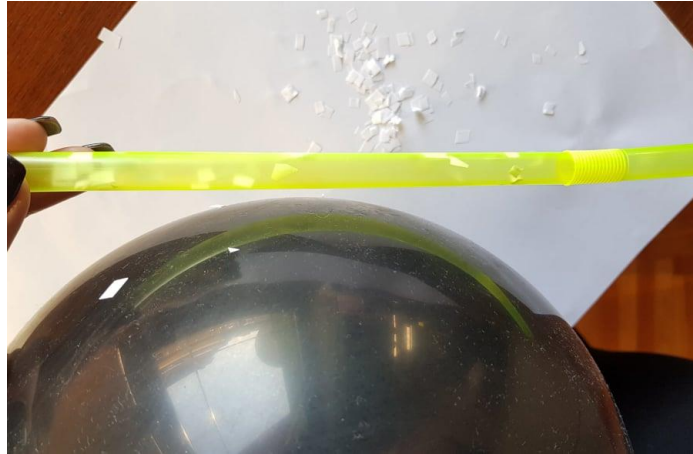


Slika 31 Potreban pribor

Prikaz: U slamku stavimo papiriće, te balon protrljamo vunenom krpicom i približimo ga papirićima u slamci. Što se događa s papirićima, utječe li električna sila na njih?



Slika 32 Papiriće stavimo na početak slamke



Slika 33 Položaj papirića nakon približavanja naelektriziranog balona

Vidimo da su se papirići ,približavanjem naelektriziranog balona, razmjestili a neki su čak i izletjeli iz slamke. U prethodnom primjeru smo vidjeli da električna sila djeluje između papirića i naelektriziranog balona. Upravo ovako možemo zamisliti i protjecanje električne struje u vodičima, slamka nam predstavlja vodič po kojem se nalaze naboji na koje utječe električna sila. No ovo je samo zamišljeni model, a o tome ćemo učiti u višim razredima.

Uočili smo da električna sila ima privlačno djelovanje. No, može li to djelovanje biti i drugačije?

Uvodna pitanja: Je li moguće pomoću električne sile zalijepiti balon na zid? Hoće li električna sila uvijek djelovati privlačno? Može li djelovati i odbojno?

Pokus: 'Posvađani baloni'

Pribor: dva napuhana balona, vunena krpica, konac



Slika 34 Potreban pribor

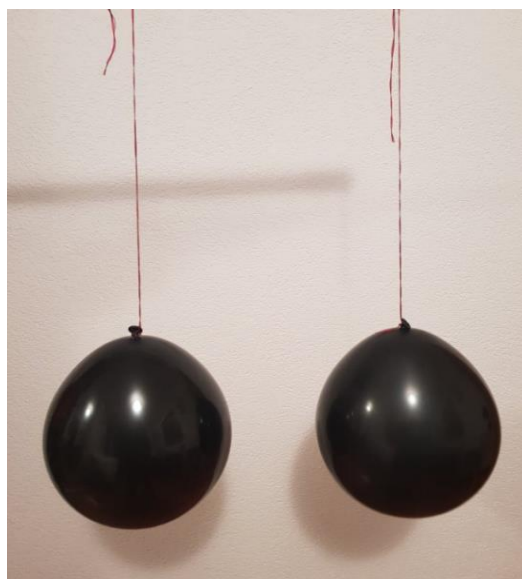
Izvođenje pokusa: 1. slučaj: Napušemo balon, te ga protrljamo vunenom krpicom odnosno naelektriziramo ga. Sada balon prislonimo zidu i pustimo. Što se događa, koja sila je u pitanju?

2. slučaj: Dva balona napušemo, te ih objesimo o niti. Ima li ikakvih promjena na balonima, na njihovom položaju?

3. slučaj: Sada oba balona naelektriziramo vunenom krpicom, te ih objesimo o niti. Što uočavamo?



Slika 35 Balon smo 'zalijepili' za zid (1.)



Slika 36 Ne dolazi do interakcije između balona (2.)



Slika 37 Naelektrizirani baloni se međusobno odbijaju (3.)

Istraživačka pitanja: Koja sila je u pitanju u prvom slučaju? Zašto u drugom slučaju ne dolazi do nikakvih promjena? Zašto se super- baloni u trećem slučaju otklanjaju? Koja sila djeluje, je li ona privlačna?

U prvom slučaju balon je naelektriziran , te dolazi do privlačne električne sile između njega i zida.

U drugom slučaju oba balona su neutralna, te ne dolazi do nikakve interakcije između njih.

U trećem slučaju baloni su naelektrizirani istim nabojem, te dolazi do međusobnog odbijanja. Opet je u pitanju električna sila, ali ovoga puta ona je odbojna.

Dakle, električna sila može biti *privlačna i odbojna!*

Ukoliko su nam oba tijela naelektrizirana istim nabojem, u ovom slučaju to su dva super-balona, dolazi do odbojne električne sile.

Uočili smo da ako bilo koje naelektrizirano super-tijelo približimo nekom drugom tijelu, uočavamo djelovanje električne sile.

Pokus s balonima skiciramo te diskutiramo. (Bešiktaš Kadić i sur., 2019)



Slika 38 Skica našeg pokusa

Uvodna pitanja: Hoće li hoće npr. voda pokazivati utjecaj električne sile?

Pokus: 'Magična voda'

Pribor: Čaša sa malom rupicom na dnu, voda, balon, krpica



Slika 39 Potrebni pribor

Izvođenje pokusa: Napuhani balon protrljamo krpicom, tako da on postane super-balon. U čašu natočimo vodu, te ju podignemo. Mlazu koji curi iz čaše približavamo super-balon.



Slika 40 Mlaz vode



Slika 41 Približavamo naelektrizirani balon

Istraživačka pitanja: Što se događa s mlazom vode? Koja sila je u pitanju?

Dakle, uočavamo djelovanje privlačne električne sile između super-balona i mlaza vode.

Uvodna pitanja: Što mislite je li moguća levitacija nekih predmeta, odnosno lebdenje?

Pokus: 'Levitacija'

Pribor: balon, vunena tkanina, široka traka/prsten od plastične vrećice



Slika 42 Potreban pribor

Izvođenje pokusa: Plastični prsten i napuhani balon protrljamo komadom tkanine, tako da oni sada postaju super-prsten i super-balon. Plastični prsten dignemo u zrak, te balon postavimo ispod njega. Pazimo da prsten ne dođe u kontakt sa zidom ili balonom. Pažljivo odvajamo prsten od ruke, te ga puštamo da levitira iznad balona. (URL3)



Slika 43 Levitacija plastičnog prstena iznad balona

Istraživačka pitanja: Što se događa, zašto prsten ne padne na pod ili balon? Koja sila djeluje između super- balona i super- prstena?

Trljanjem tkanine o plastični prsten i balon, oni postaju super-prsten i super- balon, odnosno naelektrizirani su istim nabojem. Dolazi do odbojne električne sile između njih.

7. MAGNETSKA SILA

Učenici se u nastavi fizike prvi put susreću sa magnetskom silom u 8. razredu osnovne škole. Proučavanjem magnetizma i magneta, objašnjava se i načelo rada kompasa. Dalje se magnetska sila obrađuje u 3. razredu gimnazije, pri čemu se već postojeće znanje nadograđuje učenjem o vrstama magneta, uvođenjem magnetskog polja, te o raznim utjecajima magnetske sile. Uvidom u kurikulum razredne nastave vidimo da se u 3. razredu osnovne škole u sklopu predmeta Priroda i društvo može uvesti magnetska sila. Obradom tema Stajalište i obzor i Snalaženje u prostoru i na zemljovidu, spominje se kompas kao uređaj kojim možemo određivati strane svijeta.

Uvodna pitanja: Zašto pomoću kompasa možemo određivati strane svijeta? Što je zapravo kompas?

Pokus: 'Kompas'

Pribor: Kompas, razni predmeti (plastični, metalni, drveni,..) i magnet.



Slika 44 Potreban pribor: spajalice, novčići, magnet, ravnalo, olovka, gumica i kompas

Izvođenje pokusa 1: Pomoću kompasa odredimo strane svijeta, a zatim kompasu približimo neki metalni predmet. Diskutiramo što se događa. Zatim kompasu približavamo magnet, pa i drveni odnosno plastični predmet. Djeci dajemo na raspolaganje da oni približavaju neke predmete, te da opažaju što se događa. Pokazuje li nam kompas uvijek ispravno strane svijeta?



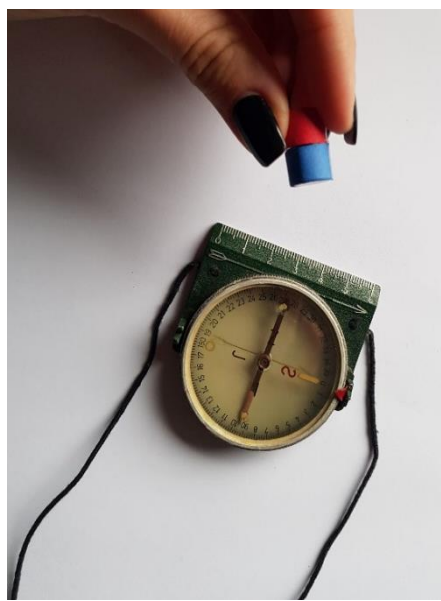
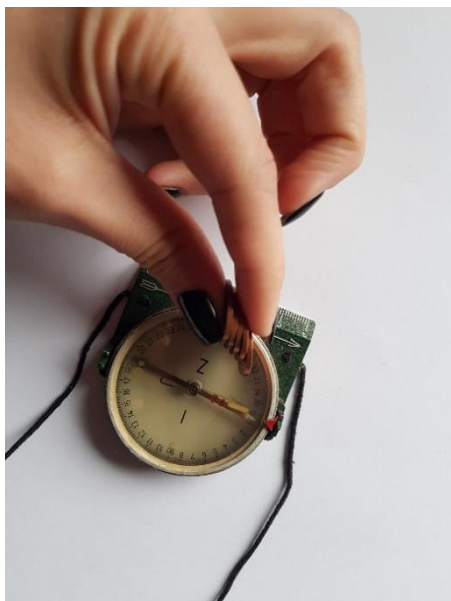
Slika 45 Pomoću kompasa odredimo strane svijeta



Slika 46 Kompas u približavamo gumicu i ravnalo



Slika 47 Kompas u približavamo spajalice i olovku

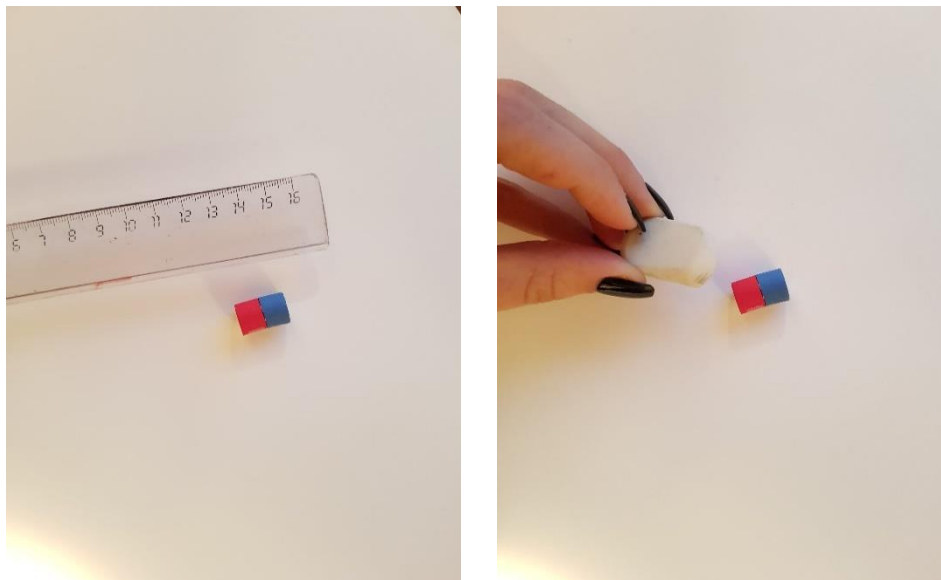


Slika 48 Kompas u približavamo novčiće i magnet

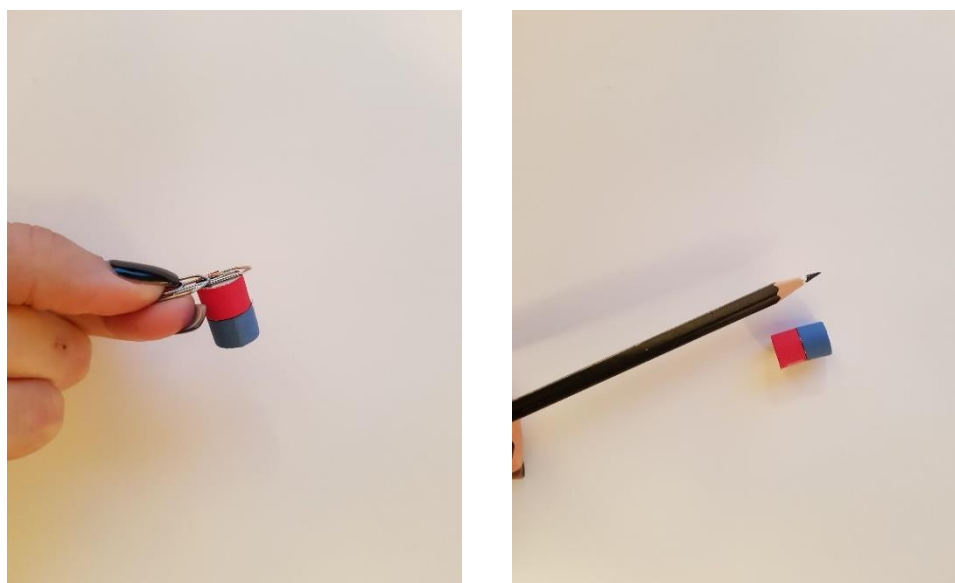
Istraživačko pitanje 1: Zašto kompas 'reagira' na metalne predmete i magnet, a ne na plastične i drvene? Od čega se sastoji kompas?

Kako bismo dali odgovor na ova istraživačka pitanja, moramo otkriti od čega se sastoji kompas.

Izvođenje pokusa2: Postavimo magnet na stol, te mu približavamo razne predmete kao u prethodnom slučaju. Što se događa s pojedinim predmetima? Tražimo od učenika da istraže i zapišu na koje sve predmete magnet ima nekakav utjecaj.



Slika 49 Magnetu približavamo gumicu i ravvalo



Slika 50 Magnetu približavamo olovku i spajalice



Slika 51 Magnetu približavamo novčiće

Diskutiramo o tome na koje predmete utječe magnet, gdje su se djeca susrela s magnetima i mogu li ih postaviti na svim površinama i zašto?

Uspoređujemo je li kompas u prethodnom slučaju 'reagirao' na sve predmete na koje je i magnet utjecao !

Svoja istraživanja i opažanja možemo upisati u tablicu iz koje zaključujemo da svi predmeti koji djeluju na magnet, djeluju i na kompas.

PREDMET	DJELUJU NA MAGNET	DJELUJU NA KOMPAS
Gumica za brisanje	ne	ne
Plastično ravnalo	ne	ne
Spjalice	da	da
Drvena olovka	ne	ne
Novčići	da	da

Tablica 3 Primjer tablice djelovanja raznih predmeta na magnet i kompas

Dakle, kakve odgovore možemo dati na naša istraživačka pitanja?

-Očito je da su kompas i magnet jako slični. Zapravo se kompas sastoji od malog magneta, odnosno magnetske igle koja može rotirati oko svoje osi, i na koju utječe blizina metalnih predmeta, ali i magneta.

→ Međudjelovanje pomoću magneta nazivamo *magnetskom silom*, te je ona beskontaktna jer vidimo da samim približavanjem predmeta (ne mora doći do kontakta) utječemo na magnetsku iglu.

Kompasom je moguće odrediti strane svijeta, jer je Zemlja jedan veliki magnet koji utječe na magnetsku iglu, te ju tako zakreće. Ali prilikom orijentacije pomoću magneta, moramo paziti da se u blizini njega ne nalaze neki metalni predmeti ili magneti !!

Uvodno pitanje: Kako se ponašaju dva magneta kada ih približavamo?

Pokus: 'Vožnja magneta'

Pribor: Magneti i kolica



Slika 52 Razni autići i magneti

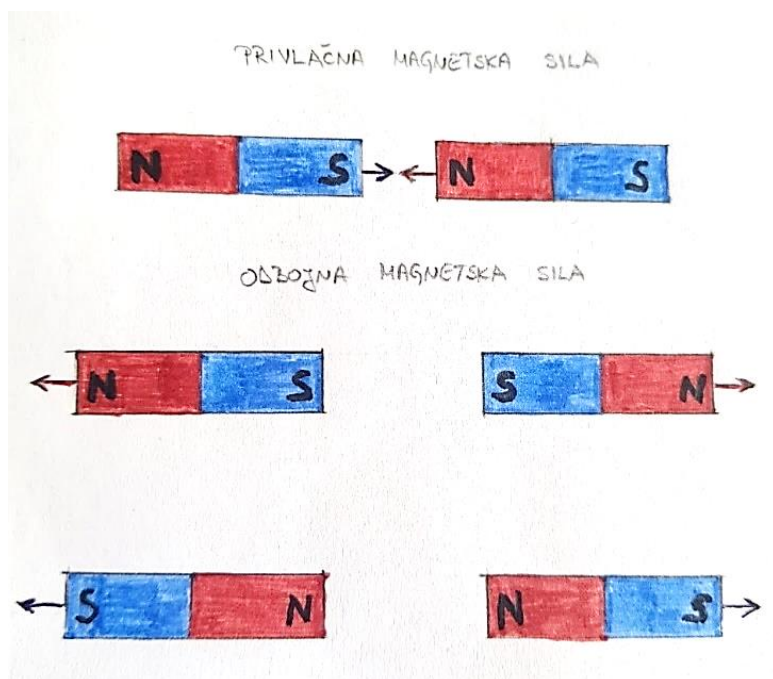
Izvođenje pokusa: Na dva autića (ili više ako ih imamo na raspolaganju) postavimo po jedan magnet ili ga zalijepimo. Druge magnetne podijelimo učenicima. Cilj nam je pogurati kolica/autić s jednog ruba stola, na drugi. Puštamo učenike da se približavaju s magnetom kolicima. Možemo organizirati utrku, tko će prije bez dodira ostvariti zadani cilj. Ovisno kako su okrenuli magnetne doći će do približavanja kolica ili udaljavanja. Diskutiramo u kojim slučajevima je došlo do privlačenja kolica, a u kojim do udaljavanja i kako su to postigli.



Slika 53 Autiću približavamo magnet

Istraživačka pitanja: Je li sila u oba slučaja magnetska? Kada dolazi do približavanja, a kada do odaljavanja autića?

Jasno je da je sila u oba slučaja magnetska, jer imamo međudjelovanje magneta, ali u jednom slučaju ta sila je privlačna jer vidimo da se autić približava, a u drugom je odbojna jer se autić udaljava. Tražimo da učenici naprave skicu i da razmisle kada dolazi do odbijanja, a kada do približavanja. (Beštak Kadić i sur., 2019)



Slika 54 Primjer skice djelovanja dvaju magneta

Dakle, magnetska sila može biti *privlačna i odbojna*, te nam nije svejedno koju stranu magneta okrenemo. Uočavamo da svaki magnet ima dva pola sjeverni (N) i južni (S). Kako bismo razlikovali polove, obilježeni su različitim bojama.

Privlačna magnetska sila djeluje ako su magneti okrenuti jedan prema drugom suprotnih polova, a odbojna ako su okrenuti istih polova.

Kada promatramo Zemlju kao jedan veliki magnet, i ona ima polove kao i svi ostali magneti. Sjeverni magnetski pol Zemlje nalazi se u blizini južnog geografskog pola, a južni magnetski pol je u blizini sjevernog geografskog pola.



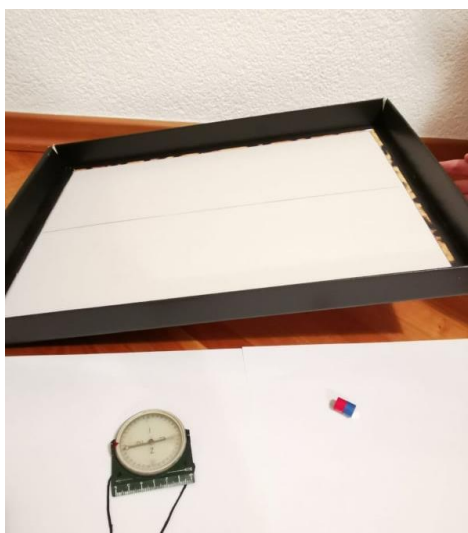
Slika 55 Prikaz Zemlje kao velikog magneta (URL6)

Sljedeći pokus nam je pogodan kako bi djeca uistinu shvatila da je Zemlja jedan veliki magnet koji ima svoje polove, te da djeluje na druge magnetne. (URL4) Pokus je izvediv u 3. razredu osnovne škole, a isto tako potiče razmišljanja i u višim razredima odnosno u 8. razredu kada se uči magnetska sila.

Uvodno pitanje: Djeluje li magnetska sila Zemlje na sve magnete oko nas? Uočavamo li mi to uvijek?

Pokus: 'Zalutali magnet'

Pribor: Drvena, kartonska ili plastična ploča (mi smo koristili veliki poklopac kartonske kutije) koja služi kao kosina, valjkasti magnet i kompas



Slika 56 Pribor: kosina, valjkasti magnet i kompas

Izvođenje pokusa: Puštamo valjkasti magnet niz kosinu, ali tako da se smjer kosine ne podudara sa smjerom istok-zapad (jer su tada magnet i magnet-Zemlja približno vodoravni pa neće doći do zakretanja).



Slika 57 Puštanje magneti niz kosinu koja je u smjeru istok-zapad

Kada valjkasti magnet puštamo niz kosinu koja je usmjerena istok-zapad, putanja njegova spuštanja je gotovo pa po pravcu.



Slika 58 Puštanje magneta niz kosinu koja nije u smjeru istok-zapad



Slika 59 Ponavljamo kao u prethodnom slučaju ali smo magnet okrenuli (zamjena polova)

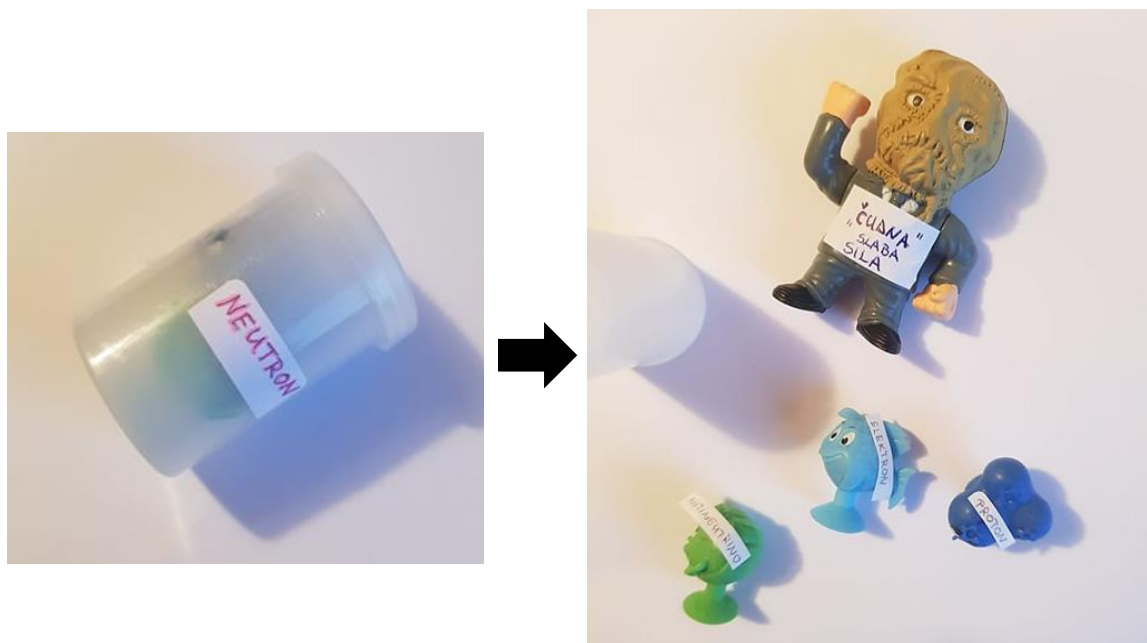
Istraživačka pitanja: Zašto se magnet ne spušta ravno niz kosinu? Zašto se u jednom slučaju magnet zakreće na jednu stranu, a u drugom slučaju na drugu stranu?

Do zakretanja magneta ne dolazi ako ga spuštamo u smjeru istok- zapad, no ako promijenimo smjer kosine (spuštanja) dolazi do zakretanja u smjeru istok- zapad. Magnetska sila Zemlje iako je jako slaba, ipak zakreće mali magnet isto kao što uspijeva zakretati i magnetsku iglu kompasa. Uočimo da zamjenom polova magneta kojega spuštamo niz kosinu, dolazi i do promjene smjera zakretanja magneta.

8. ZAKLJUČAK

Fizikalni način razmišljanja treba razvijati usporedno s matematičkim od rane dobi. Pri tome je dobro naglasak staviti na temeljne fizikalne koncepte. U ovome radu kroz pokuse pokazali smo kako se djeca kroz pokuse mogu upoznati s konceptom sila i činjenicom da sile djeluju na daljinu. Susret s konceptom sila već u ranom školovanju je vrlo poželjan kako bi djeca što prije počela promišljati o svijetu oko sebe. Cilj je izazvati čuđenje i želju za istraživanjem. Važna pitanja treba postavljati već u prvim razredima osnovne škole. To ne znači da tada treba doći do odgovora. Ideja je da se upozna i doživi određene fizikalne pojave. Kasnije tijekom poučavanja predmeta Fizika će postati jasnije zašto se dublje uče pojedini fizikalni koncepti i učenje fizike nadovezati na znatiželju koja je inicirana u ranijoj dobi.

U radu se nismo dotaknuli upoznavanja sa slabom i jakom nuklearnom silom. To su veoma izazovne teme kojima treba pristupiti puno sustavnije, jer za razliku od ostalih sila nije ih moguće zorno prikazati pokusima. Osnovne koncepte tih sila moguće je približiti kroz modele, a jedan takav je na slici.



Slika 60 Model slabe nuklearne sile

Kao primjer uzmemo neku kutijicu koja nam predstavlja neutron (n), te unutar te kutijice ubacimo 3 predmeta. Svaki pojedini premet će predstavljati proton (p), elektron (e^-),

odnosno anti-neutrino ($\bar{\nu}_e$). Djelovanjem neke 'čudne sile', što je slaba nuklearna sila, dolazi do raspada kutijice (neutrona) u 3 manja dijela koji predstavljaju pojedinu česticu. Diskusiju kada djeci pričati o tome da se svijet sastoji od atoma koji imaju strukturu i svojstva ostavljamo za neki drugi rad.

9. LITERATURA

- [1] Beštak Kadić, Z.; Brković, N.; Pećina, P.: FIZIKA 7, udžbenik za 7. razred osnovne škole, Alfa element, Zagreb, 2019.
- [2] Dulčić, A. Mehanika. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet Fizički odsjek , 2012. god., drugo dopunjeno interno izdanje za studente PMF-a https://www.pmf.unizg.hr/_download/repository/Mehanika_Dulcic%5B2%5D.pdf 28.10.2020.
- [3] Hugh D. Young, Roger A. Freedman; Sears & Zemansky's University Physics with modern physics. 13th ed., Pearson Education, Inc. ,2012.
- [4] Kuhn, D.: Children and adults as intuitive scientists, Psychological Review, 96, pp. 674–689. ,1989.
- [5] Kurikulum nastavnog predmeta Fizika za osnovne škole i gimnazije https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_10_210.html 17.10.2020.
- [6] Kurikulum nastavnog predmeta Priroda i društvo za osnovne škole https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_147.html 24.11.2020.
- [7] Kurikulum nastavnog predmeta Priroda za osnovne škole https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_148.html 20.1.2021.
- [8] Kurikulum nastavnog predmeta Geografija za osnovne škole i gimnazije https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_145.html 21.1.2021.
- [9] Martinko, S.; Pavić, D., Fizika za najmlađe- otkrij, zabavi se i nauči, Zbornik radova XIV. Hrvatskog simpozija o nastavi fizike, HFD, Zadar, 2019.
- [10] Paar, D. Fizika za geoznanosti i znanosti o okolišu. <http://www.phy.pmf.unizg.hr/fizgeo/> 2.11.2020.
- [11] Pine K., Messer D. & St. John, K. Children's Misconceptions in Primary Science: A Survey of teachers' views, Research in Science & Technological Education, 19:1, 79-96 ,2001.
- [12] Poljak, N. Fizika za djecu-Mehanika, Školska knjiga, Zagreb, 2020.

- [13] Robert A. Hatch; Sir Isaac Newton- The College of Liberal Arts and Sciences; University of Florida,2002. , <http://users.clas.ufl.edu/ufhatch/pages/01-courses/current-courses/08sr-newton.htm> , 9.11.2020.
- [14]Trna J, Novak, P. GIREP-ICPE-MPTL 2010. Teaching and Learning Physics Today: Challenges Benefits? (pp. 410-417). Udine(Italy): University of Udine, ISBN 978-88-97311-32-4 , 2014.
- [15]URL1: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1979/summary/> 10.11.2020.
- [16]URL2: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Forces/funfor.html> 10.11.2020.
- [17] URL3: At Home Experiment 2: Static Levitation, (9.10.2014.), Explosions, Inc., <http://www.explosionsinc.com/blog/2014/10/09/at-home-experiment-2-static-levitation>, 5.11.2020.
- [18] URL4: Prirodopolis <http://www.prirodopolis.hr/dokumenti.html> 5.11.2020
- [19]URL5:<https://www.newscientist.com/article/2170052-newtons-apple-the-real-story/> 5.1.2021.
- [20]URL6: <https://prirodaizdravlje.com/magnetno-polje-zemlje/> 10.12.2020.
- [21]URL7: <https://www.lektire.hr/put-u-srediste-zemlje/> 11.2.2021.
- [22]URL8: https://hr.wikipedia.org/wiki/Matija%C5%A1_Sandorf 11.2.2021.
- [23]URL9: <https://spark.iop.org/misconceptions> 17.2.2021.
- [24]URL10: <https://spark.iop.org/collections/non-contact-forces-teaching-and-learning-issues> 17.2.2021.

10. ŽIVOTOPIS

Katarina Šola, rođena 4. ožujka 1997. god., u Tomislavgradu, Bosna i Hercegovina. Obrazovanje započela u Osnovnoj školi Ivana Mažuranića, a nastavila u Gimnaziji Marka Marulića, gdje se javlja interes za prirodoslovnim područjima. Godine 2015. upisala sam Integrirani preddiplomski i diplomski studij fizike, nastavnički smjer na Fizičkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, zbog želje za povratkom u rodni kraj i poboljšanjem tamošnjeg obrazovanja. Za vrijeme studiranja radila sam razne studentske poslove, a između ostalog održavala instrukcije na područjima fizike i matematike, te jednu godinu radila kao koordinator za nastavu na Visokom učilištu Effectus. Kao apsolventica, radila sam na zamjeni profesorice fizike i matematike u Osnovnoj školi Stjepana Radića, Prisoje, BiH. Već dugi niz godina radim kao učiteljica skijanja u Ski klubu Striž, Tomislavgrad.