



Univerzitet u Novom Sadu
Prirodno – Matematički fakultet
Department za fiziku



MASTER RAD

Formiranje i razvoj pojmova u vezi sa atomom u osnovnoškolskoj nastavi fizike

Mentor:
Dr Ivana Bogdanović

Novi Sad, 2018

Student:
Horvat Zoltan

Sadržaj

Predgovor	5
1. Uvod.....	7
1.1. Da li je fizika stvarno zanimljiva?	7
2. Formiranje i razvoj pojmova iz fizike primenom različitih modela nastave.....	8
2.1. Multimedijalni sadržaji u nastavi fizike	8
2.1.1. Kada i kako treba koristiti ovaj model	9
2.1.2. Prednosti modela.....	9
2.2. Kompjuterske simulacije	10
2.2.1. Kompjuterske simulacije u nastavi.....	10
2.2.2. PhET (Physics Education Technology) simulacije.....	11
2.3. Projektna nastava	11
2.3.1. Osnovna polazišta u organizaciji nastave	12
2.3.2. Etape i primeri projektne nastave.....	13
2.4. Primena metafora u nastavi	14
3. Razvoj fizike tokom vremena	15
3.1. Početak formiranja nauke	15
3.1.1. Atomizam kod Grka.....	15
3.2. Anno domini	16
3.2.1. Moderni pogled na atome	16
4. Kratak uvod o malim i velikim brojevima.....	18
5. Osnovne interakcije u prirodi.....	20
5.1. Pojam interakcija	20
5.2. Ono što nas drži zajedno	23
6. Pojam atoma u osnovnim školama.....	27
6.1. Kuvar atoma	27
6.2. Metafore iz priče i svojstva atoma.....	28
6.2.1. Početak univerzuma.....	28
6.2.2. Veliki prasak.....	28
6.2.3. Evolucija univerzuma	28

6.2.4. Pojava atoma	29
6.2.5. Odnos sila	33
6.2.6. Kratka oznaka za atom	34
6.2.7. Unutrašnje sile	35
6.2.8. Radioaktivnost	37
6.2.9. Elektroni i njihove osobine na „stari način“	45
6.2.10. Zadnja metafora.....	46
6.3. Nastanak i „proizvodnja“ atoma.....	47
6.4. Primena nuklearne energije	48
6.4.1. Nuklearna energetika.....	48
6.4.2. Zadatak nastavnika tokom realizacije projekta	49
6.5. Kreiranje atoma pomoću PhET (Physics Education Technology) simulacije	50
6.5.1. Kako ova simulacija utiče na nastavnu jedinicu.....	53
7. Rezultat primene odabranih nastavnih modela u osmom razredu osnovne škole.....	54
7.1. Objašnjenje u osmom razredu osnovnih škola – ankete	54
7.2. Rezultati ankete	54
7.3. Zaključak vezan za ankete	59
8. Nešto za talentovane đake i za dodatnu nastavu	60
8.1. Početak početka	60
8.2. Određivanje mase subatomske čestice.....	61
8.3. Defekt mase i energija veza jezgra	61
8.3.1. Matematički izrazi	62
8.4. Energija veze jezgra preko grafikona	63
8.5. Označavanje α i β -raspada pomoću matematičkih formula	64
8.6. Magični atomi.....	66
9. Predlog dodatne literature za čitanje	67
10. Zaključak.....	69
11. Objašnjenje nekih reči i simbola u tekstu	70
12. Literatura.....	72
13. Prilozi	77
13.1. Anketa pre objašnjenja	77
13.2. Anketa posle objašnjenja	78

Biografija.....	80
-----------------	----

Predgovor

U master radu, koji ćete pročitati, ću probati da dam jednostavnije objašnjenje vezano za svet čestica pomoću raznovrsnih metodičkih načina i ekstrapolacija^[1]. Fizika, kao predmet u osnovnim i srednjim školama, je presudna u razvoju veština rešavanja problema. Ljudi, koji su se bavili fizikom, učili je u školama, lakše, jednostavnije analiziraju dati problem, sistematički identifikuju svaki faktor koji je prisutan u problemu i razumeju kako ti faktori međusobno interaguju, da bi na kraju rešavali problem. Ove veštine su dragocene i mogu se iskoristiti u okviru mnogo različitih karijera [1].

Jedina mana fizike jeste, da je kompleksnija od ostalih predmeta. To je zbog toga, što moramo i matematiku i hemiju dobro znati, da bismo razumeli neke pojmove, odnosno znali šta se zapravo dešava kod nekih pojava. Ovo je jedan od razloga zašto đaci, ljudi ne vole fiziku. Drugi razlog je, da profesor ne ume da na lep, jasan i zanimljiv način predaje gradivo. Zbog toga fizika postaje jako kompleksna i neinteresantna. Đaci neće imati motivaciju da uče i da se raspituju o fizici. Postoji još jedan razlog, što utiče na učenje fizike pre nego što se neko i sretne sa njom. Siguran sam, da svi znamo nekog, kome je fiziku bilo jako teško razumeti. Oni će svojoj deci pričati, kako je njima bila teška, ili zbog profesora, ili zbog same kompleksnosti predmeta. To dovodi do toga, da i sami đaci, pre nego što krenu da uče fiziku u šestom razredu, neće biti motivisani za učenje fizike.

Navedeni problemi su mene motivisali da napišem master rad vezan za rešavanje ovih problema i da time doprinesem popularizaciji fizike, da bi se više đaka, ljudi zainteresovalo za ovaj lep predmet. Krajnji cilj rada neće biti, da da ozbiljne, da kažem „fizičarske“ definicije. Cilj je da đaci, ljudi, bez potrebe reprogramiranja mozga, razumeju fiziku.

Šta je onda poenta rada, ako neće doći do reprogramiranja mozga? Poenta je, da preko zanimljivih stvari, priča nekog zainteresuje za neke stvari koje su vezane za fiziku. Posle toga će i sami pročitati nešto, pogledati nešto na internetu. Bez velikog truda i napora, njihov mozak će, u jednom momentu, postati „alat“ za fiziku, tj. doći će do reprogramiranja. Da li je to nešto loše? Ako volite da razmišljate, da otkrijete kako funkcioniše naš univerzum ili kako se kreću automobili, onda svakako nije.

U ovom radu ćemo posvetiti pažnju sledećim temama:

1. Lični razlog izbora studijskog programa Profesor fizike
2. Istorijski uvid u teoriju atoma
3. Korišćeni metodički modeli u svrhu boljeg objašnjavanja
4. Objašnjenje malih i velikih brojeva i pojam interakcije
5. Opis atoma i njegovih svojstva, koji su predviđeni za osnovnu školu na jednostavniji način
6. Na kraju master rada sumiranje napisanih pojmova

Sva poglavlja su namenjena odraslima i profesorima osnovnih škola, da bi mogli lakše objasniti pojmove đacima, koji hoće ponešto naučiti iz fizike. Međutim, ovaj rad mogu čitati i koristiti i sami đaci.

Za one, koji će sad čitati, učiti o atomu i o njegovim svojstvima, preporučujem, da ovaj master rad pročitaju iz nekoliko navrata. Smatram, da je ova oblast toliko opširna, da je nemoguće iz jednog čitanja razumeti sve i zapamtiti svaki pojam.

Nadam se, da ćete u čitanju ovog rada uživati, koliko sam ja uživao pisavši svaku reč i rečenicu. Istovremeno se nadam, da će ovaj master rad imati uticaj na Vas, da sami istražujete i da se zainteresujete za neke pojmove iz fizike, ili iz bilo koje druge prirodne nauke.

1. Uvod

„This work contains many things which are new and interesting. Unfortunately, everything that is new is not interesting, and everything which is interesting, is not new.“

- Lev Landau

1.1. Da li je fizika stvarno zanimljiva?

Jednog dana je došlo vreme da odlučim šta želim da studiram. Oduvek sam znao, da ću biti neki profesor, ili neko ko radi u laboratoriji. Za vreme gimnazije sam išao na privatne časove iz fizike. Profesor u gimnaziji nije znao, kako da nas motiviše, da predaje na takav način, da njegov predmet bude interesantan. Skoro niko nije voleo fiziku u našem razredu. Kad sam prvi put otišao na privatni čas, kod Ištvana Lapiša, osećao sam, da se nešto krije u fizici. Nešto misteriozno. S vremenom sam shvatio, da je fizika jako korisna, istovremeno može biti konfuzna nauka, i da hoću da se bavim njom. Lapiš se na jednostavan način izražavao i objašnjavao fizičke pojmove i to me je motivisalo, da i ja budem neko, ko će đacima, ljudima objašnjavati pojmove na takav način, da se dive fizici.

Da li je onda fizika stvarno nezanimljiva, ili se samo đaci, ljudi, ne potrude dovoljno, odnosno nedostaje im motivacija, da razmišljaju o fizičkim stvarima? Moj odgovor je sledeći: mnogo zavisi od profesora, kako će pristupiti nastavi, jer je jako veliki procenat đaka, ljudi, koje na neki način, interesuje fizika.

Tokom svog studiranja sreo sam mnogo ljudi; neki su studenti, a neki su zaposleni. Jako veliki procenat tih ljudi, čim su saznali, da studiram fiziku, su odmah odreagovali pitanjem: „Fizika? Jel’ nije to teško?“. Ali posle toga, isto veliki broj od njih je pitao, da li bi njihova teorija, o kojoj su već neko vreme razmišljali, mogla da funkcioniše. Neki od njih su me pitali, da li ima nešto o čemu sam razmišljao, tj. da li imam svoju teoriju o nečemu. Na primer, kako bi mogli da povežemo fiziku sa ljudskim umom, o telepatiji pomoću subatomske čestice^[2]. Bili su otvoreni prema razgovoru o fizici. Nisu se bojali, da nešto neispravno pitaju ili kažu. Data objašnjenja na njihova pitanja bi im otvorila oči, posle toga će i sami pretražiti nešto na internetu ili pročitati nešto.

Po mom iskustvu mogu da kažem, da je fizika itekako zanimljiva, a i fizičari, ako znaju pristup, koje metode koristiti, da bi đacima, ljudima objašnjavali fizičke pojmove.

2. Formiranje i razvoj pojmova iz fizike primenom različitih modela nastave

Pojam se obrazuje kada se uoče zajedničke osobine pojedinačnih objekata (predmeta) ili pojava koje imaju dovoljno slične osobine. Pojam je sredstvo i proizvod mišljenja, možemo reći za neki pojam da nam je poznat ukoliko znamo njegov sadržaj, obim i domen.

Naučni pojam je uvek rezultat misaonog procesa i do njega se može doći jedino mišljenjem. Iako se i u ovom radu služimo terminom „predavati pojmove“, moramo istaći činjenicu da se naučni (fizički) pojam ne može „dati“ – „predati“ već samo formirati misaonim radom. Jednom formirani pojmovi ne ostaju nepromenjeni, nego se menja njihov obim i sadržaj – to je razvoj pojma (na taj način se proširuje naše saznanje o stvarnosti). Ovaj rad upravo treba da pomogne u formiranju i razvoju odgovarajućih pojmova. Ovi modeli će, na odgovarajućim mestima u tekstu, koji daje objašnjenja i primere s ciljem formiranja određenih pojmova, olakšati razumevanje čitaocima i data objašnjenja dodatno učiniti zanimljivim. Takođe, biće ukazano na mogućnost primene nekih modela u nastavi fizike, prilikom obrade nekih pojmova iz oblasti atomske i nuklearne fizike.

Da bismo na času fizike mogli bolje objasniti pojmove u vezi sa atomom, navešću nekoliko modela pomoću kojih je to moguće i daću objašnjenje zašto smatram da ih je korisno koristiti. Kasnije će u radu, čitaoci biti pozvani da iskoriste neke mogućnosti modela koje ćemo predstaviti.

2.1. Multimedijalni sadržaji u nastavi fizike

Vizualizacija je ključna u održavanju pažnje kod đaka. Bilo da je to samo jedna slika ili neki snimak na internetu, đaci će obratiti više pažnje. Đaci žele da vide nešto što je interesantno a ne samo kako profesor priča o formulama i objašnjava stvari iz glave. Ako postoji mogućnost da za našu nastavnu jedinicu možemo koristiti sliku ili neki video prikaz, to će pomoći đacima da bolje vizualizuju stvari, da razmišljaju na drugačiji način vezano za prikazanu oblast.

2.1.1. Kada i kako treba koristiti ovaj model

1. *Pre učenja o pojmu.*

Pokazivanje medija pre diskusije daje đacima sliku, koju mogu upoređivati sa temom ili pojmom o kojem pričamo. Ovaj pristup omogućava brzo prisećanje na ranije primere. Đaci su u mogućnosti, da u kontrastnim slučajevima^[3] prave razliku.

2. *Posle kratkog uvoda, ali pre učenja o pojmu.*

Đaci dobijaju kratko objašnjenje o čemu je ovaj medij i na šta treba obratiti pažnju.

3. *Posle učenja o pojmu.*

Pokazivanje medija posle opisavanja jedne teorije ili pojma dozvoljava profesoru da detaljno ispituje pokazanu teoriju ili pojam zajedno sa đacima, ovo je tzv. case theory. Na ovakav način bi đaci mogli razviti svoje analitičke veštine^[4].

4. *Pre i posle učenja o pojmu.*

Ponoviti medije je posebno korisno, kada probamo razviti razumevanje đaka kod nekih kompleksnih tema. Korišćenjem medija pre diskusije daje đacima oslonac. Treba đake voditi pomoću opisivanja kroz temu. Ponavljanjem medija i navođenjem đaka da analiziraju ono što vide koristeći teorije ili pojmove o kojima smo pričali će pojačati ono što su sad učili [2].

2.1.2. Prednosti modela

1. *Prezentovanje kompleksnih ideja*

Puno medijskih izvora (filmovi, muzički snimci, vizualizacije, vesti) ima jako veliki proizvodni kvalitet, koji je sposoban da prezentuje kompleksne ideje u kratkom vremenskom periodu.

2. *Izaziva diskusije, procenjivanje ljudi*

Mediji nude i kognitivna^[5] i afektivna^[6] iskustva. Mogu izazvati diskusije, procenjivanje nečije vrednosti i procenjivanje samog sebe, ako scene imaju jaki emocionalni sadržaj.

3. *Povezuje đake sa događajima*

Korišćenje medijskih izvora pomaže povezivanje đaka sa događajima, koji su kulturno relevantni, ali moramo paziti, da prikazani materijali budu aktuelni.

4. Održava pažnju đaka

Popularni mediji (filmovi, muzika, Youtube) su poznati đacima i oni pomažu u održavanju njihove pažnje tokom objašnjavanja teorija ili pojmova. Đaci mogu da vide te teorije ili pojmove “u akciji”.

5. Otvariće se novi svet

Đaci mogu doživeti svet izvan svog, naročito ako medij u velikoj meri odstupa od njihove lokalne sredine [3].

2.2. Kompjuterske simulacije

Učenicima treba omogućiti da misle, uopštavaju, istražuju, u čemu dobro primenjena računarska tehnologija može dosta da pomogne. Dobro iskorišćen računar, snabdeven valjano priređenim obrazovnim programima, omogućuje učenicima da operišu podacima i informacijama iz računarskih baza, da ih upoređuju i dovode u međusobne veze i tako donose zaključke [4].

Ovakve vrste simulacije su definisane pomoću dve odlike, koje moraju imati:

1. Postoji kompjuterski model jednog realnog ili teorijskog sistema, koji u sebi sadrži informacije o tome, kako se taj sistem ponaša.
2. Može se odvijati eksperimentisanje, tj. sa promenom unesenih podataka u modelu promeniće se izlazni podaci.

Kompjuterske simulacije mogu biti jako moćni izvori u predavanju, pošto nam nude pristup okolini, koja bi inače bila jako opasna ili nepraktična zbog ograničenja u veličini ili vremenu. U isto vreme olakšava vizualizaciju kompleksnog ili dinamičkog ponašanja [5].

2.2.1. Kompjuterske simulacije u nastavi

Kompjuterske simulacije možemo razmatrati kao jednu varijaciju kognitivnih alata, tj. ona dopušta đacima da isprobaju hipoteze i „šta bi bilo, ako...” scene. Pored toga, omogućuju đacima, da stiču osnove u razumevanju njihovih akcija u situacijama. Za ovakve simulacije možemo smatrati, da su kompatibilne sa konstruktivnim pogledom^[7] u nastavi.

Opšte karakteristike kompjuterskih simulacija u nastavi su da su one:

1. Zasnovane na modelu:

Simulacije su zasnovane na jednom modelu. To znači, da su računanje i zakoni, koji rukovode simulacijom, programirani. Ovakva računanja i zakoni su kolektivno nazvani kao model i određuju ponašanje simulacije, koja zavisi od onoga, što korisnik radi.

2. Interaktivne:

Đaci rade interaktivno sa simulacionim modelom, da bi uneli podatke i posle posmatrali kako promenljive u simulaciji menjaju izlazne podatke.

3. Pokretane od strane interfejsa:

Vrednost, koja se menja zbog uticaja promenljive i posmatrana vrednost, koja se menja u izlaznom podatku su nađene u interfejsu simulacije.

4. Podeljeni su na korake:

Simulacije, koje su dizajnirane za obrazovanje bi trebali imati podršku, da pomognu đacima, da iskustvo učenja bude što efikasnije. Korak po korak uputstvo ili mali zadaci, koji rastavljaju zadatak pomažu đacima, dok đaci rade na simulaciji.

2.2.2. PhET (Physics Education Technology) simulacije

PhET simulacija obezbeđuje zabavnu, besplatnu, interaktivnu, istraživačko zasnovanu naučnu i matematičku simulaciju. Svaka simulacija je obimno testirana i evaluirana, da bi bila obezbeđena nastavna efikasnost. Testiranja obuhvataju razgovor sa đacima i observacije korišćenja simulacije u učionici. Simulacije su napisane u Javi, Flash or HTML5 i moguće je rad sa njima onlajn ili ako ih preuzmemo sa interneta na kompjuter. Više sponzora podržavaju PhET projekte, zbog čega su simulacije besplatne za svakog đaka i profesora [6].

2.3. Projektna nastava

Utemeljivač i začetnik ove vrste nastave je američki filozof i pedagog Džon Džui. Džui je zasnovao instrumentalizam^[8]. Smatrao je da problem ljudi nije u tome, kako će upoznati okruženje, nego kako će naučiti da njime ovladaju i da ga promene. Saznanje, koje potiče iz materijalnog iskustva vredno je jedino, ako služi kao sredstvo, kao instrument za praktičan život. Svrha mišljenja je da bude instrument za efikasno sređivanje čulnih podataka i za prilagođavanje

stvarnosti ljudskim potrebama. Džui je smatrao da znanje nije čista teorija, nego moć koja se ne sme koristiti radi vladavine nad ljudima, već nad prirodom i da mora biti u funkciji društvenog napretka. Bio je protivnik vaspitanja i obrazovanja, koje šematizuje ličnost učenika, a tražio je da škola doprinosi razvoju potencijala kojima učenik raspolaže. Najbolje je ono obrazovanje u kojem učenik uči kroz rad, koje priprema za uspešan susret sa stvarnošću. Škola treba da varira stepen složenosti zadataka, koje postavlja pred učenika [4].

2.3.1. Osnovna polazišta u organizaciji nastave

Osnovna polazišta utemeljivača projektne nastave mogu se iskazati u nekoliko stavova:

1. Nastava u školama treba da bude zasnovana na potrebama društvenog okruženja i na interesovanjima i misaonim mogućnostima učenika.
2. Škola zasnovana na koncepciji prenošenja znanja usporava razvoj učenika. Daleko je delotvornije obrazovno-vaspitni proces temeljiti na aktivnosti učenika, jer to ubrzava njihov intelektualni razvoj i priprema ih na praktično delovanje.
3. Učenicima treba davati zadatke koji zahtevaju znanje integralnog karaktera iz različitih predmetnih oblasti i koji ih podstiču na istraživački pristup.
4. Znanja učenika moraju da imaju praktičnu primenljivost i vrednost, treba da budu u funkciji poboljšavanja životnih uslova i rešavanja konkretnih problema.
5. Nastavni program ne treba da propisuje država i on ne treba da bude isti za sve škole i učenike. Sadržaje treba da bira nastavnik na osnovu interesovanja, mogućnosti i potreba samih učenika. To znači da, prema ovom konceptu, ne dolazi u obzir centralizovano donošenje nastavnih planova i programa, koji bi bili jednako obavezni za sve škole istog tipa u državi. Isključuje se podela na nastavne predmete, a umesto nje preporučuju se različiti projekti, kojima treba da budu obuhvaćena sva značajnija pitanja prirode i društva.
6. Rad na projektima treba da se organizuje tako, da bude usklađen sa individualnim ritmom i mogućnostima svakog učenika [4].

2.3.2. Etape i primeri projektne nastave

Organizacija obrazovno-vaspitnog procesa u projektnoj nastavi realizuje se u sledećim etapama:

1. Nastavnik, u saradnji sa učenicima, bira aktuelan problem koji i za same učenike, njihove roditelje i okolinu ima praktičnu vrednost. Taj problem se pretače u zadatak (kako ga rešavati) koji može zadirati u različite nastavne oblasti. Veoma je bitno da sami učenici budu zainteresovani za odabrani problem i da u vezi sa njim imaju bar izvesna iskustva.
2. Zajednički se utvrđuje projekat rešavanja problema. Nastavnik nastoji da učenici da što više predloga za rešavanje, on usmerava njihove inicijative, dopunjuje ih i konačno uobličava.
3. Projekat se realizuje u različitim socijalnim oblicima – grupno, u parovima, ili individualno u učionici, laboratoriji, biblioteci, na oglednom polju, ekonomiji. Prikupljaju se neophodni podaci, koji mogu doprineti sagledavanju i rešavanju problema.
4. Na osnovu prikupljenih i analiziranih podataka, koji se dovode u međusobnu logičku vezu, izvode se i proveravaju zaključci. Pristupa se i korekciji ukoliko je ona potrebna. Rezultati se prikazuju na različite načine: kao pisani izveštaji, nacrti, skice, slajdovi, videotrake, tabele sa neophodnim podacima.
5. Završna etapa je praktična primena dobijenih rezultata. To znači da učenici, treba da urade svoj deo posla, a ako je zadatak kompleksniji i obuhvata i neke činioce iz neposrednog okruženja, onda škola treba da ih zainteresuje da se i oni uključe u realizaciju [4].

Projektna nastava omogućuje učenicima da prošire i obogate svoja iskustva, da ovladaju stilom učenja koji im najviše odgovara i da se osamostaljuju. Realizacija zadataka, bar što se tiče izračunavanja, tabelarnog i grafičkog prikazivanja znatno je olakšana ako se u radu koristi savremena informaciona tehnologija. Od prvobitnog koncepta koji je dao Džui, a dalje je razvio Kilpatrik, projektna nastava je prošla dugu genezu. U početku je bila zamišljena kao univerzalni način rada, ali su joj didaktička teorija i praksa dali pravo mesto. Danas se ne preporučuje školama da kompletan obrazovno-vaspitni rad organizuju na principima projektne nastave nego u kombinaciji sa drugim vrstama nastave. Projekti mogu vrlo uspešno koristiti u svojstvu dopunskog elementa u organizaciji samostalnog rada učenika. Ovakva vrsta nastave bitno doprinosi da učenik u samostalnom radu bira putanju obuke koja, po njegovom mišljenju, može najbrže i najefikasnije da dovede do cilja. Ako radi u maloj grupi na nekom složenijem i dugoročnijem projektu, on je u velikoj prednosti, jer se navikava na timski rad, na saradnički odnos, na istraživačku organizaciju rada, a uz to stečeno znanje primenjuje u oblasti za koju je zainteresovan, postaje subjekat saznavanja. Obuka pomoću projekata znatno povećava efikasnost rada jer je u nju ugrađena povratna informacija pa učenik zna da li je na pravom putu, a ako slučajno zaluta brzo se vraća na pravu stazu. Učenik sagledava vrednost vlastitoga iskustva,

praktičnu vrednost svoga znanja, koristi različite sazajne izvore, profesionalno se usmerava, pripema se za aktivno učešće u radnim procesima [4].

2.4. Primena metafora u nastavi

Jedan od opštih zahteva koji se postavljaju pred nastavnike jeste zahtev, da njihovi učenici nastavne sadržaje usvoje na nivoima koji su viši od nivoa zapamćivanja. Prvi korak u ostvarivanju tog zahteva odnosi se na to, da učenici shvate to što uče. Kada opisujemo postupke, koje preduzimamo da bi drugi razumeli sadržaje koje im prezentujemo, najčešće koristimo termin objašnjavanje. Raznolika su sredstva i metode koje se koriste prilikom objašnjavanja. Među takvim sredstvima su i analogije. Njihova odgovarajuća primena u učenju predstavlja ostvarivanje didaktičkog pravila: od poznatog ka nepoznatom. Eksplanatorna moć analogija proizlazi iz njihovog potencijala da pospešuje uspostavljanje veza između novih sadržaja i onoga što učenik već zna. Ovo je posebno važno kod učenja u kojem se veza uspostavlja između postojećeg znanja i sadržaja koje je teško razumeti na intuitivan način [7].

Šta su analogije? Primena analogija i metafora podrazumeva upoređivanje dve pojave ili dva objekta uz naglašavanje njihovih sličnosti, bitno je naglasiti da se tu ističu relacione sličnosti (sličnosti u odnosima među elementima). Jedna od pojava je poznata (ili poznatija), a druga je nepoznata (ili manje poznata), pa se prva koristi kao izvor saznanja o drugoj. Analogije pomažu da se izgradi neka vrsta pojmovnog mosta između postojećeg i budućeg znanja.

Način na koji se primenjuju metafore vrlo je sličan primeni analogija. Postoje i neke razlike:

1. U metaforama se navodi A je B, dok se u analogijama kaže A je kao B.
2. Dok je poređenje je u metaforama prikriveno, u analogijama je oko eksplicitno.

Dimenzija eksplicitnost – implicitnosti poređenja nema uvek jasne granice, tako da često nije lako razlikovati metaforu od analogije. Postoje i metafora koje nisu fokusirane na relacije, nego na upoređivanje svojstava objekata.

Najveća problem kod primene analogija odnosi se na to što njihova neadekvatna primena može dovesti do formiranja neodgovarajućih pojmova i pogrešnog razumevanja. Učenik neku pojavu o kojoj uči pomoću analogije može razumeti na neadekvatan način pogrešno povezujući njene karakteristike sa karakteristikama neke druge pojave. Različita predznanja učenika mogu dovesti do drugačijeg procesa mapiranja od onog koji je imao na umu nastavnik, što lako dovodi do pogrešnog razumevanja [7].

3. Razvoj fizike tokom vremena

Potrebno je spomenuti, pisati malo o istoriji. Čovečanstvo se nije rodilo sa znanjem koju ima dan danas. Sve što znamo je došlo s vremenom, sa uložnim trudom i razmišljanjem. Moramo znati, da se ne treba bojati od razmišljanja, da pričamo o stvarima vezanim za nauku. Ljudi greše. Neke teorije, koje su naučnici, filozofi pretpostavljali da važe, su kasnije oborene. Ali, ove teorije su nam dale prvi korak za razmišljanje o nekoj potpuno novoj stvari. Tako da svako, ko hoće da se bavi naukom, ne treba da se boji neuspeha.

Kao istorijski uvod ću napisati neke ideje, koje su postavile temelj za razvoj pojmova vezanih za atome.

3.1. Početak formiranja nauke

Ljudi su, dok su posmatrali nebo spoznali da u nekim vremenskim periodima sunce izlazi i zalazi, pojavljuje se mesec na istom mestu otprilike svakih dvadeset i sedam dana, da se zvezde svake godine nalaze na istom mestu. Ljudi su tražili neko objašnjenje i mislili su da je to delo bogova i boginja.

Ali posle nekog vremena, otkrili su da iza istine stoji nauka. Pomoću nje, a ne pomoću religije i magije, probali su da objasne kako priroda funkcioniše. Svaka kultura je na svoj način u nekom momentu počela da se bavi naukom.

3.1.1. Atomizam kod Grka

U Evropi su Grci bili prvi koji su se bavili naukom. To je počelo oko 600.god. pre naše ere. Pitagora i njegovi sledbenici su izučavali brojeve. Verovali su da kao što su i brojevi, i naš svet je podeljen na konačne elemente. Ovo je bila prva pretpostavka da atomi postoje [8]. Smatra se da je Leukip bio prvi koji se bavio atomizmom. Prema teoriji atomista postoje dva fundamentalna sastavna dela naše prirode: atomi, koji postoje kao nedeljiva stvar i praznina. Atom i praznina su suprotno karakterizovani. Atomi po prirodi mogu da se kreću kroz prazninu i pritom da se kombinuju u različite gomile. Pošto su atomi sastavni delovi svega i pomeraju se, sve u makroskopskom svetu će se menjati. Ove promene u makroskopskom svetu su izazvane preuređivanjima atomskih grupa. Atomi mogu da se razlikuju u veličini, obliku i poziciji. Kako se kreću u praznini neki atomi mogu privremeno da se vežu sa nekim drugim atomom pomoću male kuke i bodlje na površini. Oblik pojedinačnih atoma utiče na makroskopsku strukturu

atomske grupe, pošto praznina između atoma određuje neka svojstva. Demokrit i Epikur su rekli da se svaka različita stvar sastoji od različitih kombinacija tih atoma [9].

3.2. Anno domini

Sa padom Rimskog carstva, oko 400.god. naše ere, deo dotadašnjih znanja se izgubilo, naročito kada je Evropa ušla u srednji vek. Na primer, tvrdnja da Zemlja ima oblik sfere je bila zamenjena sa konceptom da je Zemlja ravna. Na žalost, sve više i više ljudi i dan danas veruje u ovo [10].

Tokom srednjeg veka crkvene škole su bila mesta gde su knjige (bez obzira na tematiku) koje su ulazile u Evropu, bile proučavane. Isto tako na ovim mestima su prepisivali ove knjige. Ove škole su posle postali prvi univerziteti, kao što je npr. Kembridž, Bolonja, itd. Oksford je bio jedan od najznačajnijih, u ovom dobu, koji je pomogao fizici da se razvija.

3.2.1. Moderni pogled na atome

Do 1808. godine, teorija o atomu je bila ista od staro grčkog doba. Posle je Džon Dalton (*John Dalton*, 1766 – 1844) predložio novi modela atoma. On ih je zamislio kao male sfere, koje su nedeljive. Rekao je, da je pomoću atoma moguće dobiti različita jedinjenja. Daltonova teorija o atomima je bio prvi kompletan pokušaj opisivanja svake stvari vezane za atome i njihova svojstva. On je zasnovao svoju teoriju na zakonu održanja mase i sastava (elementa) [11].

Niko nije verovao Daltonu. Ali vremenom, sve više i više ljudi je počelo da razmišlja o onome, što je Dalton rekao i počeli su da mu veruju. Početkom 1900. godine, ideje o atomu su počele da se menjaju. To je bilo zbog toga, što je Dž. Dž. Tomson (*Joseph John Thomson*, 1856 – 1940), 1897. godine, otkrio elektrone. Tako je bila narušena ideja, da su atomi nedeljivi. Smatrao je, da atome možemo zamisliti kao mafin sa borovnicama. Ako bismo prepolovili mafin, unutar njega bismo našli borovnice, koje bi u ovom slučaju, bili elektroni, tj. negativno naelektrisane supstance. A šta bi onda bilo testo? Tomson je smatrao da bi to moralo da bude pozitivno naelektrisana supstanca. Njegova teorija je dobila kranji oblik 1904. godine [12].

Nije trebalo čekati predugo, da se rodi nova teorija atoma. Ernest Raderford (*Ernest Rutherford*, 1871 – 1937) je, 1911. godine, otkrio da postoji tzv. nukleus. U nukleusu je smešteno svaka pozitivno naelektrisana čestica, i osim elektrona, u atomu je poprilično prazan prostor.

Nils Bor (*Niels Bohr*, 1885 – 1962) je rekao, da se elektroni, kao planete oko Sunca, kreću oko nukleusa po određenim putanjama. To je bilo 1913. godine. Šredinger (*Erwin Schrödinger*, 1887 – 1961) se nije slagao sa Borovom idejom. On je, 1926. godine, pretpostavio nešto

drugačije. Rekao je, da se elektroni kreću oko nukleusa, na neodređenim putanjama, slučajno. Borov naziv za putanje je bio orbit, a Šredingerova je orbitala. Šredingerov model je proširio Džejms Čadvik (*James Chadwick*, 1891 – 1974), kada je otkrio neutrone 1932. godine.

Današnja teorija o atomima je bila pretpostavljena 1932. godine, ali kako sve više i više naučnici otkrivaju o česticama, atomima, tako će se i teorija o atoma usavršiti.

4. Kratak uvod o malim i velikim brojevima

Sa početkom ove glave ulazimo u svet fizike, gde će profesori i ljudi moći da na jednostavan način dobiju odgovore na pitanja vezana za atome, tj. kako treba predavati pojmove vezane za atome i kako ih treba zamisliti.

Ali pre nego što uđemo u svet fizike, treba malo proučavati svet matematike. Ljudski mozak može vizualizovati broj veličine nekoliko stotina, miliona ili jedan stoti deo ($\frac{1}{100}$) samo ako ga treniramo, tj. koristimo te brojeve [13]. Uprkos tome još postoje neke veličine, koje ne možemo ni tad zamisliti, iako baratamo sa brojevima, kao što je npr. trilion. U toku ovog rada ćemo se sresti sa jako malim i velikim brojevima kao što su već napomenute veličine. Kako ćemo sve te brojeve evidentirati? Odgovor se nalazi u jednom od najvećih uspeha matematike: izumu eksponenata i naučnih notacija.

Da počnemo sa jednim velikim brojem. Zemljina ljudska populacija je otprilike sedam i po milijardi. Jedna milijarda je broj deset pomnožen sam sa sobom devet puta. Možemo ga izražavati kao 1 koju sledi devet 0:

$$\text{Jedna milijarda} = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 1,000,000,000$$

Kratka matematička notacija za deset pomnožen devet puta sa sobom je:

$$\text{Jedna milijarda} = 10^9$$

Na ovakav način možemo napisati Zemljinu ljudsku populaciju:

$$\text{Sedam i po milijardi} = 7,5 \cdot 10^9$$

U ovom slučaju broj devet zovemo eksponent.

Sad ćemo uzeti veći broj: ukupan broj protona i neutrona u Zemlji, otprilike:

$$5 \cdot 10^{51}$$

Ovo je očigledno mnogo veći broj od populacije ljudi na Zemlji. Ali za koliko je veći? 10^{51} znači, da je deset pomnožen pedeset i jedan put sam sa sobom, dok je deset kod milijarde „samo“ devet puta pomnožen sam sa sobom. To znači, da 10^{51} ima 42 više deset faktora nego 10^9 . Ako hoćemo izražavati preko deljenja, dobijemo:

$$\frac{5 \cdot 10^{51}}{7,5 \cdot 10^9} = 6,67 \cdot 10^{41}$$

To znači, da je broj protona i neutrona je $6,67 \cdot 10^{41}$ puta veći od populacije ljudi na Zemlji.

Razmatraćemo i jako male brojeve. Veličina atoma je jedan deseti milijarditi deo jednog metra. U decimalnoj notaciji^[9] (kao što je npr. broj 1,5) možemo napisati:

$$\text{Veličina atoma} = 0,0000000001m$$

Obratimo pažnju na to, da se broj jedan pojavljuje na desetom mestu decimala (zareza). Ovakva naučna notacija za jedan deseti deo milijarde uključuje negativne eksponente:

$$0,0000000001m = 10^{-10}m$$

Brojevi sa negativnim eksponentom su mali, dok su brojevi sa pozitivnim eksponentom veliki.

Za kraj ovog poglavlja naučićemo još jednu stvar: množenje i deljenje sa naučnim notacijama, tj. sa eksponentima. Sve što moramo da uradimo jeste sabiranje i oduzimanje eksponenata. Neki primeri:

$$10^{42} \cdot 10^9 = 10^{51}$$

$$10^{81} : 10^{80} = 10^1$$

$$10^{-31} \cdot 10^9 = 10^{-22}$$

Kod prvog primera vidimo, da smo broj 51 dobili sabiranjem 42 i 9. Kod drugog smo vršili oduzimanje i preostao nam je 10^1 , tj. samo broj 10. Kod trećeg smo sabirali broj -31 i 9 i na takav način smo dobili -22 . Ono što možemo zaključiti iz ovoga jeste, da kod ovakvih naučnih notacija, množenje se svodi na sabiranje a deljenje na oduzimanje pri čemu treba da obratimo pažnju na predznake ispred eksponenata [13].

5. Osnovne interakcije u prirodi

5.1. Pojam interakcija

Potrebno je upoznati osnovne interakcije, koje su prisutne u prirodi, da bismo mogli đacima i ljudima, koji pokazuju interesovanje prema fizici, objašnjavati pojam atoma.

Interakcija je u suštini jedan način, na koji čestice (npr. proton, elektron), polje (npr. gravitaciono, magnetno) utiču jedno na drugo. Između tela i okoline postoji jako puno interakcija, zbog čega fizičke osobine tela mogu da se promene. Takve promene mogu da budu: brzina, naelektrisanje, temperatura, itd. U svetu mikrofizike i makrofizike postoji četiri vrste interakcija [14]. Za interakcije važi III Njutnov (*Isaac Newton*, 1643 – 1727) zakon:

Ako telo A deluje na telo B (sila akcije), onda će telo B delovati na telo A silom istog intenziteta i pravca, ali suprotnog smera (sila reakcije).

$$\vec{F}_A = -\vec{F}_B$$

$\vec{F}_A$ je sila kojom telo A deluje na telo B, a $\vec{F}_B$ je sila kojom telo B deluje na telo A. Strelice iznad sile označavaju da su to vektorske veličine. Šta su zapravo vektori? Vektori su veličine, koje imaju intenzitet, odnosno brojnu vrednost (npr. dužinu), pravac i smer. Kao što je i naša sila neka vektorska veličina, zbog toga, što ima brojnu vrednost i deluje u nekom pravcu i smeru. U daljem tekstu vektorske veličine nećemo označavati kao vektore, nego samo kao skalare, tj. bavićemo se samo njihovim intenzitetom. Matematički način izračunavanja sile je moguće pomoću II Njutnovog zakona:

Sila koja deluje na telo je srazmerno masi i ubrzanju tela.

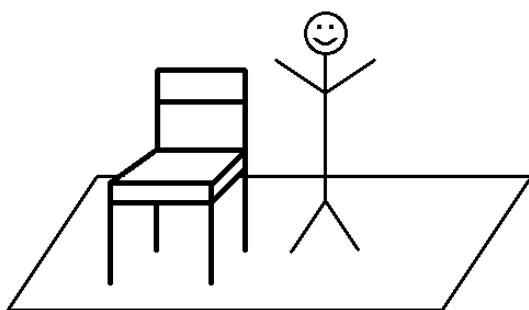
$$F = m \cdot a$$

U ovoj formuli F označava silu, m je masa tela i a je ubrzanje tog tela. Umesto ubrzanja je moguće koristiti i ubrzanje Zemljine teže, tj. $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$, ako naše telo pada ili ga vuče Zemlja. Jedinica sile je njutn.

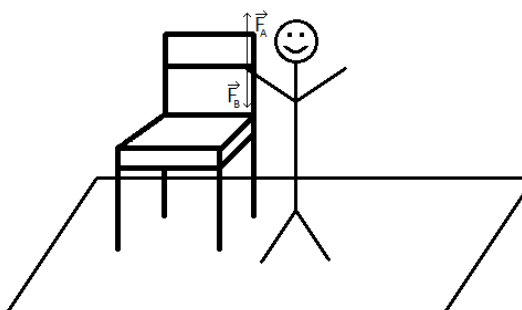
$$[F] = [m] \cdot [a] = kg \cdot \frac{m}{s} = N$$

Šta to znači? Ako hoćemo da premestimo stolicu, treba da je podignemo. Čim počinjemo da dižemo stolicu, osetimo težinu stolice, tj. kako stolica “vuče” prema dole. Ono što vuče stolicu dole je sila Zemljine teže, što znači da naša sila, kojom delujemo na stolicu, treba da bude po intenzitetu jednaka sili Zemljine teže koja deluje na našu stolicu, da bismo mogli da je podižemo.

Mi smo vršili silu akcije podizanjem stolice sa Zemlje prema gore, a na našu ruku u istom trenutku je počela da deluje sila iste jačine, odnosno sila reakcije, prema dole.



Slika 1.: Pre podizanja stolice ne deluje nikakva sila između nas i stolice



Slika 2.: Posle podizanja stolice deluju sila akcije, F_A , i sila reakcije, F_B

Da bismo dobili osećaj veličine interakcija, odnosno sila, rešićemo jedan problem.

Zadatak:

Kolika bi bila sila, kojom bismo podići stolicu, koja ima masu 5kg sa Zemlje u potpunosti (da noge stolice ne bi bile na Zemlji) i kolika bi bila sila koja deluje na nas u drugom smeru?

Rešenje:

Prvo napišemo podatke koje znamo, tj. masu stolice i gravitaciono ubrzanje, g , za Zemlju (gravitaciono ubrzanje se menja od nebeskog tela do nebeskog tela zbog mase). U zadacima za gravitaciono ubrzanje uzeta vrednost $g = 10 \frac{m}{s^2}$, pa ćemo i mi uzeti ovu vrednost. U ovom zadatku koristićemo sliku 2, zbog lakše vizualizacije zadatka.

$$m = 5kg$$

$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$

$$F = ?$$

Napišemo formulu za silu (II Njutnov zakona) pri čemu za ubrzanje uvrstimo g :

$$F = m \cdot g$$

Svaku vrednost znamo, pa možemo odrediti silu:

$$F = 5kg \cdot 10 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 50kg \frac{m}{s^2} = 50N$$

Ova sila je jednaka sili akcije, tj. sili kojom smo podigli stolicu sa zemlje:

$$F = F_A = 50N$$

Na osnovu III Njutnovog zakona znamo, da je sila akcije jednaka sili reakcije, ali njihov smer je suprotan, tj. jedna ima pozitivnu a druga negativnu vrednost:

$$F_A = -F_B = -50N$$

Sa time smo završili zadatak.

Ako još uvek nismo dobili osećaj za interakciju i silu, u tom slučaju razmatraćemo dve veličine: masu i njutn. Masa je osnovno fizičko svojstvo svih tela, pruža otpor promeni brzine pri delovanju sile i određuje snagu gravitacionog privlačenja između tela [15]. Veća masa znači veći otpor, tj. potrebna je veća sila da bi telo promenilo svoju brzinu (II. Njutnov zakon). U prethodnom zadatku smo dobili rezultat od $50N$. Da li imamo osećaj kolika je ta količina? $1N$ je sila koja je potrebna da se telo mase $1kg$ ubrza za $1\frac{m}{s^2}$ [16]. To znači, da jedno telo, koje ima masu od $1kg$, svaki sekund povećava svoju brzinu: u prvoj sekundi brzina tela bi bila $1\frac{m}{s}$. U drugoj sekundi bi bila $2\frac{m}{s}$. U trećoj sekundi $3\frac{m}{s}$. To je zbog toga, što se zbog ubrzanje u svakoj sekundi brzina povećava za $1\frac{m}{s}$. Ovo se zove ravnomerno ubrzano kretanje. Da to matematički dokažemo:

Ubrzanje u svakoj sekundi je $a = 1\frac{m}{s^2}$, pa koristimo formulu za ubrzanje da bismo dobili brzinu u prvoj sekundi:

$$a = \frac{v}{t} = 1\frac{m}{s^2}$$

Iz ovoga dobijemo brzinu:

$$v = a \cdot t = 1\frac{m}{s^2} \cdot 1s = 1\frac{m}{s}.$$

To znači, da brzina $1\frac{m}{s}$ traje za $1s$. U drugoj sekundi je:

$$a = \frac{v}{t} = 1\frac{m}{s^2}$$

$$v = a \cdot t = 1\frac{m}{s^2} \cdot 2s = 2\frac{m}{s}.$$

Brzinu $2\frac{m}{s}$ ima u drugoj sekundi. U trećoj sekundi je:

$$a = \frac{v}{t} = 1\frac{m}{s^2}$$

$$v = a \cdot t = 1 \frac{m}{s^2} \cdot 3s = 3 \frac{m}{s}.$$

Brzinu $3 \frac{m}{s}$ ima u trećoj sekundi.

Ali zašto smo onda dobili $50N$ kao krajnji rezultat, ako stolica ima samo masu od $5kg$? Zašto nismo dobili samo $5N$ silu? Gravitaciono ubrzanje iznosi $9,81 \frac{m}{s^2}$, tj. ako bismo ispustili jedan kliker iz svoje ruke, da slobodno pada, na njega bi delovala gravitaciona sila i ono bi imalo gravitaciono ubrzanje g . Da bismo mogli da savladamo ovu privlačnu silu, trebalo je da uložimo silu od $50N$.

5.2. Ono što nas drži zajedno

Pomoću navedenih pojmova vezanih za interakciju možemo krenuti dalje i uzeti u razmatranje interakcije, koje se javljaju u prirodi po redu od najslabije ka najjačoj. Interakcije koje su nama potrebne su elektromagnetna, slaba i jaka, ali saznaćemo nešto i o gravitacionoj i zašto ona nije toliko bitna kod atoma.

1. Gravitaciona interakcija:

Neki ovu interakciju zovu samo gravitacija. Svako telo, koje ima masu različitu od nule, učestvuje u gravitacionoj interakciji [17]. Nije bitno da li je ta masa jako velika, kao što je kod planete, ili jako mala, kao što je kod subatomske čestice, delovaće gravitacija na njih. Njena sila se zove privlačna ili gravitaciona sila. Formula za gravitacionu silu:

$$F = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

gde je m_1 masa prvog tela, m_2 je masa drugog tela između kojih se dešava privlačenje (pošto je gravitaciona sila uvek privlačna), r je rastojanje između dva tela, a γ je gravitaciona konstanta, koja ima vrednost $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{s^2 kg}$ [18].

Svojstva gravitacione interakcije:

- Njen intenzitet je najslabiji u odnosu na druge interakcije.
- Domet gravitacione interakcije je do beskonačnosti.
- Deluje na sva tela koja imaju masu različitu od nule.
- Uvek je privlačna.

- Za tela, čije mase su jako male, gravitaciono privlačenje će biti jako malo, skoro neosetljivo.
- Gravitaciona interakcija može stvoriti vezano stanje, kao što je npr. Sunčev sistem ili između jedne planete i njenih veštačkih i prirodnih satelita, kao što su npr. meseci.

Zaključak:

Teško je zamisliti, da je gravitaciona interakcija najslabija interakcija u prirodi, ako posmatramo manja tela sa naelektrisanjem. Ostale interakcije koje učestvuju u kreiranju atoma, gde moraju da vladaju jako velike sile, da bi svaku subatomske česticu držale na okupu su mnogo intenzivnije. Pošto gravitaciona interakcija zavisi od mase tela, tj. veća interakcija kod tela veće mase, neće doći do izražaja kod subatomskih čestica, zbog jako male vrednosti mase. Posle upoznavanja sa masom subatomskih čestica, pokazaćemo da je gravitaciona sila stvarno najslabija sila kod atoma.

2. Slaba interakcija:

Ona je odgovorna za neka dešavanja u jezgri. Ova dešavanja su toliko retka, toliko male verovatnoće, da ih nije bilo moguće navesti pod drugom interakcijom. Na primer, beta minus raspad se odvija pod dejstvom slabe interakcije (o ovim procesima će biti reč malo kasnije).

Svojstva slabe interakcije:

- Domet slabe interakcije je jako mali, $10^{-18}m$.
- Intenzitet slabe interakcije raste sa smanjenjem rastojanja između interagujućih čestica.
- Ne može stvoriti vezano stanje.

Zaključak:

Jako je mali domet interakcije, odgovorne za promenu nekih svojstva jezgra atoma i subatomskih čestica. Treba da zapamtimo ovo, pošto ćemo pričati o njima i objašnjavati ih malo kasnije.

3. Elektromagnetna interakcija:

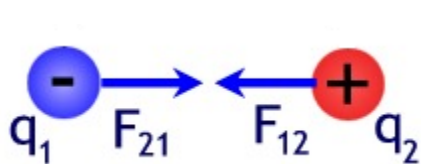
Posle uspešnog korišćenja gravitacione interakcije u astronomiji, smatrano je, da je svaku fizičku pojavu moguće povezati sa gravitacijom. U 19. veku je bilo očigledno, da električne i magnetne pojave nije moguće povezati sa njom i tako je nastala nova vrsta interakcija: elektromagnetna interakcija. Sila koja deluje između naelektrisanih čestica se zove Kulonova sila. Formula za Kulonovu silu:

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

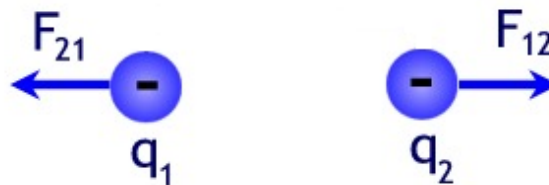
gde je q_1 količina naelektrisanja prvog tela, q_2 količina naelektrisanja drugog tela, r je rastojanje između dva tela, a k je Kulonova konstanta i iznosi $8,99 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$ [19].

Svojstva elektromagnetne interakcije:

- Domet elektromagnetne interakcije je do beskonačnosti.
- Ova interakcija ne deluje na tela bez naelektrisanja i magnetnog momenta^[10].
- Ova interakcija može biti privlačna, slika 3., (između čestice različitih naelektrisanja) i odbojna (između čestica istih naelektrisanja), slika 4. Između čestica q_1 i q_2 deluju Kulonove sile, tj. F_{21} i F_{12} .
- Ova interakcija (kao i gravitaciona) odgovorna je za ponašanje nekih objekata: drže molekule na okupu, deluje između jezgra i elektrona, itd.



Slika 3.: Elektromagnetna interakcija između dve čestice različitih naelektrisanja



Slika 4.: Elektromagnetna interakcija između dve čestice istih naelektrisanja

Zaključak:

Između dve čestice različitih naelektrisanja prisutna je i elektromagnetna i gravitaciona interakcija, ali pošto je Kulonova sila veća od privlačne sile zanemarićemo gravitacionu interakciju, kao što je bio već rečeno ranije.

4. Jaka interakcija:

Posle otkrivanja gravitacione i elektromagnetne interakcije je smatrano, da se najveći deo pojava u prirodi može svesti na ove dve interakcije. Ali se ispostavilo, da se stabilnost atomskog jezgra ne može objasniti preko gravitacione i elektromagnetne interakcije. Njena sila se zove jaka sila ili nuklearna sila.

Svojstva jake interakcije:

- Domet jake interakcije je jako mali, $10^{-15}m$, ne deluje van jezgra.
- Ima najveći intenzitet od svih ostalih interakcija.
- Postoje čestice na koje uopšte ne deluje.

- Može stvoriti vezano stanje, kao što je atom.
- Nukleoni preko nuklearne sile interaguju samo sa susednim nukleonima.
- Nuklearna sila nije centralna sila, tj. ne deluje, ne povezuje centre nukleona kroz jednu liniju.

Zaključak:

Ima najveći intenzitet i najmanji domet dejstva od svih interakcija. Ova interakcija je odgovorna za jake sile koje na okupu drže nukleone^[11] u jezgri. Odgovorna je za sudare nekoliko čestica, pri čemu dolazi do proizvodnje velikog broja novih čestica.

Ovi pojmovi jesu malo komplikovaniji i ima mnogo informacija, ali su one neophodne za objašnjenje strukture atoma.

6. Pojam atoma u osnovnim školama

Iz fizike je predviđeno da đaci uče pojam atoma u osmom razredu osnovnih škola. U najnovijem izdanju udžbenika, koji je izašao 2017. godine, đaci će učiti sledeće pojmove vezano za atome:

- Struktura atoma:
 - Elementarne čestice
 - Građa atoma
 - Jezgro atoma
- Radioaktivnost
- Primene nuklearne energije

Pratiću udžbenik čiji su autori Darko Kapor i Jovan Šetrajčić – Fizika za osmi razred osnovne škole (2017), tj. koje pojmove treba đacima objašnjavati, objasniti na jednostavniji način, korišćenjem više metodičkih modela.

6.1. Kuvar atoma

Ako sam već jednom spomenuo model atoma, koji možemo opisati pomoću mafina sa borovnicama, hteo bih na sličan način objasniti kako su se atomi rodili i njihov sastav. Kako bi đaci lako shvatili šta se dešava, iskoristiću priču punu metafora. U ovoj priči se, umesto da se đaci odmah opterećuju novim terminima (odgovarajućim naučnim pojmovima), koriste kao metafore pojmovi koji su svakodnevni i đacima dobro poznati.

Nalazimo se na jednom takmičenju u kivanju, koju je neko organizovao pomoću sponzora. Zadatak kuvara jeste, da se dobijaju različite smeše, koje nisu ni previše guste, ni previše retke. Na raspolaganju od sastojaka stoje, u beskonačnim količinama: mleveni keks, mleko i rendana čokolada. Naš kuvar će se potruditi, da dobije lepu smešu sa kombinovanjem ovih sastojaka dodavanjem jedne po jedne kašike. Moramo napomenuti, da se rendana čokolada u svakoj smeši nalazila na spoljašnjoj strani smeše, kao neka ljuska. Prvo je uzeo jednu kašiku rendane čokolade i mleka, bez keksa, pošto je moguće da je neko alergičan na pšenicu. Smeša, koju je dobio, je bila dovoljno dobra za određene kriterijume. Toj smeši je dao ime vodonik. Sledećoj je smeši dodao kašiku mlevenog keksa, a količina mleka i rendane čokolade je ostala ista. Dobijena smeša je dobila ime deuterijum. Kada je došao red da uradi sledeću vrstu, dodao je još jednu kašiku mlevenog keksa u istu količinu sastojaka, koje je upotrebio da bi dobio deuterijum i izgledalo je da smeša još uvek odgovara kriterijumu i dobila je ime tricijum. Naš kuvar je opet počeo ispočetka da pravi drugu smešu. Sad je koristio dve kašike mlevenog keksa, dve kašike mleka i dve kašike rendane čokolade. I ovaj put je smeša odgovarala kriterijumu tako da je dobio

helijum. Ali, kada je probao sa tri kašike mlevenog keksa, tri kašike mleka i tri kašike rendane čokolade, jednostavno nije mogao da dobije odgovarajuću smešu. Mleko je previše razredilo sastojke. Dodavanjem još jedne kašike mlevenog keksa, mleko nije moglo da previše razredi smešu i na kraju je dobijen očekivan rezultat sa imenom litijum. Tako je nastavio naš kuvar da kuva smeše, gde je kod nekih morao još dodavati mleveni keks zbog mleka, ponekad duplo ili više od toga. Kad kuvar nije mogao da izmisli više načina, kako bi mogao dobiti odgovarajuće smeše, prestao je da kuva. Neki drugi kuvari su posle njega počeli ili da reprodukuju ono što je već bilo napravljeno ili da izmišljaju neke druge smeše. Na kraju je napisana zbirka recepata sa svim napravljenim smešama.

6.2. Metafore iz priče i svojstva atoma

6.2.1. Početak univerzuma

Moja mala priča krije neke metafore. Prva metafora je sponzor, koji je u stvari jedna jako mala tačka. Ta tačka je imala jako, jako veliku gustinu i jako, jako veliku temperaturu [20]. Odakle se pojavila ta mala tačka i zašto se pojavila? Za sad, ne znamo.

6.2.2. Veliki prasak

Druga metafora je takmičenje, odnosno ko ga je organizovao. Taj neko je Veliki prasak, ali neki ga zovu Big Bang. Trenutno široko prihvaćena teorija Velikog praska daje objašnjenje za nastanak svemira. Pomoću Velikog praska je ta mala tačka počela da se širi i hladi. Jedno pogrešno shvatanje jeste, da je došlo do eksplozije. Početak širenja te male tačke zovemo Veliki prasak.

6.2.3. Evolucija univerzuma

Treća metafora je kuvar, on je u stvari univerzum. Pretpostavka je, da je svemir nastao iz jedne tačke. Iz te jedne tačke kroz tri faze je došlo do nastanka našeg svemira. Možemo predstaviti analogiju između dece i rasta sa univerzumom i evolucijom. Prvo kažemo, da kao što je i njima potrebno, da prođu kroz tri faze: od male bebe, kroz dečiju fazu do odrasle osobe, tako su i univerzumu bile potrebne tri faze, da stigne do današnjeg stanja.

6.2.4. Pojava atoma

Četvrta metafora je smeša. Ona je u stvari atom. Atomi su osnovne jedinice materije i definišu strukture materije [21]. Svaki atom ima svoje ime i količinu sastojaka. Osobine, koje ćemo mi razmatrati su sledeće:

1. Sastavni delovi
2. Masa i veličina
3. Naelektrisanje

6.2.4.1. Sastavni delovi atoma

Peta metafora su sastojci: elektron je rendana čokolada, proton je mleko, mleveni keks je neutron. Atom se sastoji od nukleusa^[12] i elektronskog omotača ili ljuske. Elektronski omotač je skup elektrona, koji su raspoređeni oko jezgra. Ako pogledamo našeg kuvara, on je na isti način napravio svoju smešu: sa spoljašnje strane se nalazi rendana čokolada, a ispod čokolade su mleveni keks i mleko.

6.2.4.2. Masa i veličina atoma

Protoni i neutroni u jezgru imaju približno istu masu, dok otprilike 1836 puta imaju veću masu od elektrona.

$$Masa\ neutrona = 1,6749274 \cdot 10^{-27} kg$$

$$Masa\ protona = 1,6726219 \cdot 10^{-27} kg$$

$$Masa\ elektrona = 9,1093835 \cdot 10^{-31} kg$$

Da budemo malo precizniji u vezi mase između protona i neutrona:

$$\begin{aligned} &Razlika\ u\ masi\ između\ neutrona\ i\ protona \\ &= 1,6749274 \cdot 10^{-27} kg - 1,6726219 \cdot 10^{-27} kg = 0,0023055 \cdot 10^{-27} kg \end{aligned}$$

Vidi se, da su stvarno masa neutrona i protona bliske. A što se tiče mase elektrona i protona, da li je stvarno masa protona 1836 puta veća od mase elektrona? Da i to izračunamo. Uzećemo masu protona i podelićemo je sa masom elektrona:

$$\frac{1,6726219 \cdot 10^{-27} kg}{9,1093835 \cdot 10^{-31} kg} = 1836,15$$

tj. ako bismo pomnožili masu elektrona sa dobijenom vrednošću, dobili bismo masu protona:

$$1836,15 \cdot 9,1093835 \cdot 10^{-31} kg = 1,6726219 \cdot 10^{-27} kg$$

Sad, kada ovo znamo, možemo da razumemo, da svaki različit atom ima različitu masu, pošto se broj sastavnih komponenti (elektroni, protoni i neutroni) menja kod svakog atoma.

Ako se masa atoma menja sa komponentama, treba i veličina atoma da se menja. Zbog toga, veličina atoma, tj. prečnik, se kreće između vrednosti $1 \cdot 10^{-10}m - 5 \cdot 10^{-10}m$, tj. od $0,1 \cdot 10^{-9}m = 0,1nm$ do $0,5 \cdot 10^{-9}m = 0,5nm$, gde je nm kraća oznaka za nanometar [22]. To je malo teško zamisliti. Zbog toga ćemo vršiti upoređivanje nekih stvari, koje su poznate, da bismo dobili jasniju sliku.

Uzećemo nešto što znamo i upoređivaćemo ih sa još nečim, što je takođe poznato. Hteo bih uporediti našu Zemlju sa jednim iglom, ali pošto su dimenzije Zemlja ogromne, objasniću kako treba jednostavnije zamisliti. Uzećemo fudbalski teren. On ima dužinu otprilike $105m$, tj. skoro svaki profesionalni fudbalski teren ima ovoliku dužinu [23]. Zemljin poluprečnik je već izračunat i ima vrednost $6378km = 6378000m$ kod ekvatora [24]. Trebalo bi nam 60743 fudbalskih terena, da bismo mogli dobiti poluprečnik Zemlje. Drugi način, da zamislimo ovu veličinu jeste, da uzmemo rastojanje između Beograda i Novog Sada, koje iznosi $70km$, ako uzmemo vazdušno rastojanje [25]. U tom slučaju, trebali bismo 45,6 puta ići od Beograda do Novog Sada i nazad do Beograda.

Svako u svom životu barem jednom video iglu i zna koliko su one male. Zbog toga uzećemo tanju iglu za upoređivanje, čiji je prečnik $0,5mm = 0,5 \cdot 10^{-3}m$. Ako bismo sad uporedili Zemljin poluprečnik i prečnik igle, dobili bismo veličinu koja je približno iste veličine, kao kad bismo poluprečnik atoma uporedili sa dužinom od $50cm = 0,5m$. Da pokrenemo mozak i da računamo:

$$\frac{6378000m}{0,5 \cdot 10^{-3}m} = 1,3 \cdot 10^{10}$$

Odakle vidimo, da nam je potrebno $1,3 \cdot 10^{10}$ igala, koje bismo poređali jedan po jedan u jednu liniju, da bismo dobili poluprečnik Zemlje.

Kako već znamo, atom ima poluprečnik $0,5 \cdot 10^{-10}m$. Ako sad ovu veličinu upoređujemo sa dužinom od $50cm = 0,5m$, dobićemo nešto jako poznato:

$$\frac{0,5m}{0,5 \cdot 10^{-10}m} = 1 \cdot 10^{10}$$

tj. treba nam $1 \cdot 10^{10}$ broj atoma, da bismo dobili dužinu od pola metara. To su neki ogromni i jako mali brojevi, koje jako teško možemo zamisliti.

Znači iz svega ovoga možemo zaključiti sledeći stvar: upoređivanjem jednog igla sa Zemljom je isto, kao kada bismo uporedili dužinu od pola metara sa jednim atomom. Ove veličine su ogromne i ljudski mozak ih teško može zamisliti.

A šta je sa jezgrom atoma, kako možemo njega zamisliti? Ako bismo uzeli da je atom lopta prečnika 100 metara, onda bi jezgro bilo mala kuglica prečnika samo 1 milimetar (10^{-3} metara) i nalazilo bi se u centru velike lopte [26].

6.2.4.3. Naelektrisanje atoma

Atom, dakle, sadrži tri vrste čestica: protone i neutrone u jezgri i elektrone u omotaču oko jezgra. Svaka čestica može biti naelektrisana ili elektroneutralna. Naelektrisanje je jedna od fundamentalnih osobina čestica. Izražavamo ga preko vrednosti elementarnog naelektrisanja, čiji simbol je q ili e i konstantna je veličina, čija vrednost iznosi $1,602 \cdot 10^{-19}C$ [27]. Protoni i elektroni su naelektrisani jednakim količinama elektriciteta, odnosno naelektrisanja suprotnog znaka. To znači, da protoni imaju pozitivno naelektrisanje, tj. jedan proton ima elementarno naelektrisanje od $1q$. Elektroni imaju negativno naelektrisanje, tj. jedan elektron ima elementarno naelektrisanje od $-1q$ [28]. Neutroni su čestice u atomu koje nemaju nikakvo naelektrisanje.

Broj protona i elektrona u jednom atomu su uvek isti, dok se broj neutrona menja. Zbog toga je svaki atom elektro-neutralan.

$$\text{Broj protona} = \text{Broj elektrona} \Rightarrow \text{Elektro} - \text{neutralan atom}$$

Postoji i slučaj, kada se broj elektrona u atomu promeni i više nije jednak broj protona i elektrona. Atom dobija ili gubi jedan elektron. Takav proces se zove jonizacija^[13] i takve atome zovemo joni. Ako dolazi do gubljenja jednog elektrona, može jedan ili više da se odvoji od atoma, onda te elektrone zovemo slobodni elektroni, a ono što je ostalo od atoma su pozitivni joni. U suprotnom slučaju, tj. kada slobodni elektroni ulaze u sastav atoma, onda na takav način dolazi do nastajanja negativnih jona [29].

$$\text{Broj protona} \neq \text{Broj elektrona} \Rightarrow \text{Jon}$$

Da objasnimo ovaj proces na malo jednostavniji način, pomoću matematike. Uzmemo jedan atom, čiji je sastav nama već poznat, recimo helijum. Helijum ima dva elektrona, dva protona i dva neutrona i na takav način je elektro-neutralan. Broj elektrona će dobiti oznaku: n_e . Broj protona će dobiti oznaku: n_p . Neutroni nisu faktori ovde, pošto oni ne poseduju naelektrisanje. A

elektro-neutralnost, tj. koliko protona ili elektrona ima viška u atomu dobije oznaku: n . Da izračunamo da li je helijum stvarno elektro-neutralan, tj. ne poseduje naelektrisanje:

$$n_e = -2q$$

$$\underline{n_p = 2q}$$

$$n = ?$$

$$n = n_p + n_e$$

$$n = 2 - 2$$

$$n = 0$$

Vidimo, da nema ni viška protona ni elektrona u atomu helijuma. Ali, kada dolazi do otkidanja elektrona, imaćemo jedan elektron manje:

$$n_e = -1q$$

$$\underline{n_p = 2q}$$

$$n = ?$$

$$n = n_p + n_e$$

$$n = 2q - 1q$$

$$n = 1q$$

U suprotnom slučaju, kada atom helijuma dobija jedan elektron:

$$n_e = -3q$$

$$\underline{n_p = 2q}$$

$$n = ?$$

$$n = n_p + n_e$$

$$n = 2q - 3q$$

$$n = -1q$$

I vidimo, da ovi atomi, tj. joni, nisu elektro-neutralni, pošto imaju višak ili manjak elektrona.

6.2.5. Odnos sila

Sad kada znamo masu protona i elektrona, možemo dokazati da je gravitaciona interakcija zanemarljiva u odnosu na elektromagnetnu i jaku interakciju u atomu. Prvo određujemo gravitacionu silu u atomu pomoću formule:

$$F = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Već znamo koja oznaka šta predstavlja u ovoj formuli, jedino što nam je još nepoznato je r , odnosno rastojanje između dva tela, tzv. Borov radijus, koja ima vrednost $5,2917721 \cdot 10^{-11}m$. Treba paziti, da je Borov radijus uzet samo u slučaju atoma, pošto određuje rastojanje između elektronskog omotača i jezgra atoma kod vodonikovog atoma. Ovaj vrednost se menja u slučaju, kada koristimo drugo telo. Korišćenjem vodonikovog atoma možemo najjednostavnije izračunati gravitacionu silu. Ubacujemo već poznate vrednosti:

$$F = \gamma \cdot \frac{m_e \cdot m_p}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{s^2 kg} \cdot \frac{9,1093835 \cdot 10^{-31} kg \cdot 1,6726219 \cdot 10^{-27} kg}{(5,2917721 \cdot 10^{-11} m)^2}$$

gde je m_e masa elektrona, a m_p masa protona. Izračunavanjem dobijemo:

$$F = 3,6291951 \cdot 10^{-47} N$$

Pomoću formule za Kulonovu silu dobićemo veličinu te sile, koja deluje u atomu:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Kao i kod gravitacione sile i ovde uzimamo Borov radijus. Koristimo isti princip rada, kao i kod računanja prethodne sile:

$$F = k \cdot \frac{q_e \cdot q_p}{r^2} = 8,99 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot \frac{(-1,6021766208 \cdot 10^{-19} C) \cdot 1,6021766208 \cdot 10^{-19} C}{(5,2917721 \cdot 10^{-11} m)^2}$$

gde je q_e količina elementarnog naelektrisanja elektrona, a q_p količina elementarnog naelektrisanja protona. Izračunavanjem dobijemo:

$$F = -0,8240967 \cdot 10^{-7} N$$

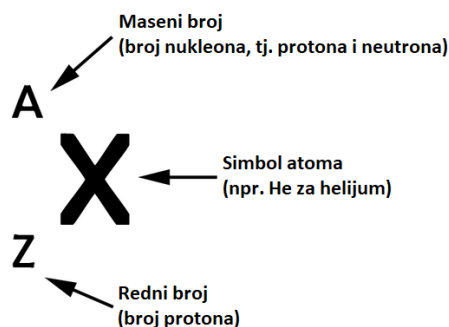
Zanemarivši brojeve ispred eksponencijala i iz njihovih upoređivanja vidimo, da je razlika između njih 10^{-40} , što je ogromna razlika. Gravitaciona sila je zbog toga skroz neosetljiva unutar atoma, a dominantna je Kulonova sila. Minus znak kod sile znači, da su te sile privlačne. U slučaju, da su znak plus, imali bismo odbojne sile. Temeljnije objašnjenje ovih znakova možemo uraditi u srednjim školama. Kod gravitacione sile možemo minus znak zanemariti,

pošto je ta sila uvek privlačna, ali kod Kulonove sile moramo ga zadržati, da znamo u kom pravcu deluje sila. Bez obzira, da kod gravitacione sile imamo pozitivnu vrednost, a kod elektromagnetne negativnu vrednost, obe su privlačne i elektromagnetna je dominantna u slučaju atoma.

Na žalost, izračunavanje jakih sila traži malo ozbiljniju matematiku i razumevanje oblasti kvantne mehanike, tj. kvantnu hronodinamiku i kvantnu hadrodinamiku [30]. Verovaćemo fizičarima, koji su u mogućnosti da to izračunaju i uzećemo njihove rezultate zdravo za gotovo, tj. da jaka sila nadmašuje intenzitet gravitacione sile, kao što to čini i elektromagnetna sila.

6.2.6. Kratka oznaka za atom

Pošto postoji mnogo vrsta atoma (118), mora da postoji neka vrsta označavanja pomoću koje znamo o kojem atomu je reč. Zbog toga, najjednostavniji način, da napišemo jedan atom sa svojim sastavnim delovima je pomoću simbola prikazanog na slici 5:



Slika 5.: Način obeležavanja jednog atoma

Svaki atom ima karakteristični broj protona, npr: vodonik ima samo jedan proton, dok natrijum ima jedanaest. Ako promenimo broj protona, dobićemo novi atom. Možemo da kažemo, da broj protona određuje o kojem atomu je reč. Zbog tolike važnosti broja protona, mora da bude oznake kod obeležavanja atoma, da bismo znali koliko protona poseduje. Ta oznaka se zove redni broj i obeležavamo ga sa slovom Z.

$$Z \text{ (redni broj)} = \text{Broj protona}$$

Dok je broj protona kod jedne vrste atoma konstantan, broj neutrona se može menjati. Takve atome, kod kojih se menja broj neutrona, zovemo izotopi. Kod atoma vodonika imamo dva izotopa: deuterijum i tricijum. Kod vodonika nemamo nijedan neutron, kod deuterijuma postoji jedan neutron, a tricijum ima dva neutrona. Pomoću broja protona i broja neutrona dobijamo maseni broj. Njega obeležavamo sa slovom A.

$$A (\text{maseni broj}) = \text{Broj protona} + \text{Broj neutrona}$$

Ako hoćemo da izračunamo koliki broj neutrona ima u jednom atomu, jednostavno oduzimamo redni broj atoma, Z , od masenog broja atoma, A , i dobijemo broj neutrona, N .

$$N(\text{broj neutrona}) = A(\text{maseni broj}) - Z(\text{redni broj})$$

Osobina usko povezana sa masenim brojem atoma, A , je njegova atomska masa. Atomska masa jednog atoma je totalna masa atoma i tipično je izražena u atomskoj jedinici mase. Skraćeno, atomsku jedinicu mase možemo označiti kao u [31]. Vrednost za u je $\frac{1}{12}$ mase atoma ugljenikovog izotopa 12, ^{12}C . Na takav način dobijemo, da je $u = 1,660539040 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ [32]. Možemo i ovo proveriti. Atomska masa ^{12}C ugljenika je $1,992646547 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ [33].

$$u = \frac{1}{12} \cdot ^{12}\text{C} = \frac{1,992646547 \cdot 10^{-26} \text{ kg}}{12} = 1,660539040 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Zbog postojanja izotopa, možemo izračunati još jednu vrednost: relativnu atomsku masu [31]. Relativna atomska masa je prosečna vrednost atomskih masa svakog atoma ili izotopa u uzorku. Doprinos svakog atoma u uzorku prosečnoj vrednosti atomskih masa, tj. relativnoj atomskoj masi, je određena pomoću veličine delića izotopa, kojim oni doprinose celokupnom uzorku [31].

Prosečna vrednost atomskih masa jednog atoma je suma mase svakog njegovog izotopa, gde je svaka pomnožena sa svojom učestalošću u prirodi.

$$\text{Prosečna atomska masa} = f_1 A_1 + f_2 A_2 + \dots + f_n A_n$$

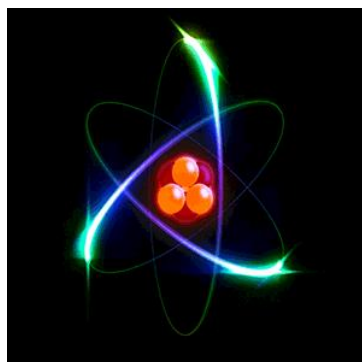
gde je f prirodna učestalost izotopa, a A je maseni broj izotopa [34].

6.2.7. Unutrašnje sile

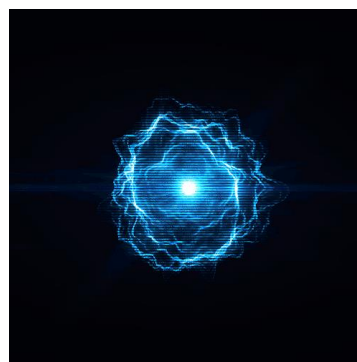
U poglavlju, 5.2. Ono što nas drži zajedno, smo saznali nešto o četiri interakcije koja postoje u prirodi. Saznali smo u 6.2.5. Odnos sila, da su Kulonove i jake sile jače od gravitacione sile u slučaju atoma. Zašto nam je bilo toliko bitno dosad, da se udubimo u svet interakcije i da izračunamo toliko toga? Te sile drže subatomske čestice zajedno na jednom mestu. Bez razumevanja interakcije i veličine te interakcije ne bismo imali osećaj, šta su atomi zapravo i uzeli bismo ih kao neki opšti pojam.

Zašto baš te sastojke u 6.1. Kuvar atoma reprezentuju ove subatomske čestice? Kod kuvara, njegove smeše mleveni keks drži zajedno, a mleko teži, da razređuje smešu, dok rendana čokolada pokriva smešu. Naučna objašnjenje je moguće naći u narednom tekstu. Nadam se, da će svaki pojam biti adekvatno objašnjen i da će zainteresovati čak osnovnih škola.

Naučnici, kao što su Bor i Šredinger, postavili su dva modela za atome. Borov model se zvao planetarni model, slika 6 [35]. Ovaj model možemo upoređivati sa našim Sunčevim sistemom: kod Sunčevog sistema planeti se kreću oko Sunca, dok kod atoma elektroni se kreću oko jezgra atoma. Šredingerov model je malo komplikovaniji. Šredinger je pretpostavio, da se elektroni kreću proizvoljno oko jezgra, formirajući tzv. elektronski oblak, slika 7.



Slika 6.: Planetarni model atoma



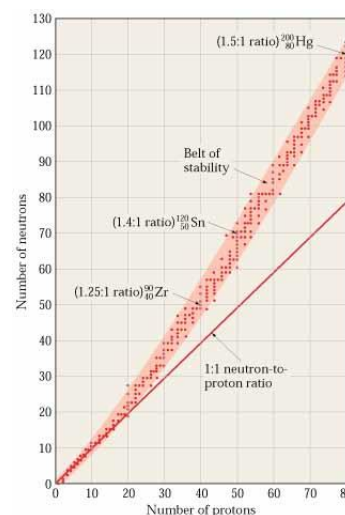
Slika 7.: Šredingerov model atoma

Ovi naučnici su na drugačiji način opisali atome, ali u oba slučaja su prisutne sile, koje drže atome zajedno. Između protona u jezgru vladaju odbojne električne sile. To je zbog toga, što imaju isto naelektrisanje, tj. elementarno naelektrisanje $+1q$. Odbijanje je toliko veliko, da bi ove sile za vrlo kratko vreme razorile svako jezgro atoma u prirodi.

Zašto se ovo ne dešava? Da li je to zbog elektrona? Ili zbog neutrona? Neka unutrašnja svojstva možda? Odgovor je sva tri, tj.:

1. Broj elektrona: Stabilnost atoma zavisi od broja protona i elektrona u smislu, da ako atom izgubi ili dobije jedan ili više elektrona pretvoriće se u jon. Joni su električno nestabilni [36]. Zbog nestabilnosti jako brzo formiraju hemijsku vezu [37].
2. Broj protona i neutrona: Ako je broj neutrona i protona veći od neke vrednosti, atom će postati radioaktivan. Radioaktivni atomi su opet nestabilni atomi i o tome ćemo pričati malo kasnije. Vrednost, koju ako prođu postaju radioaktivni je $Z = 82$, odnosno kada je broj protona veći od 82. Svaki izotop svakog atoma posle ove vrednosti je radioaktivan. Postoji nekoliko radioaktivnih atoma i pre $Z = 82$, ali su stabilniji od onih koji su iza ove vrednosti [38].

Posmatraćemo sliku 8. Ono što vidimo jeste broj protona na apcisi (x-osa) i broj neutrona na ordinati (y-osa). Tanka, crvena linija na slici označava slučaj, kada je broj protona jednak broju neutrona. Deblja, crvena linija je pojas stabilnosti. Atomi, različiti izotopi, koji se nalaze na ovom pojasu nisu



Slika 8.: Proton-neutron odnos

radioaktivni, tj. stabilni su. Do $Z = 20$ ove dve linije se preklapaju. Posle $Z = 20$ broj neutrona je uvek veći od broja protona kod stabilnih izotopa. Pošto između neutrona nema nikakve odbojne sile, oni će poslužiti kao neka vrsta lepka, koji deluje na druge nukleone oko njega. [39]. Pojas stabilnosti se završava sa atomom ^{208}Pb , odnosno ne drugim brojem, nego sa brojem $Z = 82$.

Zašto su atomi posle $Z = 82$ nestabilni, tj. radioaktivni. Znamo, da jaka sila deluje između protona i neutrona. Ono što dosad nismo rekli, da je jaka sila 100 puta jača od odbojne elektromagnetne sile (odbojna, pošto pričamo o jezgri, gde se protoni odbijaju). Ali, domet jake interakcije je jako mali, 10^{-15}m . Zbog toga, kada jezgro dostigne neku veličinu jaka sila neće moći držati jezgro, odnosno protone i neutrone zajedno [40].

3. Energija veze jezgra: Energija, koja je potrebna da izbalansira jaku silu (znamo, da ova privlačna sila deluje između protona i neutrona, protona i protona, tako i između neutrona i neutrona) i odbojnu elektromagnetnu silu između dva ili više protona se zove energija veze jezgra. Stabilnost atoma zavisi od ove energije [40]. Drugim rečima, energija veze jezgra je ta energija, koju je potrebno uložiti, da bismo mogli sastaviti ili rastaviti atom zbog unutrašnjih sila atoma [41]. Ako jake sile ne generišu dovoljno vezivnu energiju, atom će postati nestabilan [42].

6.2.8. Radioaktivnost

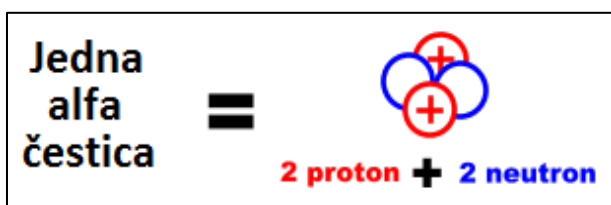
Do sada smo samo spominjali radioaktivnost, ali sigurno smo čuli o tome, da je jako opasna i da je izbegavamo. Ali zašto? Zašto je radioaktivnost opasna?

Napomenućemo dve vrste radioaktivnosti: prirodnu i veštačku. Prirodna radioaktivnost je vrsta procesa, koja se spontano dešava, bez ljudskog uplitanja. Veštačka radioaktivnost je proces, gde su atomi, koji nisu radioaktivni, bombardovani česticama posle čega atomi postaju radioaktivni [43].

Radioaktivnost je promena unutar atoma, odnosno promena u jezgri atoma. Ove promene se dešavaju kod atoma većih vrednosti od $Z = 82$. Ovi atomi probaju da dostignu stabilnost na način otpuštanja nukleona, drugih čestica i otpuštanjem energije na drugi način [44]. Uobičajena je terminologija da se jezgro, koje se raspada naziva predak, dok se jezgro koje putem radioaktivnog raspada nastaje naziva potomak [17]. Otpuštanje nukleona, drugih čestica i energije ima svoje ime i osobine pa ćemo ih sve redom preći.

6.2.8.1. α -zruci

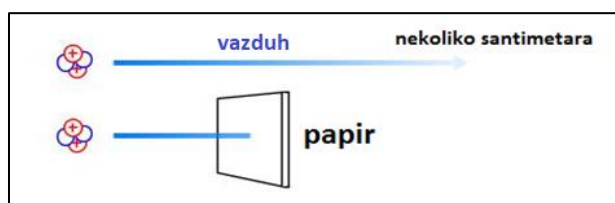
Nastaju kod atoma sa velikim masenim brojem A , kada kod njih dolazi do otpuštanja dva protona i dva neutrona, tj. dvostruko pozitivno jonizovan atom helijuma (jezgro helijuma). Zbog toga se dvostruko pozitivno jonizovani helijum ponekad zove α -čestica, a nastanak (proces) ovih čestica α -raspad, slika 9 [45].



Slika 9.: Alfa čestica

α -zračenje ima nekoliko važnih osobina:

- Kada dolazi do α -raspada, atom potomak u odnosu na pretka ima dva protona manje, a maseni broj, A , mu je manji za četiri (2 protona i 2 neutrona). Posle raspada pretka, nastaju α -čestice, koje su, kako smo već rekli, jezgra helijuma. Njima treba dva elektrona, da bi bili elektroneutralni i na taj način dobijamo atom helijuma. Posle nekog vremena, predak će izgubiti dva elektrona, da bi on bio elektroneutralan.
- Pošto su α -čestice jako jonizovane, ne mogu da pređu veliku daljinu. Na primer, α -čestice su zaustavljene pomoću nekoliko centimetara vazduha, pomoću lista papira, ili pomoću jedne desetine milimetara (0,1mm) tkiva, slika 10.



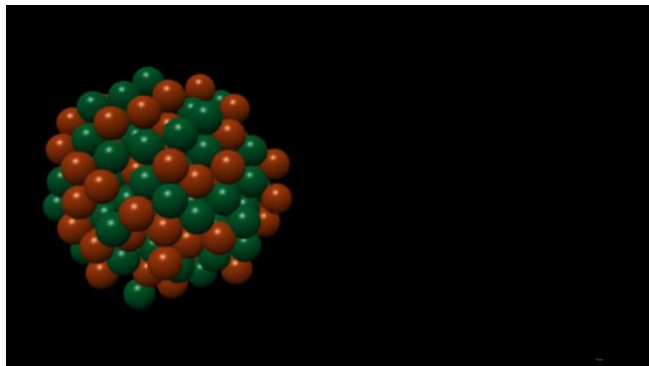
Slika 10.: Prodor α -zračenja

- Zbog velike jonizacione moći mogu, za istu vrednost energije, napraviti veću biološku štetu u odnosu na druga zračenja. Na drugi način rečeno, ako bi α -zračenje i neko drugo zračenje imalo istu energiju, α -zračenje bi napravilo veću štetu.

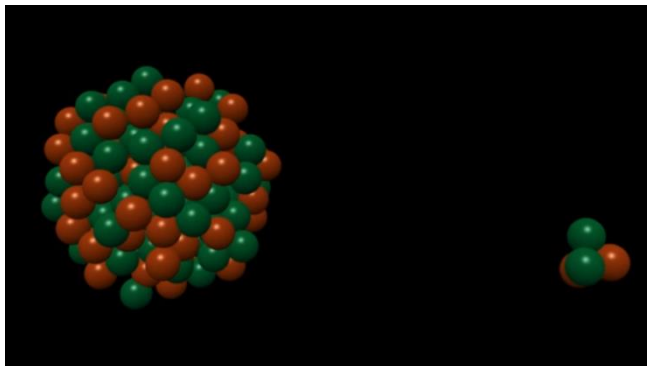
Možemo pogledati sledeću animaciju vezano za α -zračenje:

<https://www.youtube.com/watch?v=T92V4YtS5x0>

Na ovom videu vidimo, da se izdvajaju dva protona i dva neutrona iz jezgra atoma, koji se sastoji od velikog broja protona i neutrona. Ovaj video služi za bolje mogućnosti vizualizacije dešavanja kod α -raspada. Nije teško pratiti dešavanja, a u međuvremenu nema puno stvari koje bi odvrćale pažnju čaka. Na slici 11 i 12 je pokazano, kako je na videu demonstriran α -raspad.



Slika 11.: Jezgro pre α -raspada na videu



Slika 12.: Jezgro posle α -raspada na videu

6.2.8.2. β -zraci

Isto kao što i α -zračenje ponekad zovemo α -čestice, tako i β -zračenje zovemo β -čestice. β -čestice su emitovane od strane radioaktivnih nuklida. Ali, tu se otprilike završava sličnost između ta dva zračenja. Ovakve vrste raspada zovemo β -raspadima. Postoje dve vrste β -čestica: β minus (β^-) i β plus (β^+) čestica. β^- -čestica je zapravo jedan elektron, koji ima oznaku e^- , emitovan iz jezgra atoma, dok je β^+ -čestica jedan pozitron, sa oznakom e^+ [17]. Pozitroni su antičestice elektrona, tj. jedina razlika između njih je, da su elektroni negativno naelektrisane, a pozitroni su pozitivno naelektrisane čestice [46]. Postoji još jedna vrsta čestica-antičestica, koju ćemo ovde iskoristiti: neutrino, ν , i antineutrino, $\bar{\nu}$. Neutrino su jako male čestice sa jako malo masom (skoro ni nemaju masu), tj. njihova masa je manja od $2.1391944 \cdot 10^{-37} \text{ kg}$ [47], koji se kreću brzinom jako bliskom brzini svetlosti, tj. blizu vrednosti $3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ [48]. Ova informacija za nas je više nego dovoljna o antičesticama, za sad. Ali... da se vratimo malo nazad. Kod β^- -čestica smo rekli, da je elektron emitovan iz jezgra atoma? Kako je to moguće, kada smo dosad pričali i čitali o tome, da se elektroni nalaze oko jezgra atoma? Obe navedene činjenice su tačne. Kod atoma, koji imaju previše neutrona ili protona u jezgru (setimo se odnosa protona i neutrona), dolazi do pretvaranja neutrona u proton, elektron i antineutrino, gde posle proton ostaje u jezgru, ali elektron i antineutrino napuštaju jezgro. U drugom slučaju, kada se proton pretvara u neutron, pozitron i neutrino, neutron ostaje u jezgru, ali pozitron i neutrino ga napuštaju. Ali opet, dolazi do još pitanja: zar naš atom ne bi trebalo da bude pozitivno jonizovan atom posle emitovanja elektrona? Odgovor je, da. Atom će postati jonizovan. Atom, koji je emitovao taj elektron, neće moći da „uhvati“ isti elektron pošto elektron ima jako veliku brzinu i

energiju [49]. Baš zbog toga β -zračenje se dešava zajedno sa α -zračenjem, pošto tamo dolazi do emitovanja dva protona i dva neutrona. Navešćemo nekoliko važnih osobina β -zračenja:

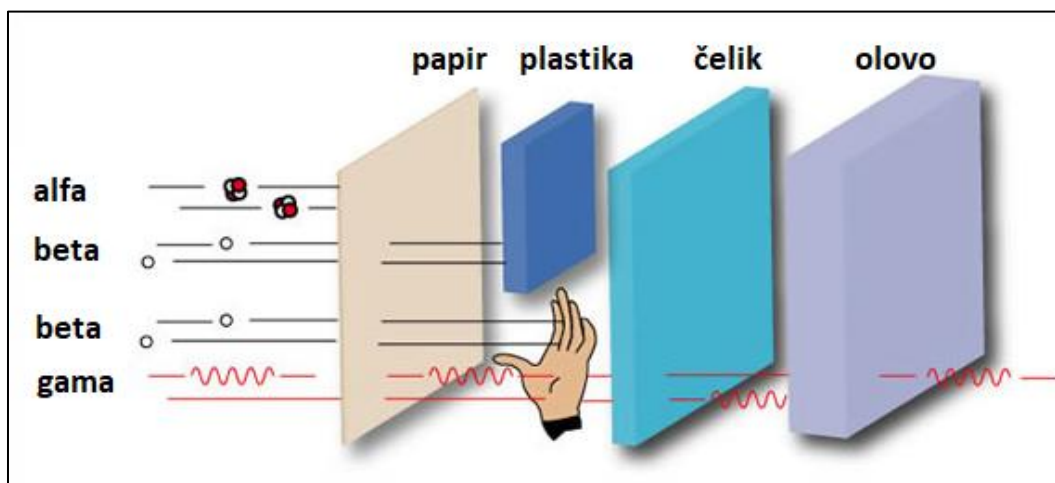
- Kada dolazi do β^- -raspada, atom potomak u odnosu na pretka ima višak protona za jedan. To je zbog toga, što, kako smo već rekli, neutron se pretvara u proton, elektron i antineutrino.
- Kada dolazi do β^+ -raspada, atom potomak u odnosu na pretka ima manjak protona za jedan. To je zbog toga, što, kako smo već rekli, proton se pretvara u neutron, pozitron i neutrino.
- Postoji i treća vrsta procesa, koju nismo spomenuli. Kod atoma pretka jezgro uhvati jedan elektron sa elektronske ljuske i na takav način se proton pretvara u neutron. U ovom procesu se stvara jedan neutrino, a atom potomak će imati za jedan manji redni broj, Z , od atoma pretka. Kod ovog procesa ne dolazi do emitovanja β -čestice (elektrona ili pozitrona).
- β -čestice manje jonizuju, u odnosu na α -čestice i naprave manju štetu za istu vrednost energije nego α -čestice.
- Pošto β -čestice manje jonizuju nego α -čestice, one mogu da pređu više centimetara ili čak metara kroz vazduh i kroz nekoliko milimetara kože ili tkiva. Dovoljan intenzitet β -zračenja može izazvati opekotinu, slično kao ozbiljna opekotina od Sunca. Ako bismo progutali ili udisali radionuklide^[14], oni bi i na takav način mogli da naprave štetu na ćelijama i organima [50].

6.2.8.3. γ -zraci

Isto kao i prethodno zračenje, i ovo nastaje kod radioaktivnih atoma, ali ovo je nešto drugačije od prethodna dva. Za razliku od α -zračenja i β -zračenja, kod γ -zračenja ne dolazi do emitovanja subatomske čestice. γ -zraci su u suštini paketi elektromagnetnih energija, poznati po imenu fotoni, a proces zovemo γ -raspadom. Do ovakvih zračenja dolazi posle nekog drugog zračenja, kada jezgro poseduje višak energije. Takvo jezgro zovemo pobuđenim, a kada poseduje višak energije, onda se nalazi u pobuđenom stanju. Posle γ -zračenja jezgro prelazi u neko niže ili osnovno energetska stanje [17]. Važnije osobine γ -zračenja su:

- Ono je jedan oblik elektromagnetne radijacije. Elektromagnetna radijacija je ništa drugo, nego fotonski potok. U tom potoku čestice su bezmasene, koje se kreću brzinom svetlosti i imaju određenu energiju.

- Zbog velike energije, koje imaju γ -zranci, mogu da prođu kroz mnogo različitih materijala, kao što je i ljudsko tkivo. Jako gusti materijali, npr. olovo, se koriste da bi zaustavili ili usporavali γ -zračenje, slika 13.



Slika 13.: Prostiranje γ -zračenja kroz različite materije

- Kao i svako drugo zračenje i γ -zranci su u mogućnosti, da jonizuju materijal. Ako bi ovakvi zranci stigli do nekog atoma, oni bi predali svoju energiju elektronima, tj. elektroni bi apsorbirali zračenje i bili bi otkidani, emitovani od strane atoma [51].

Posle α , β i γ raspada, teži atomi, odnosno atomi sa velikim rednim brojem, Z , prelaze u lakše. Postoji mogućnost da će posle tih raspada atom još uvek biti nestabilan. U tom slučaju se proces raspada ponavlja, sve dok se ne dobije stabilan atom, odnosno jezgro.

6.2.8.4. Nuklearna fisija

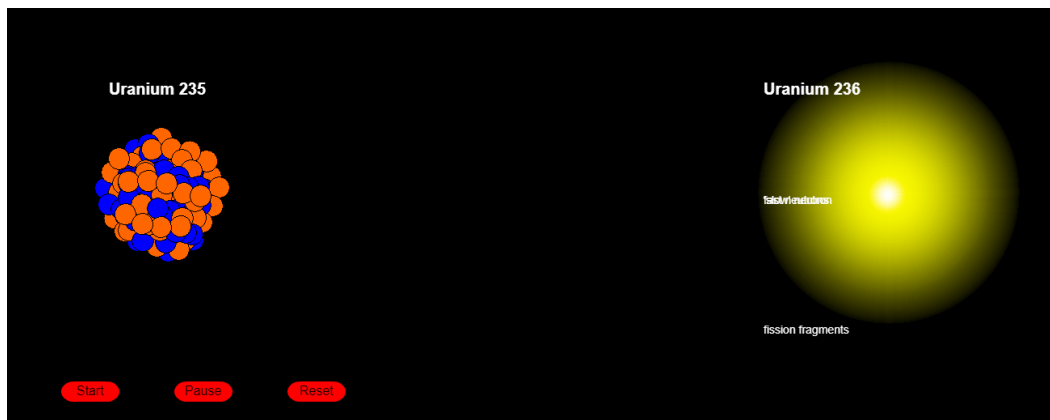
Dosad smo prešli mnogo pojmova, detalja vezanih za te pojmove, ali nam još nedostaju dva pojma, pomoću kojih se atomi pretvaraju u druge atome. Jednom rečju zovemo ih nuklearne reakcije. Kod prvog pretvaranja jezgro se cepa na dva nova, lakša jezgra (obično se cepaju jezgra sa velikim rednim brojem, Z , na dva jezgra, koji imaju manji redni broj), emituje nekoliko neutrona i pritom se oslobađa neka energija i toplota. Ovaj proces se naziva nuklearna fisija ili samo fisija. Energija, koja se oslobađa pri fisiji se zove fisiona energija i do 20 puta je veća od energije koja se oslobađa u α , β i γ raspadu. Nastala jezgra zovemo fisionim produktima ili fragmentima [29].

Postoji spontana fisija i neutronska indukovana fisija^[15]. Spontana fisija je fisija, koja se dešava bez spoljašnjih uticaja i ona je vrlo retka. Kod ovakvih vrsta fisija početno jezgro se samo od sebe cepa na dva lakša jezgra, emituje neutrone, energiju i toplotu. Neutronska indukovane fisije su češće pojave. Za tu pojavu mora da bude prisutan neki spoljašnji neutron, koji dospeva do

jezgra atoma, i koji će izazvati cepanje. Uz gledanje sledeće animacije, objasnićemo proces fisije:

http://www.schoolphysics.co.uk/animations/Nuclear%20physics%20animations/Nuclear_fission/index.html

Kada otvorimo ovaj link, trebalo bi da vidimo sliku 14:



Slika 14.: Proces fisije objašnjena pomoću jezgra uranijuma, ${}^{235}_{92}\text{U}$

U animaciji se pojavljuje uranijum ${}^{235}_{92}\text{U}$. Klikom na „Start“ dugme pojaviće se neutron sa leve strane. Taj neutron će dospeti do jezgra uranijuma, pri čemu će ${}^{235}_{92}\text{U}$ pretvoriti u ${}^{236}_{92}\text{U}$. Zbog proton-neutron odnosa ${}^{236}_{92}\text{U}$ će imati nestabilno jezgro. Ovakvo nestabilno jezgro će se, zbog tog jednog neutrina cepati na dva fragmenta, još dodatno dva ili tri neutrona i javlja se radioaktivno zračenje. Moramo još napomenuti, da fragmenti kod fisije obično nisu jednaki. To znači, da se njihov redni broj, Z , i maseni broj, A , razlikuju. Kada dođe do cepanja jezgra atoma oslobađa se, osim radioaktivnih zraka, i ogromna toplota.

Na animaciji se vidi, da smo dobili tri neutrona posle cepanja. Ovi neutroni, koji su izašli iz prvog razbijenog jezgra, mogu da pogode druga jezgra i na takav način mogu izazvati u njima cepanje. Neutroni, koji izađu iz ovih cepanja, udaraju u susedna jezgra i tako se cepanje nastavlja. Ovaj proces se zove lančana reakcija. Ova reakcija je vrlo brza i pri tome je ukupna oslobođena energija ogromna [29]. Vizualizaciju lančane reakcije možemo posmatrati na sledećem videu:

https://www.youtube.com/watch?time_continue=23&v=0DVSoxDGZE4

Na ovom videu postoji šest oblasti. U prvoj oblasti dolazi do fisije pomoću jednog neutrona. Atom, koji se cepa na dva druga atoma, otpustiće tri neutrona. Dva od tih neutrona u drugoj oblasti udaraju dva atoma, pri čemu će doći do stvaranja četiri nova atoma, tj. dolazi do fisije. Svaki atom će otpuštati tri neutrona, a samo će dva od tih tri neutrona udariti dva nova atoma u sledećoj oblasti. Na takav način u trećoj oblasti već četiri atoma će se cepati na dva lakša atoma i

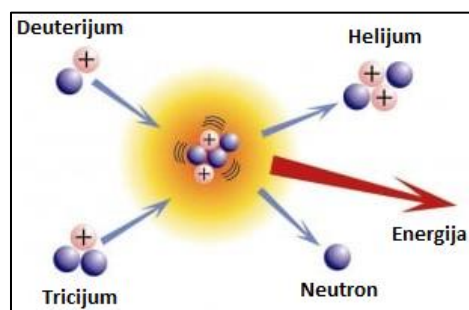
emitovati po tri neutrona, ukupno dvanaest neutrona. Tako se lančana reakcija nastavlja. Možemo da kažemo, da će se broj fisije vremenom udvostručavati.

Najbitniji pojmovi kod fisije su:

- Fisija je jedna reakcija, gde se jezgro atoma cepa na dva, lakša jezgra, tzv. fisiona fragmenta ili produkta, dolazi do emitovanja nekoliko neutrona, javljaju se radioaktivno zračenje i toplota [52].
- Postoji spontana fisija i neutronska indukovana fisija.
- Javlja se lančana reakcija posle fisije, kada emitovani neutroni ulaze u sastav drugih jezgara, pri čemu (ako poseduju veliki redni broj, Z , i maseni broj, A) dolazi do cepanja tih jezgara.

6.2.8.5. Nuklearna fuzija

Drugi proces, koji još zaslužuje objašnjenje jeste proces suprotan fisiji. Taj proces se zove nuklearna fuzija, ili samo fuzija. Za razliku od fisije, gde se teška jezgra cepaju na dva lakša jezgra, kod fuzije laka jezgra formiraju novo jezgro. Novo jezgro ne mora da ima veliki redni i maseni broj. Kada dolazi do fuzije, oslobađa se ogromna energija, tzv. fuzionna energija. Fuzionna energija je istog reda, tj. ista veličina, kao što je i fisiona energija. Učili smo već o odbojnim silama, koje deluju između čestica istih elementarnih naelektrisanja. Problem odbojnih sila, električne sile, se javlja kod fuzije. Da bi se protoni mogli približiti na tako malo rastojanje, da dođe do formiranja jezgra, potrebno je da imaju veoma veliku kinetičku energiju, što se može postići vrlo visokim temperaturama. U laboratorijama na Zemlji se to teško može ostvariti. Ali, u nekim laboratorijama su uspeli da izvedu prve verzije ovakvog procesa. Jedna od tih reakcija je fuzija deuterona i tritijuma. Iz te fuzije se dobija jezgro atoma helijuma i neutron, a oslobađa se ogromna količina energije, slika 15 [29].



Slika 15.: Fuzija deuterijuma i tritijuma

Najbitniji pojmovi kod fuzije su:

- Fuzija je jedna reakcija, gde laka jezgra atoma formiraju novo jezgro, pri čemu se oslobađa ogromna energija.
- Potrebna je vrlo visoka temperatura, odnosno velika vrednost kinetičke energije protona, da bi protoni jednog atoma mogli da se približe na jako malo rastojanje protonima u drugom jezgru, da bi došlo do fuzije.

Proces fuzije možemo naći u unutrašnjosti zvezda, kao i u našem Suncu, gde ovi procesi neprekidno teku.

6.2.8.6. Sa radioaktivnošću do zdravog života?

Posle toliko čitanja i zapažanja, tj. koje stvari su povezane jedne sa drugima, šta je razlika između pojmova, itd. potreban nam je mali odmor. Zbog toga, ispričaću nekoliko slučajeva, iz vremena kada su ljudi još smatrali da su neki atomi zdravi za naš život i upotrebljavali su ih kod kreiranja raznih produkata.

1. Pasta za zube

Verovali ili ne, jedna nemačka kompanija je proizvela pastu za zube pod imenom Doramad, slika 16, u koju su stavili malu količinu torijuma. Kompanija je prodavala ovu pastu po ogromnoj ceni i izdala je sledeću brošuru sa informacijama:

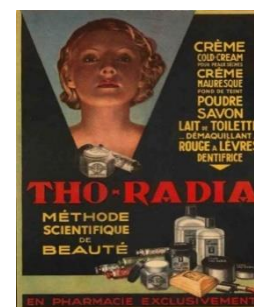


Slika 16.: Doramad, radioaktivna pasta za zube

„Njena radioaktivnost povećava zaštitu zuba i desni. Čelije su napunjene sa novom energijom života i bakterije su sprečene da vrše uništavanje. Ovo objašnjava ovu odličnu prevenciju i proces lečenja bolesti desni. Nežno polira spoljašnje strane zuba i na takav način oni postaju beli i sjajni. Sprečava zubnu kugu. Predivna pena i nov, prijatan, blag i osvežavajući ukus. Može se koristiti štedljivo.“ [53]

2. Tho-Radia produkti

Kompanija Tho-Radia je proizvela kremu za kožu, prah, ruž, rumenilo i pastu za zube, slika 17. Zašto su ih zvali Tho-Radia? Njihovi produkti su sadržavali torijum hlorida i radijum bromida, oba imaju radioaktivno jezgro. Kompanija je tvrdila sledeću stvar:



Slika 17.: Plakat Tho-Radia

„Produkti stimuliraju ćelijsku vitalnost, aktiviraju cirkulaciju, eliminišu masti, zaustavljaju formiranja povećanih pora, zaustavljaju i leče gnojni čir, bubuljice, crvenilot, pigmentaciju, štite od elemente, zaustavljaju starenje i oslobađaju od bora, čuvaju svežinu i osvetljenost prirodne boje kože.“ [54]

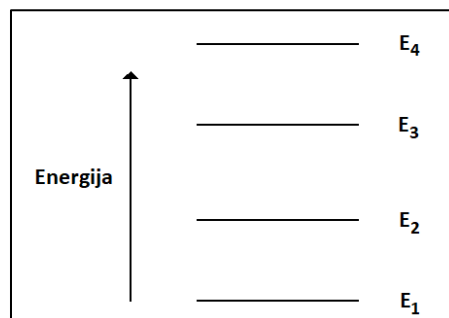
3. Čokolada

Kome treba obična čokolada, kada može kupiti čokoladu sa radijumom. Nemačka kompanija Burk & Braun je prodavala ovakve čokolade između 1931 i 1936 i promovisali su je zbog moći podmlađivanja. Ali očigledno je ovo bilo normalno u to vreme, pošto su ljudi smatrali, da radijum ima terapijske kvalitete [55].

6.2.9. Elektroni i njihove osobine na „stari način“

Dosad smo razmatrali, pričali, objašnjavali procese u jezgri i subatomske čestice u jezgri. Ali, osim ovih procesa i čestica u atomu postoje još i elektroni. Sad su oni na redu, da ih objasnimo, pričamo o njima i da ih razmatramo.

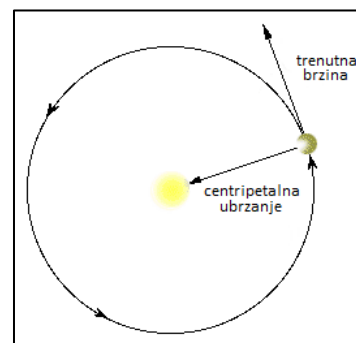
Osim već pomenutih pojmova, tj. masa, naelektrisanja, interakcija, elektroni se kreću, orbituju oko jezgra i zbog toga dobijaju razna svojstva. Elektroni, koji kruže oko jezgra, mogu zauzimati samo diskretna energetska stanja [17]. Diskretno energetska stanja znači, da svaki od stanja ima određenu brojčanu vrednost i postoji razmak između njih. Npr., između prvog i drugog energetskog stanja postoji razmak i elektroni se mogu nalaziti samo na tim stanjima, ne mogu biti između ta dva stanja, slika 18.



Slika 18.: Diskretna energetska stanja

Nekoliko od tih energetskih stanja ili nivoa grupišu se u ljuske. Elektroni na svakom sledećem energetskom stanju poseduju više energije od elektrona na prethodnom stanju. Zbog toga, energija, koja je potrebna da udaljimo jedan elektron sa više ljuske manja od energije, koja je potrebna da isto uradimo za jedan elektron, koji se nalazi na nekoj od unutrašnjih ljuski. Proces otklanjanja elektrona zovemo jonizacijom. Ali, svaki elektron na jednoj ljuski ima istu vrednost energije.

Elektroni kruže oko jezgra atoma, ali u međuvremenu vrše rotaciju i oko sopstvene ose. Ovakvu vrstu kretanja vrši i naša Zemlja oko Sunca: vrti se oko Sunca (kada se Zemlja vrati na položaj gde je počela kretanje oko Sunca, tada je prošla jedna godina) i vrti se oko sopstvene ose (kada se Zemlja vrati na položaj gde je počela kretanje oko svoje ose, tada je prošao jedan dan). Pošto elektroni vrše kružno kretanje oko jezgra pojaviće se centripetalno ubrzanje (prema jezgri) i trenutna, tangencijalna brzina (brzina u određenom trenutku posmatranja), slika 19 [56].



Slika 19.: Kružno kretanje elektrona oko jezgra

Dok se elektroni vrte, trebalo bi, da gube svoju energiju: kinetičku^[16] i potencijalnu energiju^[17]. Kako elektroni ubrzavaju, emituju elektromagnetno zračenje (fotone). Emitovanjem zračenja, energija se gubi: ako se gubi kinetička energija, gubi se brzina, a sa potencijalnom energijom se gubi rastojanje od jezgra atoma [57]. Ali, pošto dolazi do razmena fotona, odnosno energije između protona i elektrona, elektroni će se kretati oko jezgra i neće se ni približavati, niti udaljavati od jezgra. Treba još napomenuti, da između protona i elektrona deluje privlačna elektromagnetna sila, koja ih drži na okupu.

Ovakve pretpostavke su bile ispravne sve dok kvantna mehanika nije ušla u priču i dala današnju interpretaciju elektrona u atomu. Smatram, da je ovakvo objašnjenje više nego dovoljno o atomu i elektronu.

6.2.10. Zadnja metafora

Ako se još sećamo priče o kuvaru atoma, nedostaje nam još jedna metafora: zbirka recepata. Pošto u se ovoj zbirci nalazi svaka smeša, koja je ikad bila napravljena, valjda postoji i nešto tako vezano za atome. Tako nešto se zove periodni sistem elemenata, slika 20.

PERIODNI SISTEM ELEMENATA
http://www.periodni.com

GRUPA	RELATIVNA ATOMSKA MASA (I)															
	GRUPA IUPAC					GRUPA CAS										
	ATOMSKI BROJ					SIMBOL										
1	Metali Alkali metali Zemno-alkalni metali Prelazni metali Lantanidi Aktinidi Metaloidi Halogeni elementi Halogeni elementi Plemeniti gasovi Nemetali Halogeni elementi Plemeniti gasovi															
AGREGATNO STANJE (25 °C, 101 kPa) Ne - gasovito Tv - čvrsto Pl - tečno Vg - plinovito Hg - tečno Tl - tečno Vg - plinovito																
1	1 H 1.00794 2 He 4.00260 3 Li 6.941 4 Be 9.01218 5 B 10.811 6 C 12.011 7 N 14.007 8 O 15.999 9 F 18.998 10 Ne 20.180 11 Na 22.990 12 Mg 24.305 13 Al 26.982 14 Si 28.086 15 P 30.974 16 S 32.065 17 Cl 35.453 18 Ar 39.948 19 K 39.098 20 Ca 40.078 21 Sc 44.956 22 Ti 47.867 23 V 50.942 24 Cr 51.996 25 Mn 54.938 26 Fe 55.845 27 Co 58.933 28 Ni 58.693 29 Cu 63.546 30 Zn 65.38 31 Ga 69.723 32 Ge 72.64 33 As 74.922 34 Se 78.96 35 Br 79.904 36 Kr 83.798 37 Rb 85.468 38 Sr 87.62 39 Y 88.906 40 Zr 91.224 41 Nb 92.906 42 Mo 95.96 43 Tc 98.906 44 Ru 101.07 45 Rh 102.905 46 Pd 106.42 47 Ag 107.87 48 Cd 112.41 49 In 114.82 50 Sn 118.71 51 Sb 121.76 52 Te 127.60 53 I 126.905 54 Xe 131.29 55 Cs 132.91 56 Ba 137.33 57 La 138.905 58 Ce 140.12 59 Pr 140.91 60 Nd 144.24 61 Pm 144.91 62 Sm 150.36 63 Eu 151.96 64 Gd 157.25 65 Tb 158.93 66 Dy 162.50 67 Ho 164.93 68 Er 167.26 69 Tm 168.93 70 Yb 173.05 71 Lu 174.96 72 Hf 178.49 73 Ta 180.95 74 W 183.84 75 Re 186.21 76 Os 190.23 77 Ir 192.22 78 Pt 195.08 79 Au 196.97 80 Hg 200.59 81 Tl 204.38 82 Pb 207.2 83 Bi 208.98 84 Po 209 85 At 210 86 Rn 222 87 Fr 223 88 Ra 226 89 Ac 227 90 Th 232.04 91 Pa 231.04 92 U 238.03 93 Np 237.05 94 Pu 244.06 95 Am 243.06 96 Cm 247.07 97 Bk 247.07 98 Cf 251.08 99 Es 252.08 100 Fm 257.10 101 Md 258.10 102 No 259.10 103 Lr 262.10															

Slika 20.: Periodni sistem elemenata

6.3. Nastanak i „proizvodnja“ atoma

Do sada smo pričali o tome, šta su atomi, šta su njihova svojstva, šta se sa njima dešava. Ali ništa još nismo rekli o tome kako su oni nastali u realnom svetu.

Odgovor je malo komplikovaniji nego što izgleda. Jedna od teorija kaže, da je naš univerzum u početku imao jako veliku kinetičku energiju, što znači, da je imao veliku temperaturu. Sa hlađenjem su se prvo formirali protoni, elektroni i neutroni. Sa još većim hlađenjem su mogli protoni i neutroni da se udruže i formiraju nukleuse. Elektroni su mogli malo kasnije da se pridruže i neutralizuju pozitivno naelektrisane nukleuse [58]. Na ovaj način je došlo do stvaranja atoma.

U periodnom sistemu postoji dve vrste atoma: oni koji nisu i oni koji su napravljeni ljudskom „rukom“. Svaki atom do $Z = 92$ je moguće (iako je neke od njih samo u malim količinama) pronaći u prirodi. Svaki atom posle $Z = 92$ je tzv. transuranijski atom. Ovi atomi su „napravljeni“ u različitim laboratorijama [59]. Svaki od ovih atoma je radioaktivan. Nijedan od njih nije stabilan. Moguće je, da neki od transuranijskih atoma postoji u prirodi, u našem univerzumu ali najjednostavniji način, da ih dobijemo u korisnoj količini jeste, da ih sami napravimo [60].

Pravljenje ovih atoma nije jednostavno. Kratko rečeno, oni su proizvedeni pomoću čestičnih akceleratora (ubrzivača) i nuklearnih reaktora. Rečeno duže, pa, objašnjenje će trajati malo duže i neće stati samo u jednu rečenicu. Atomi su kolekcije protona, neutrona i elektrona. Kao što već znamo, sa promenom protona u jezgru atoma promeniće se i atom. Atom sa jednim protonom je vodonik, atom sa dva protona je helijum, itd. Ako bismo hteli da napravimo atom sa deset protona, morali bismo prvo naći način da dobijemo deset protona zajedno sa dovoljnom količinom neutrona, da bismo mogli držati te protone zajedno na jednom mestu. Najlogičniji način bi bio, da krenemo sa atomom, koji ima devet (ili možda jedanaest) protona i da mu dodajemo (ili oduzmemo) jedan proton. Zbog toga bismo morali da izazovemo nuklearnu reakciju (fisiju ili fuziju) ili promenu. Nuklearne promene zahtevaju veliku energiju, zbog unutrašnjih sila u atomu, koje drže subatomske čestice na okupu u jezgru. Iz tog razloga ulaze u sliku čestični akceleratori. Oni daju dovoljnu energiju česticama i gađaju metu sa tim česticama, da bismo dobili željeni rezultat. Gde možemo da nađemo dovoljno čestica, da bismo mogli izvršiti sve što smo dosad rekli? Obično u nuklearnim reaktorima [60]. Nuklearni reaktori sadrže i kontrolišu nuklearne lančane reakcije. U ovakvim reaktorima teški atomi se cepaju, kada apsorbuju neutron (dolazi do fisije). Zbog lančane reakcije unutar reaktora dolazi do stvaranja velikog broja neutrona, kao što smo napomenuli kod fisije [61].

6.4. Primena nuklearne energije

Objašnjeni pojmovi bi trebalo da đacima daju dobar temelj za razumevanje pojma atom. Iz tog razloga možemo ih angažovati, da npr. u grupama naprave jedan plakat, prezentaciju ili da ukratko objasne primene atoma i osobine atoma u životu. Za to ćemo iskoristiti projektnu nastavu. Đacima ćemo dati slobodan izbor, da izaberu nešto u okviru ovog pojma. Na taj način će oni naučiti nešto, što se njima dopada a i naučiće kako treba raditi u jednom timu. Naravno, ako im zatreba pomoć oko projekta, sigurno će dobiti je od nas.

Navešću nekoliko slučajeva, gde i kako možemo upotrebiti svojstva atoma u životu.

6.4.1. Nuklearna energetika

Nuklearna energija je ona energija, koju ima nukleus, tj. jezgro atoma. Nuklearna energija se može transformisati u električnu energiju, ali prvo mora biti oslobođena iz atoma. Oslobođanje se dešava pomoću nuklearne fisije, gde dolazi do cepanja atoma i pritom se oslobađa energija.

1. Nuklearni reaktori

Nuklearni reaktor ili elektrana je niz mašina, koje mogu kontrolisati nuklearne fisije, da bi se dobila električna energija. Gorivo, koje nuklearni reaktori koriste da bi proizvodili nuklearne fisije, su sačme uranijuma. Atomi uranijuma su forsirani, da se cepaju i dok vrše cepanje emituju fisione fragmente, neutrone, i ovi produkti izazivaju cepanje kod drugih atoma uranijuma tako izazivajući lančanu reakciju. Energija, koja se oslobađa pri nuklearnoj fisiji se pretvara u toplotnu energiju, tj. u toplotu (toplota je jedna vrsta energije) [62]. Ovom toplotom se zagreva voda, koja se pod visokim pritiskom pretvara u paru. Pomoću ove pare pokreću se turbogeneratori u nuklearnim elektranama [29].

2. Nuklearno oružje

Nuklearno oružje je eksplozivni uređaj, koji izvodi svoju destruktivnu silu iz nuklearne reakcije: pomoću fisije (fisione bombe) ili pomoću fisione i fuzione reakcije (termonuklearne bombe). Obe vrste bombe otpuštaju veliku količinu energije iz relativno male količine čestica [63]. Naglo i nekontrolisano oslobađanje ovolike energije u deliću sekunde dovodi do eksplozije ogromnih razmera [29]. Razlika između nuklearne elektrane i bombe su, da se kod elektrane nuklearni proces dešava kontrolisano a kod bombe nekontrolisano.

3. Korišćenje mutacija u oplemenjivanju biljaka (*plant mutation breeding*)

Korišćenje mutacija u oplemenjivanju biljaka je proces izlaganja semena ili isečka jedne biljke radijaciji, kao što je gama zračenje, da bi uzrokovali mutaciju. Ozračen materijal je zatim kultivisan za generisanje mladih biljaka. Biljke su zatim izabrane i množene, ako pokazuju željene osobine. Proces marker-asistirane selekcije (ili molekularno-marker asistirani uzgoj) se koristi za identifikaciju željenih osobina na osnovu gena. Upotreba zračenja bitno poboljšava prirodni proces spontane genetske mutacije, značajno skraćuje vreme trajanja [64].

6.4.2. Zadatak nastavnika tokom realizacije projekta

Đacima moramo temeljno objasniti glavni koncept svake ponuđene teme, ili im dopustiti, da sami osmisle neku temu. Možemo im ponuditi način, na koji mogu napisati, uraditi date ili izabrane teme. Ali, davanje slobode đacima ne znači, da im ne pomažemo tokom njihovog planiranja i dok rade na projektu. Treba im pokazati nekoliko plakata ili drugih radova na osnovu kojih mogu dobiti inspiraciju, kao što je plakat na ovom linku (vezano je za akcelatore):

<https://www.energy.gov/articles/how-particle-accelerators-work>

Svaka pomoć će ih ohrabriti da nastave rad. Ako postoji neki problem vezan za temu, mislim sad na npr. kako ljudi mogu poboljšavati nuklearne reaktore, da li postoji neka alternativa, moramo im skrenuti pažnju na to, da se fokusiraju.

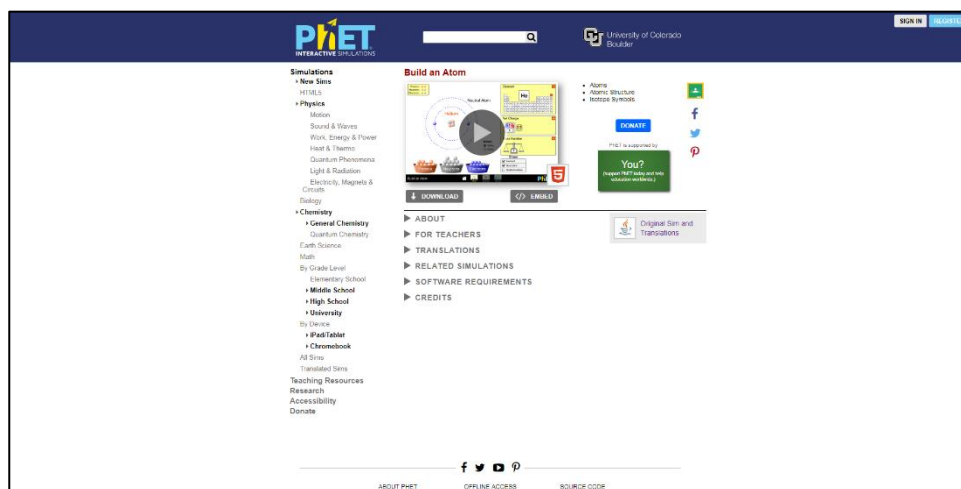
6.5. Kreiranje atoma pomoću PhET (Physics Education Technology) simulacije

Ako je učionica opremljena kompjuterom i projektorom, onda profesor zajedno sa đacima može kreirati svoje atome. Ne treba ništa drugo, samo pratiti sledeće korake:

1. Otvoriti sledeći link u pretraživaču:

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/build-an-atom>

Kada smo otvorili link, treba da nam se otvori početna stranica PhET simulacija, kao na slici 21:



Slika 21. Otvoren link u pretraživaču

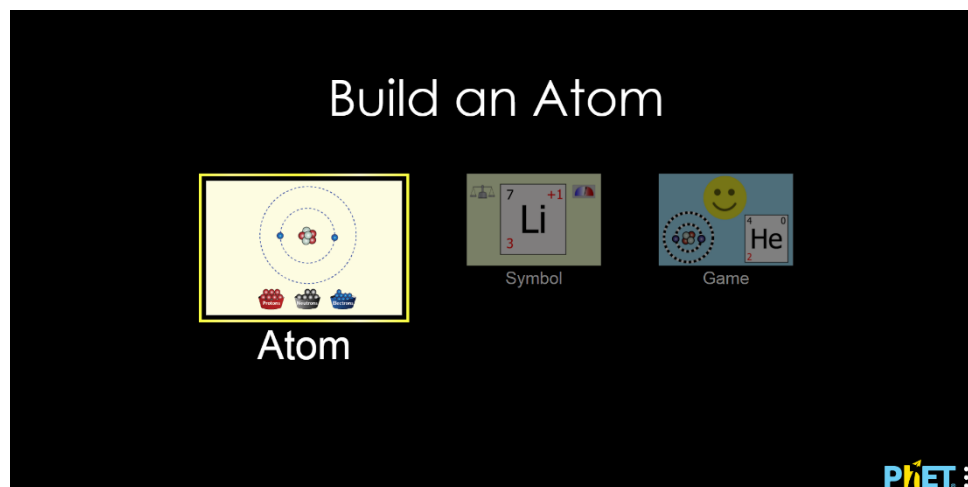
2. Koristiti simulaciju onlajn ili skinuti link na desktop

Ako kliknemo na Download dugme, naš kompjuter će preuzeti direktan link na odabrano mesto. Klikom na to će otvoriti simulaciju.

Ako kliknemo na veliko play dugme (dugme sa strelicom), onda će nas naš pretraživač direktno odvesti do simulacije, bez preuzimanja linka na kompjuter.

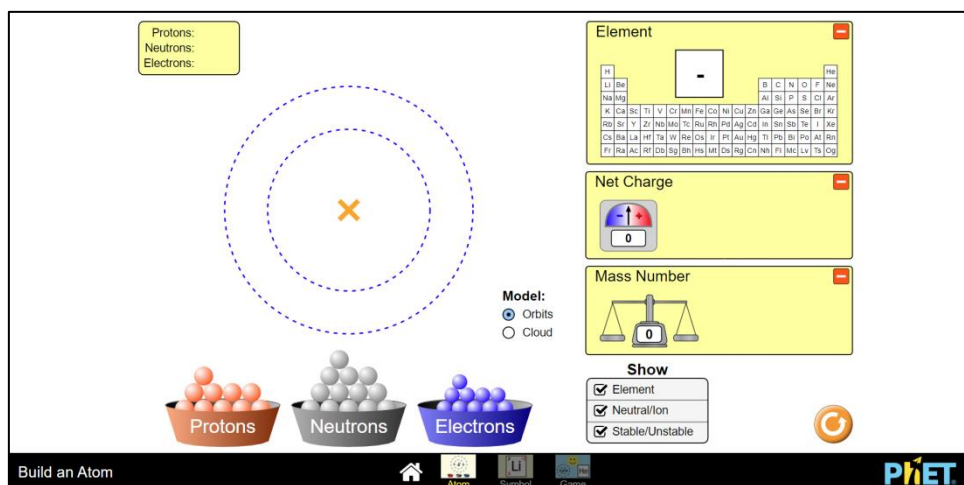
3. Izaberemo jednu od tri mogućnosti

Pojaviće se jedan prozor sa tri mogućnosti: atom, simbol i igrica, slika 22.



Slika 22.: Prozor sa tri mogućnosti

Ako smo izabrali prvu opciju, tj. atom, bićemo prebačeni na sledeću stranicu, gde možemo kreirati naše atome, slika 23.



Slika 23.: Prva opcija izabrana

Na raspolaganju imamo 10 protona, 10 elektrona i 13 neutrona. Protone, elektrone i neutrone jednostavno uhvatimo pomoću kursora i uvučemo ih u srednji krug. Elektroni će se premeštati na isprekidane linije, dok će protoni i neutroni formirati jezgro. Krajnji atom, koji možemo stvoriti, jeste neon, Ne. Kreirani atom će se pojaviti u periodnom sistemu elemenata desno od našeg atoma.

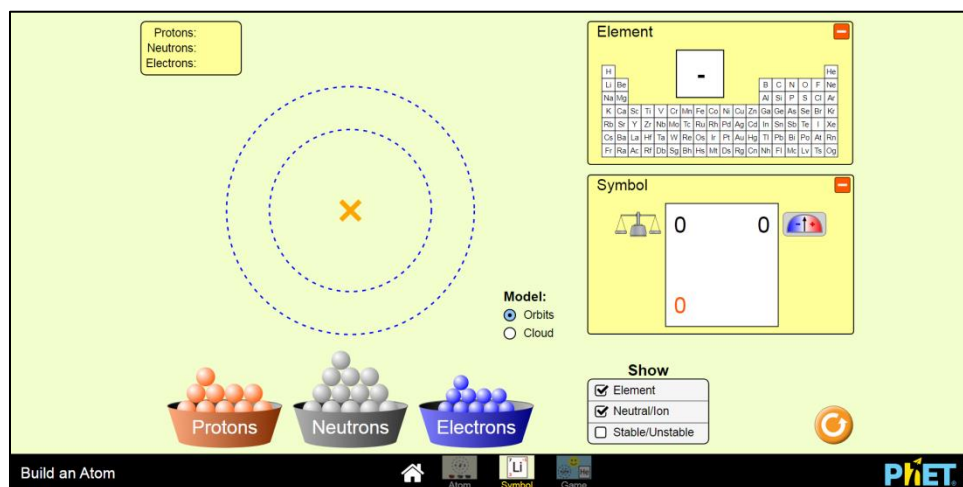
Ispod periodnog sistema možemo videti naelektrisanje atoma sa klikom na „+“ znak. Ako strelica pokazuje ka desnoj strani, onda imamo pozitivno jonizovani atom. Ako strelica pokazuje

ka levoj strani, onda imamo negativno jonizovan atom. Ako strelica pokazuje ka sredini, onda je naš atom neutralan, tj. broj protona je jednak broju elektrona.

A ispod naelektrisanja atoma možemo videti maseni broj atoma, A , opet sa klikom na „+“ znak.

Možemo isključiti i uključiti opciju da nam pokazuje koji je element, odnosno atom u pitanju, da li je naš atom neutralan ili neki jon, da li je naš atom stabilan ili nestabilan i na kraju, koji atomistički model hoćemo koristiti: orbitalni ili oblačni, tj. Borov ili Šredingerov model atoma.

Odabirom druge opcije, tj. simbola ili u glavnom meniju ili dole kod već izabrane opcije će nas prebaciti na sledeću stranicu, slika 24.



Slika 24.: Druga opcija izabrana

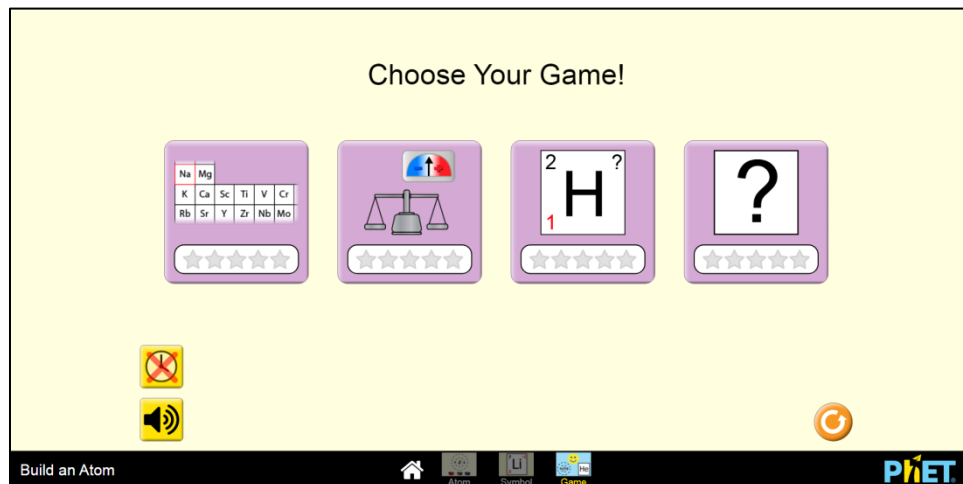
Jedina stvar koju možemo primetiti na sledećoj stranici jeste, da je pokazatelj naelektrisanja i masenog broja zamenio jedan simbolični prozor. Dok kreiramo atom, ovaj prozor se menja, tj. njegovi parametri. Sa leve strane gore imamo pokazatelj masenog broja. Sa desne strane gore imamo pokazatelj naelektrisanja. Sa leve strane dole se pojavio redni broj, Z .

A treća opcija su četiri vrste igrice, slika 25. Kod izabrane prve igrice treba da se nađe traženi atom na osnovu datog broja protona, neutrona i elektrona ili na osnovu orbitalnog atomskog modela. Klikom na atom još treba izabrati da li je taj atom neutralan ili je jon.

Kod druge igrice na osnovu datog broja protona, neutrona i elektrona ili na osnovu orbitalnog atomskog modela treba dati odgovor o naelektrisanju atoma ili o masenom broju atoma pomoću male strelice. Strelica ka dole smanjuje broj, a strelica ka gore povećava broj.

Kod treće igrice treba odrediti ili naelektrisanje, maseni broj ili redni broj atoma na osnovu orbitalnog atomskog modela ili datog broja protona, neutrona i elektrona.

Kod četvrte igrice treba ili odrediti naelektrisanje, maseni broj i redni broj za neki atom na osnovu datog broja protona, neutrona i elektrona ili orbitalnog atomskog modela, ili je dat jedan atom sa sva tri podatka i treba odrediti broj protona, neutrona i elektrona, ili treba kreirati atom na osnovu datog naelektrisanja, masenog broja i rednog broja.



Slika 25.: Treća opcija izabrana

Kod svake igrice imamo 5 zadataka, koje rešavamo i na kraju dobijemo određeni broj zvezdica od mogućih pet u zavisnosti kako smo rešili zadatke.

6.5.1. Kako ova simulacija utiče na nastavnu jedinicu

Ova simulacija nam omogućuje da stečeno znanje primenimo na nekakav način i posle toga da vršimo evaluaciju pomoću igrice. Postoji dugme nazad, koje omogućava da se vratimo na prvobitno stanje i da probamo sve ponovo, što omogućuje đacima da eksperimentišu sa različitim stvarima. Evaluaciju vršimo pomoću jedne igrice, koja ne izaziva stres kod đaka toliko, kao npr. pitanja na kraju lekcije. Đaci će sami razumeti i primetiti greške, što omogućuje da brže i efikasnije razumeju nastavnu jedinicu. Ako im nešto nije jasno, mogu pitati i profesora da im objasni nejasni pojam.

Jedina mana jeste, da nam treba pristup internetu, da bismo mogli da preuzmemo simulaciju na naš kompjuter ili ako hoćemo da koristimo simulaciju na našem kompjuteru bez preuzimanja. Posle preuzimanja možemo i bez interneta da koristimo simulaciju jednostavno otvaranjem preuzetog linka.

7. Rezultat primene odabranih nastavnih modela u osmom razredu osnovne škole

Cilj mog rada jeste, da dam svakodnevna objašnjenja za nesvakodnevne pojmove, koristeći različite metode. Da bih saznao kako drugi, na prvom mestu đaci, gledaju na moja objašnjenja razgovarao sam sa đacima iz osnovne škole u Bečeju, i anketirao ih.

7.1. Objašnjenje u osmom razredu osnovnih škola – ankete

Za đake u osmom razredu Osnovne škole “Zdravko Gložanski” u Bečeju sam pripremio dve ankete: jednu su popunili pre mog objašnjenja pojmova iz oblasti atomske i nuklearne fizike, a drugu posle objašnjenja. U osmom razredu je bilo ukupno 14 đaka. Kroz ove ankete hteo sam saznati, da li su moje metode, vrsta objašnjenja sa punim entuzijazmom, povezivanjem stvari, šalama i pričama o interesantnim stvarima držale pažnju đacima i probudile njihovo interesovanje prema fizici.

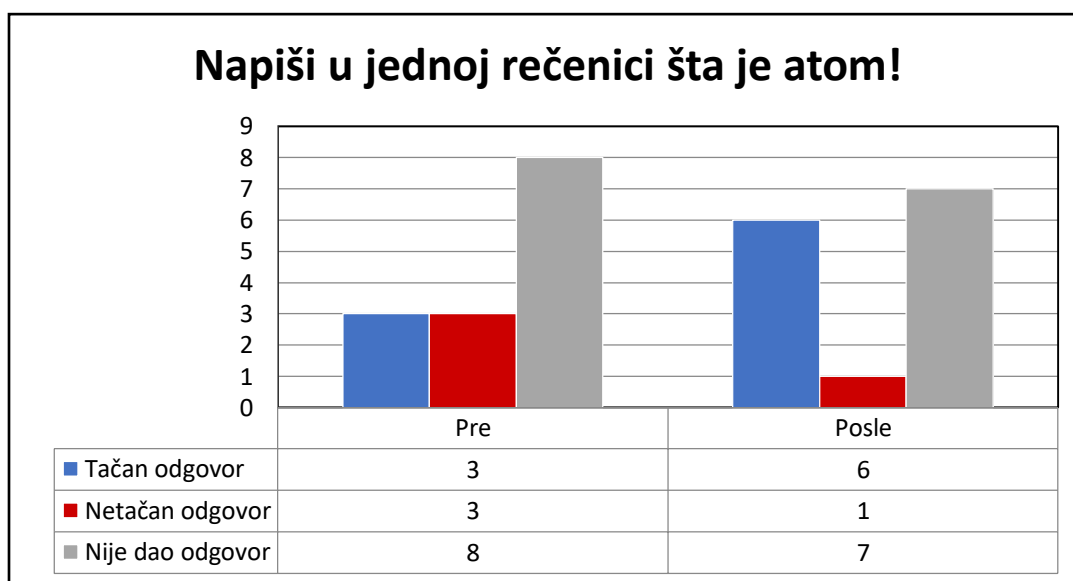
Pre anketiranja đaka sam im objasnio kako treba da popune anketu i da je anketa anonimna, tj. ne treba da upišu svoje ime. Prva pitanja nisu bile vezane za pojam atoma, nego su tražila informacije o tome šta đaci misle o fizici. Drugi deo ankete je sadržao pitanja o određenim pojmovima. Druga verzija ankete koju su đaci popunili posle objašnjenja, je obuhvatala pojmove koje sam objašnjavao. Moj cilj je bio, da saznam koliko su obraćali pažnju na ono, što sam pričao. Korišćene ankete, koje sam kreirao za potrebe ispitivanja učeničkih znanja o atomima i mišljenja istih đaka o fizici i nastavi fizike, su date u Prilogu (Anketa – verzija pre objašnjenja i Anketa – verzija posle objašnjenja).

7.2. Rezultati ankete

Kao što sam već napomenuo, đacima sam dao nekoliko pitanja vezanih za njihovo interesovanje prema fizici. Ono što sam očekivao jeste, da većinu njih ne interesuje fizika. Ali, dobio sam malo „šokantniji“ rezultat: više đaka voli fiziku i tvrdi da je jako zanimljiva (50% je zaokružio broj 4 kod ajtema broj 9 – gde je trebalo da na skali od 1 do 5 odgovore na pitanje: *Koliko ti je zanimljiva fizika?*), nego što ih ne vole (kod pitanja broj 1. – *Koliko voliš fiziku?* – niko nije zaokružio broj 1 i 2, a samo 5 đaka zaokružio broj 3) i nije im interesantno. Od 14 đaka 11 uči između 0 i 2 sata tokom jedne nedelje. Zbog toga možemo pretpostaviti, da je traženo gradivo lako i da nisu motivisani, da nešto čitaju i da saznaju više od onoga, što je traženo u školi. Po njihovom mišljenju, knjiga nije dovoljna za predavanje fizike. Na pitanje broj 3. *Po tvom*

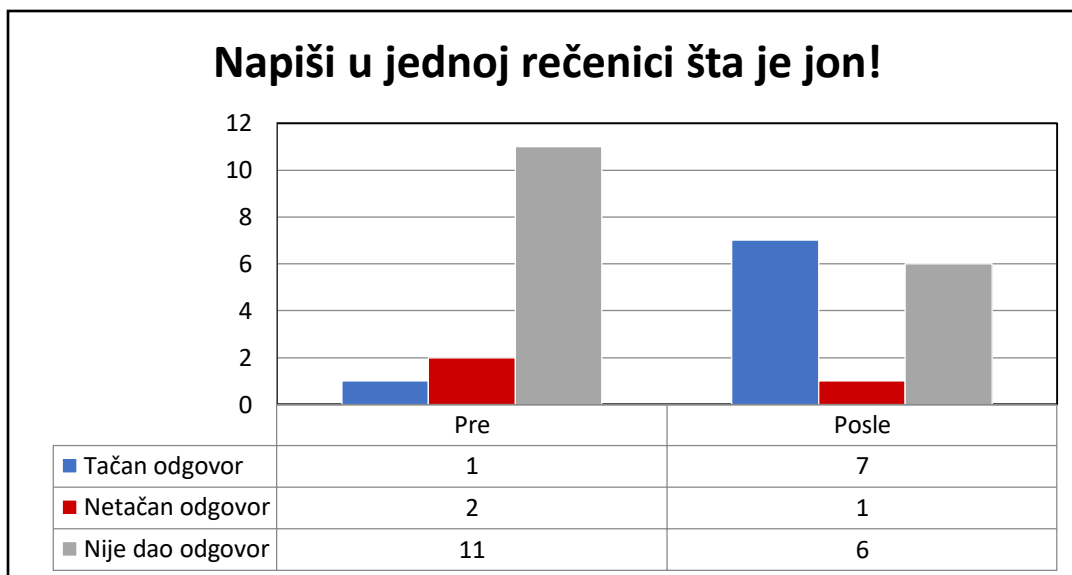
mišljenju, kako je moguće bolje predavati i razumeti fiziku? – niko nije zaokružio ponuđeni odgovor *Dovoljno je korišćenje knjiga*, a dao sam ih mogućnost da zaokruže više odgovora. Većina njih tvrdi, da treba koristiti animacije, simulacije, video sadržaje (9 glasova) i pokazivati eksperimente (10 glasova). Nekoliko od njih je glasao na slovo d (ukupno 5 glasova je dobio odgovor pod slovom d), što nam opet ukazuje na to, da treba koristiti drugačije metode.

Odgovori vezani za nastavnu jedinicu su dali mogućnost, da vidim koliko su pre znali o atomu iz hemije i iz fizike. Na sledećim grafikonima ćete moći videti upoređivanje odgovora na ista pitanja pre i posle objašnjenja datog na osnovu predloga iznetih u ovom radu.



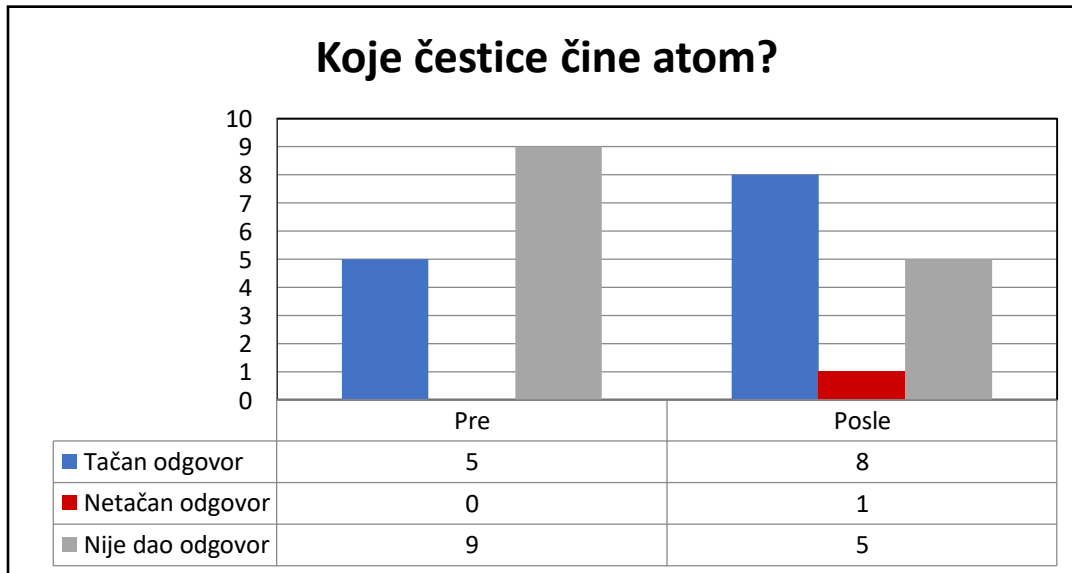
Grafikon 1.: Odgovori na pitanje šta je atom

Sa malo temeljnijom pričom o atomu, tj. sa objašnjavanjem njegove dimenzije, komponenata i osobina, đaci su dobili malo jasniju sliku o tome šta je atom. To se vidi iz ovog rezultata, grafikon 1.



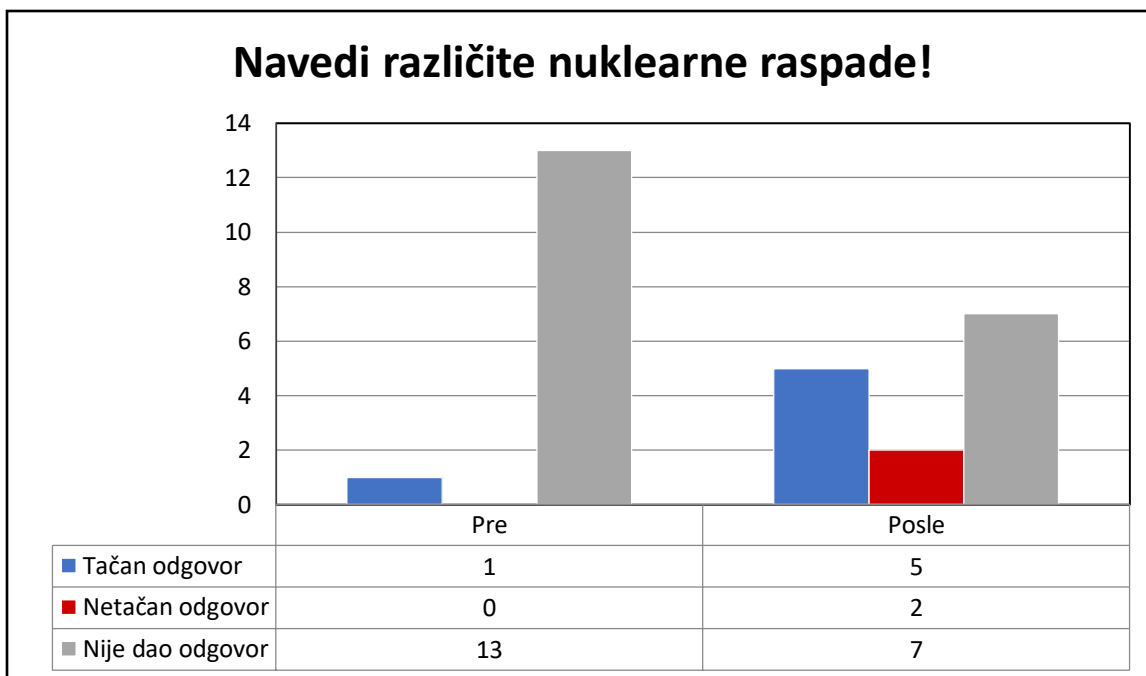
Grafikon 2.: Odgovori na pitanje šta je jon

Đaci su možda učili, možda i nisu, šta su joni iz hemije, ili su samo zaboravili, ali bilo je malo zastrašujuće nabrojati odgovore iz ankete pre objašnjenja, grafikon 2. Trebalo je đacima isticati, da su joni na neki način atomi i da stabilnost atoma zavisi od jonske osobine, tj. od viška ili manjka elektrona.



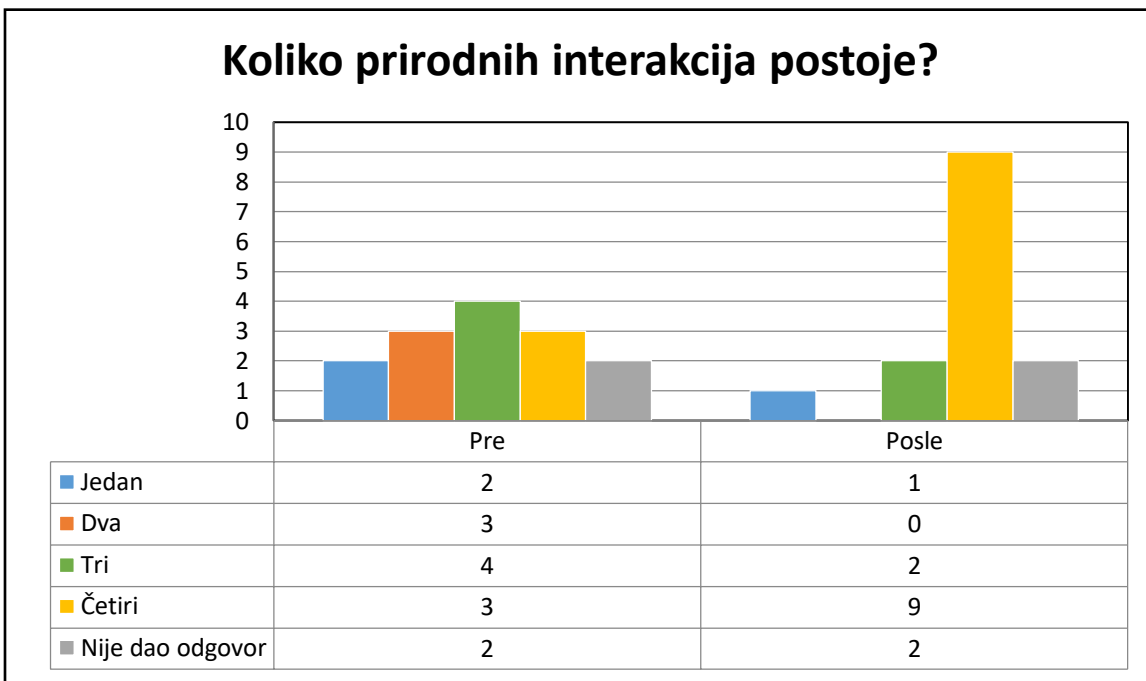
Grafikon 3.: Odgovori na pitanje koje čestice čine atom

Ovo pitanje je prilično trivijalno, grafikon 3. Svako, ko je čuo o atomu, barem zna jednu od subatomske čestice. Ako ih zna sve tri, znaće i da odgovori na ovo pitanje.



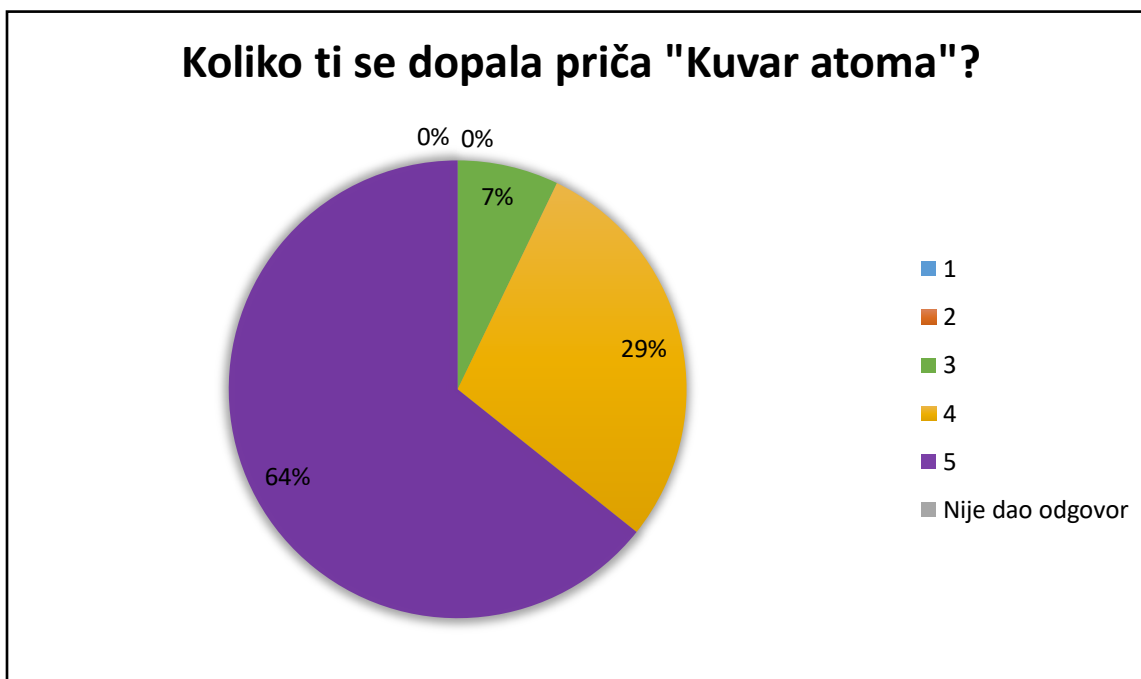
Grafikon 4.: Odgovori na pitanje nabroj različite vrste nuklearnih raspada

Verujem, da jako mali broj ljudi, đaka zna odgovor na ovo pitanje, grafikon 4. Sa isticanjem opasnosti, osobina nuklearnih raspada i sa pričama o zanimljivostima nuklearnih raspada, kako su i za šta su kompanije posle Drugog svetskog rata koristile radioaktivne atome činiće učenje i pamćenje različitih nuklearnih raspada lakšim. Ako smo u mogućnosti, da navedene video sadržaje, animacije i simulacije iskoristimo na času, uspeh će biti zagarantovan.



Grafikon 5.: Odgovori na pitanje koliko prirodnih interakcija postoje

Isto kao i kod prethodnog pitanja, odgovor na ovo pitanje deluje teško na prvi pogled, grafikon 5. Na grafikonu pre objašnjenja se jasno vidi, da su đaci nenamerno kreirali Gausovu (normalnu) raspodelu. Iz toga možemo zaključiti, da su odgovore zaokružili slučajno ili jednostavno nisu mogli da se sete jedne ili dve vrste interakcija. Objašnjenjem pojma interakcija daće temelj razumevanju prirodnih interakcija. Isticanje na šta treba đaci da obrate pažnju kod atoma, što se tiče prirodnih interakcija (u suštini povezujemo prirodne interakcije sa pojmom atoma), daće mogućnost đacima, da povežu svaki pomenut pojam.



Grafikon 6.: Odgovori na pitanje koliko ti se dopala priča „Kuhar atoma“

Na kraju ankete, posle objašnjenja sam ih pitao, kako im se dopala priča „Kuhar atoma“, grafikon 6. Reakcije su bile dobre dok sam pričao priču (nisu zevali, pisali, čitali nešto, nisu ni pričali). Po mom mišljenju, ako đaci čuju nešto po prvi put, nešto što je malo neobičnije od onoga, na šta su već navikli, obratiće više pažnje. Ali, moramo paziti, da ne preterujemo, pošto ćemo na takav način jako zbuniti đake: neće ništa zapamtiti i ako nešto zapamte, pogrešno će zapamtiti.

Zadnje pitanje u anketi posle objašnjenja je bilo, da đaci ocene današnje predavanje. Hteo sam saznati, kako funkcioniše ono, što sam već rekao na početku ove glave, tj. da li su moje metode, vrsta objašnjenja sa punim entuzijazmom, povezivanjem stvari, šalama i pričama o interesantnim stvarima držale pažnju i probudile interesovanje prema fizici. Tri đaka su zaokružili odgovor broj 4, a ostali, tj. jedanaest đaka je zaokružilo odgovor broj 5. Ovi odgovori možda nisu najobjektivniji iz razloga, što su me prvi put videli pa sam možda zbog toga bio malo interesantniji od profesorice, na koju su već navikli.

7.3. Zaključak vezan za ankete

Na osnovu navedenih rezultata, vidi se da đaci osmog razreda relativno vole fiziku kao školski predmet, ali se ne trude oko učenja. Samo troje uče fiziku između 2 i 3 sata tokom nedelje, a ostali manje od toga.

Takođe, đaci žele da uče primenom raznih metoda i to primenom multimedijalnih sadržaja i eksperimenata. Iz ovoga možemo zaključiti, da đaci žele da uče preko vizualizacije. Nešto što vide će bolje razumeti i pamćenje će biti dugotrajnije.

Iz odgovora na pitanja iz oblasti atomske i nuklearne fizike u anketi pre objašnjenja vidimo da su đaci već učili o atomu (iako je mali broj tačnih odgovora na ova pitanja). Komponente atoma je znalo da navede 4 đaka i na osnovu toga se stvarno vidi, da su učili o atomu.

Možemo zaključiti, da generalno đaci vole i da su zainteresovani za fiziku, ali odgovori na pitanja su pokazali, da su pre mog objašnjenja mnogo o atomu već zaboravili.

Iz ovih razloga smatram, da sa boljim objašnjenjem, pomoću metoda koji se dopadaju đacima, postoji mogućnost da oni još bolje zapamte te pojmove i da im fizika bude još zanimljivija. Ovakvu vrstu objašnjenja u osnovnim školama trebalo bi duže, kroz nekoliko godina koristiti i na osnovu tih podataka dati krajnji zaključak.

8. Nešto za talentovane đake i za dodatnu nastavu

Sledeća poglavlja pokrivaju neke informacije, koje su malo teže za razumevanje i zbog toga predlažem da ih predajemo na dodatnim časovima i da malo pokrenemo mozak talentovanih đaka.

8.1. Početak početka

Pretpostavka je, da je svemir nastao iz jedne tačke (prostorno-vremenskog^[18] singulariteta^[19]). Prostorno-vremenski singularitet možemo zamisliti, kao jednu tačkicu koja u sebi sadrži i vreme i prostor, gde prostor može biti jednodimenzionalan, dvodimenzionalan, trodimenzionalan, sve do dvadesetšest dimenzija. Možda smo u ovom trenutku malo u šoku zbog tolikih dimenzija, ali ne treba da budemo. Takve dimenzije postoje samo u teoriji struna, čiji „otac“, tj. jedan od očeva je Lionard Saskind (*Leonard Susskind*, 1940 –). Saskind je jednom u toku seminara pitao slušaoca, da li on može da zamisli četiri ili pet dimenzija, pošto on (Saskind) nije mogao. Naš mozak nije tako konstruisan da bi mogao te stvari zamisliti. Da se vratimo univerzumu. Trenutno široko prihvaćena teorija Velikog praska, tj. Big Bang, daje objašnjenje za nastanak svemira [17]. Pomoću Velikog praska je ta mala tačka počela da se širi i hladi. Jedno pogrešno shvatanje jeste, da je došlo do eksplozije. Početak širenja te male tačke zovemo Veliki prasak [19].

Naš univerzum se rodio pre 13.82 [65] milijardi godina u ogromnoj ekspanziji (Veliki prasak), koja je naduvala naš svemir kao jedan gigantski balon [66]. Naduvao se od veličine koja je manja od elektrona na današnje poznatu veličinu za delić sekunde [67].

Prema teoriji u fizici, ako bismo gledali univerzum jedan sekund posle Velikog praska, videli bismo more neutrona, protona, elektrona, pozitrona, fotona i neutrina na $5.5 \cdot 10^9$ °C. Kako je vreme prolazilo naš univerzum je počeo da se hladi, neutroni bi se ili raspali u protone i elektrone ili bi se kombinovali sa protonima u deuterijume. U ovo vreme univerzum bi bio neproziran zbog slobodnih elektrona, koji bi rasejavali svetlost, tj. fotone. Kako je univerzum nastavio da se hladi i dostigao neku temperaturu, slobodni elektroni bi se kombinovali sa nukleusom, pa bi formirali neutralne atome. Formiranjem neutralnih atoma, slobodni elektroni su nestali i naš univerzum je postao transparentan [68].

Naučnici smatraju, da su sve četiri sile, koje vladaju univerzumom su bile ujedinjene u jednu silu u trenutku rađanja našeg univerzuma. To je bilo zbog toga, jer su gustina i temperatura bile ekstremne. Stvari su se menjale kada je univerzum počeo da se širi i da se hladi. U vreme naduvavanja jaka sila se verovatno izdvojila. Jedan trilioniti deo ($\frac{1}{10^{12}}$) sekundi posle Velikog praska izdvojile su se i elektromagnetna i slaba sila [69].

8.2. Određivanje mase subatomske čestice

Postoje razni uređaji, pomoću kojih je moguće odrediti masu nekih čestica, kao što je npr. masena spektrometar. U poslednje vreme tzv. Peningova zamka (Penning trap) je preuzela ulogu masenog spektrometra, slika 27.



Slika 27.: Peningova zamka

Peningova zamka koristi kombinaciju električnog i magnetnog polja, da bi postigao 3D zarobljenja naelektrisanih čestica. Radijalna^[20] zarobljenost je obezbeđena isključivo magnetnim poljem: naelektrisana čestica, koja se kreće u konstantnom magnetnom polju će izvršiti ciklotron^[21] kretanje, ako čestica poseduje impuls u ravni normalnoj na magnetno polje. Dok magnetno polje pruža radijalnu zarobljenost, ne pruža aksijalnu^[22] zarobljenost. Aksijalnu zarobljenost obezbeđuje električno polje.

Kombinacija električnog i magnetnog polja obezbeđuje 3D zarobljenost naelektrisanih čestica. Kretanje u Peningovoj zamci se sastoji u dva radijalna i u jednoj aksijalnoj ravni [70].

Peningove zamke mogu služiti kao vage za čestice. Unutar zamke zarobljene čestice vrše karakteristično periodično kretanje na određenoj oscilacionoj frekvenciji. Ovom frekvencijom može biti izmerena masa čestice [71].

8.3. Defekt mase i energija veza jezgra

Pojam energije veza jezgra smo već spominjali, ali sad ćemo je povezati sa jednim pojmom, koji se zove defekt mase. Oni otprilike idu ruku pod ruku i pokazaćemo zašto je to tako.

Francis Aston (*Francis William Aston*, 1877 – 1945) je pomoću svog masenog spektrografa pokazao, tj. pomoću svog merenja da se izmerena masa nekog atoma, izražena u atomskim jedinicama mase u , razlikuje od odgovarajućeg masenog broja A tog atoma. Kasnija, preciznija merenja su samo potvrdila da je zbir masa sastavnih delova atoma, Z protona i N neutrona, uvek veći od mase celog jezgra m_j . Ta razlika se naziva defekt mase.

Jednostavnije rečeno defekat mase: imamo Z broj protona i N broj neutrona u jezgru. Njihova ukupna masa daje masu jezgra atoma m_j . Ako bismo rastavili jezgro na Z broj protona i N broj neutrona, dobijena masa na takav način bi bila veća od mase jezgra, koju su oni formirali.

Postoji objašnjenje zašto se ovo dešava. Iskoristićemo najpoznatiju formulu, koju skoro svako zna. To je formula $E = m \cdot c^2$, koja se zove masa-energija ekvivalent. Kada nukleoni formiraju jezgro atoma, izgube delić svoje energije. Zašto bi onda nukleoni formirali jezgro, ako izgube energiju u međuvremenu? To je zbog toga, što priroda više voli stanja sa manjom energijom. Iz $E = m \cdot c^2$ vidimo, da ako dolazi do gubljenja energije, onda se u istovreme gubi i masa, pošto je c konstantna veličina, tj. brzina svetlosti, koja iznosi $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ [72].

Sad, kada je poznat pojam defekta mase, povezaćemo ga sa energijom veze jezgra. Dosad smo pričali o razbijanju jezgra atoma, o slobodnim protonima, neutronima i energijama [73]. Minimalna količina energije, koju je potrebno uložiti, da bi se dato jezgro rastavilo na sastavne delove, tj. na neutrone i protone se zove vezivna energija atoma. Da li postoji mogućnost, da iskoristimo istu energiju kod formiranja jezgra atoma? Da, postoji. Samo što se u tom slučaju energija oslobađa, kada spajamo Z slobodnih protona i N slobodnih neutrona u jezgro kao celinu [17].

8.3.1. Matematički izrazi

Defekt mase se izračunava pomoću formule [17]:

$$\Delta m = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_j(A, Z)$$

gde je Z broj protona, m_p masa protona, N broj neutrona, m_n masa neutrona, a m_j masa jezgra. U zagradi kod mase jezgra je samo naznačeno, da je u jezgra uračunat svaki sastavni deo jezgra.

Energiju veze jezgra izražavamo preko formule:

$$E_v = \Delta m \cdot c^2 = [Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_j(A, Z)] \cdot c^2$$

Energija veze po jednom nukleonu zavisi od masenog broja atoma, tj.:

$$B = \frac{E_v}{A}$$

Što je ispravno. Ako bismo obrnuto uradili, dobili bismo ukupnu energiju veze:

$$E_v = B \cdot A$$

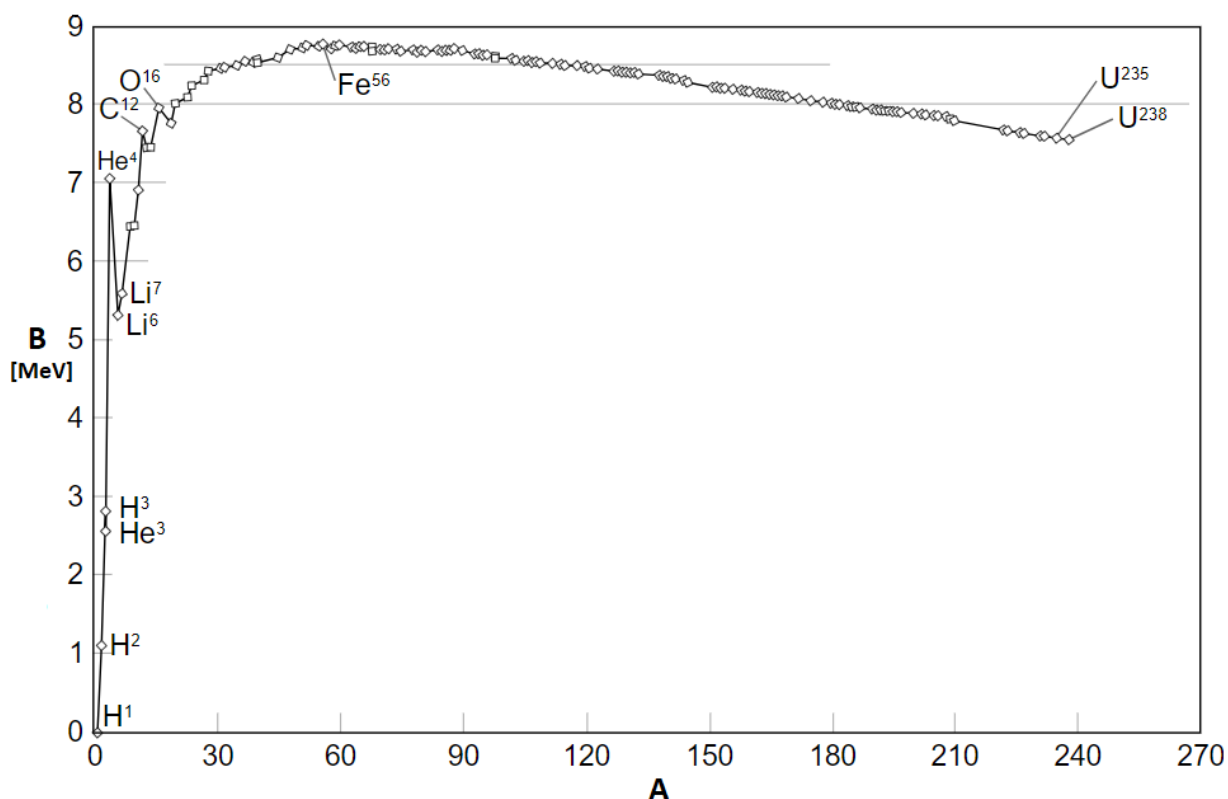
Kod energije veze jezgra često koristimo megaelektronvolt, MeV kao jedinicu za energiju, koja iznosi:

$$1 MeV = 1,602 \cdot 10^{-13} J$$

I vidimo, da su stvarno povezani defekt mase i energija veze jezgra: sa porastom defekta mase povećava se i energija veze jezgra, pošto je c konstantna veličina.

8.4. Energija veze jezgra preko grafikona

Posmatraćemo sliku 28 za objašnjenje veze između pojmova energije veze jezgra i fisije.



Slika 28.: Grafikon zavisnosti energije veze jezgra po jednom nukleonu od masenog broja

Vidi se, da kod lakih jezgara, do $A = 16$, postoji veoma brz porast energije veze po jednom nukleonu. Pre $A = 16$ postoji još jedan pik, koji je jako izražen, a to je kod $A = 4$. To je atom helijuma 4_2He . Atom helijuma poseduje znatno višu energiju veze u odnosu na okolna jezgra, što nas navodi na zaključak, da struktura od dva protona i dva neutrona (dvostruko magično jezgro, o ovome će biti reč malo kasnije) ima visoku stabilnost. Nakon $A = 16$ počinje oblast sa sporijim porastom energije veze po jednom nukleonu i ona se proteže sve do oblasti jezgra $A = 60$, gde kriva dostiže svoj maksimum od otprilike $B = 8,5 MeV$. Najstabilnija jezgra koja

se u prirodi mogu naći leže u ovoj oblasti [17]. Gvožđe, ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ je najstabilniji atom, pošto on ima najveći vrednost za B od svih atoma [73]. Nakon maksimuma se uočava lagani pad krive do vrednosti $B = 7,5 \text{ MeV}$ za najteža jezgra.

Za ovakav poremećaj u vrednostima postoji dobro objašnjenje. Kao što već znamo, unutar jezgra deluju privlačne sile, koje drže nukleone na okupu i koje potiču od njihovih međusobnih interakcija. To su tzv. jake sile. Počevši od $A = 16$ vezivna energija po jednom nukleonu ima manje-više konstantnu vrednost, odnosno menja se u relativno uskom intervalu vrednosti od $B = 7,5 \text{ MeV}$ do $B = 8,5 \text{ MeV}$. Ali, ne bi trebalo da bude tako. Znamo, da je ukupan broj nukleona u jezgru određen pomoću masenog broja A . Ako bi jedan od tih nukleona interagovao sa ostalih $A - 1$ nukleona (minus jedan je pošto jedan nukleon interaguje sa svim ostalim nukleonima), ukupan broj međunukleonskih veza bi bio $A \cdot (A - 1)$ ili grubo gledano A^2 . Ako bismo imali takav slučaj, tj. da je ukupan broj međunukleonskih veza A^2 , onda bi ukupna vezivna energija jezgra trebalo da zavisi na sličan način kao što je B od broja nukleona, tj. od masenog broja A . Tada bi energija veze po jednom nukleonu morala biti proporcionalna sa A , tj. linearno bi rasla sa masenim brojem na grafikonu. Takav slučaj postoji, ali samo kod lakih jezgara, do $A = 16$. Posle $A = 16$ kao što smo već rekli, dolazi do manje-više konstantne vrednosti za B . To je zbog toga, što pojedinačni nukleoni ne interaguju sa svim ostalim nukleonima u jezgru, već dolazi do izvesnog zasićenja broja veza među nukleonima. Do ovakvog zasićenja dolazi, samo ukoliko je domet nuklearnih sila manji od dimenzija jezgra, tako da svaki nukleon interaguje samo sa određenim brojem svojih najbližih suseda, te se ne ostvaruje svih $A \cdot (A - 1)$ mogućih veza između nukleona.

Nuklearne sile moraju biti znatno većeg intenziteta od Kulonovih odbojnih sila, koje deluju između istoimeno naelektrisanih protona. Ovakvo odbijanje se može uopštiti i na grafikonu. Posle $A = 60$ kriva blago opada. To se može objasniti činjenicom, da sa porastom broja protona u jezgru rastu i odbojne sile, što kao rezultat daje smanjenje energije veze po nukleonu.

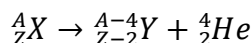
8.5. Označavanje α i β -raspada pomoću matematičkih formula

U ovo poglavu naučićemo, kako treba matematički opisati raspade.

Označavaćemo atom pretka sa slovom A_ZX sa svojim početnim masenim i rednim brojem. Ako se dešava unutrašnja promena atoma, dobićemo atom potomka, koji ćemo označavati sa slovom ${}^{A\pm n}_{Z\pm m}Y$. Vidimo, da će se kod potomka maseni broj i redni broj menjati za vrednost n i m , bilo to da bude sabiranje ili oduzimanje. Kod različitih reakcija dobijamo različite promene.

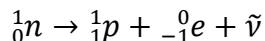
Već smo učili o različitim raspadima, ali nismo koristili matematički zapis, tj. promene kod atoma pretka i produkte, koje dobijemo, obično atom potomak i još neka čestica mogu da se prikažu matematičkim zapisom. Zbog toga ćemo krenuti redom od α -raspada.

1. α -raspad: Kod ovog raspada jezgro predak, X , se raspadne na jezgro potomka, Y , i na dvostruko pozitivno jonizovan atom helijuma:

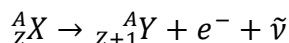


Pošto jezgro helijuma u sebi sadrži dva protona i dva neutrona, maseni broj A će biti manji za četiri, a redni broj Z će biti manji za dva kod jezgra potomka [17].

2. β^- -raspad: Kod ovog raspada jezgro emituje jedan elektron i antineutrino, zbog pretvaranja neutrona u proton, elektron i antineutrino. Pretvaranje neutrona u proton, elektron i antineutrino:

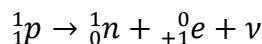


Pošto se broj protona povećava β^- -raspadom kod jezgra potomka, redni broj, Z , će se povećavati za jedan:

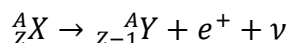


gde je $e^- = {}^0_{-1}e$ elektron, a $\tilde{\nu}$ je antineutrino [17].

3. β^+ -raspad: Kod ovog raspada jezgro emituje jedan pozitron i neutrino, zbog pretvaranja protona u neutron, elektron i neutrino. Pretvaranje protona u neutron, pozitron i neutrino:

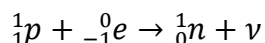


Pošto se broj protona smanji β^+ -raspadom kod jezgra potomka, redni broj, Z , će se smanjiti za jedan:

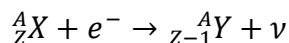


gde je $e^+ = {}^0_{+1}e$ pozitron, a ν je neutrino.

4. Elektronski zahvat: Kod ovog procesa jezgro uhvati jedan elektron, obično sa energetskih nivoa bližih jezgru (obično sa K ljuske), dok mu se jedan proton pretvara u neutron i dolazi do emitovanja neutrina:



Sa leve strane jednačine sad imamo jezgro pretka, koji uhvati jedan od svojih elektrona i pošto se proton pretvara u neutron, redni broj Z će se smanjiti za jedan kod potomka:



Kod ovih raspada vidimo, da kad god se proton pretvara u nešto drugo, emituje se ili elektron ili pozitron. To je zbog toga, što se atom trudi, da ostane što je moguće stabilniji. Kada ne bi bilo tako, on bi bio električno nestabilan i jako brzo bi formirao hemijsku vezu.

8.6. Magični atomi

U slučaju, da su ljuske potpuno popunjene nukleonima, ili kako se to obično kaže potpuno zatvorene, ukoliko poseduju 2, 8, 20, 28, 50, 82 i 126 neutrona ili protona. Broj 126 važi samo za neutronske ljuske, pošto u prirodi ne postoji jezgro sa tolikim brojem protona. Kod elektrona su ljuske potpuno zatvorene, ukoliko poseduju 2, 10, 18, 36, 54 i 86 elektrona. Ovo su tzv. magični brojevi [74].

Jezgra, koja poseduju magični broj protona ili neutrona imaju stabilniju strukturu od okolnih jezgara, dok posedovanje magičnog broja elektrona čine atom hemijski stabilnim. Posebno su stabilna dvostruka magična jezgra. To su jezgra, koja imaju potpuno zatvorene i neutronske i protonske ljuske, kao npr. ${}^4_2\text{He}$. Povišena stabilnost magičnih jezgara je dobijena, zbog potpuno popunjene ljuske i pošto je energija veza viša od okolnih jezgara [17].

9. Predlog dodatne literature za čitanje

Pre zaključka, mogu se navesti, kao izuzetno pogodna literatura vezana za pojam atoma, dela dva fizičara:

- Georgij Antonovič Gamov: „Gospodin Tompkins istražuje atom“
- Leon Lederman: Božija čestica

„Kad objašnjavam nekome fiziku elementarnih čestica, često pozajmim (i malo ulepšam, onako, dodatno) metaforu rimskog pesnika i filozofa Lukrecija. Pretpostavimo da nam neko poveri zadatak da otkrijemo najosnovnije elemente u nekoj biblioteci. Šta bismo radili? Prvo bismo možda pomislili da razvrstamo knjige po kategorijama: istorijske, naučne, biografske i tako dalje. Ili bismo ih možda organizovali po veličini: debele i tanke, velike i male. Razmislimo o mnogim takvim mogućim podelama i setimo se da su knjige složeni predmeti koje je lako podeliti na manje delove. Zato zavirimo u knjige, u njihovu unutrašnjost. Brzo odbacimo poglavlja, pasuse i rečenice, kao elemente koji jesu konstitutivni (zaista sačinjavaju knjigu), ali nisu dovoljno elegantni. Reči! Padne nam na um da postoji, blizu ulaza, jedan debeli katalog koji sadrži sve reči ispisane u tim knjigama: rečnik. Ako se pridržavamo određenih pravila ponašanja, zapisanih u knjizi koja je poznata pod nazivom gramatika, možemo sastaviti baš sve tekstove u celoj toj biblioteci. Jer, za pisanje knjiga koriste se iste reči, ponovo i iznova, samo ih pisac uvek uklapa u nove celine.

Međutim, reči u rečniku ima baš mnogo. Još malo razmišljanja dovešće nas do slova, jer svaku reč možemo da ‘sečemo’. A-ha, sad smo se setili prave stvari! Dvadeset šest slova engleske abecede dovoljno je da se sastavi desetina hiljada različitih reči engleskog jezika, a onda pomoću tih reči možemo napisati milione (milijarde?) najrazličitijih knjiga. Samo, sad moramo uvesti u upotrebu još jedan skup pravila, poznat kao pravopis. Ne možemo slova kombinovati i nagomilavati baš bilo kako, nego i tu ima neke pravilnosti. I nadomak smo da objavimo kako smo rešili problem, kad iznenada, oglasi se jedan mladi kritičar. „Znaš šta, deda, nije ti potrebno dvadeset šest slova“, kaže taj momak. „Dovoljno ti je da imaš nulu i jedinicu.“ Danas deca još od kolevke dohvataju digitalne igračke, pa im je najnormalnije da upotrebe neki od algoritama za pretvaranje slova azbuke u nizove nula i jedinica. Ako si suviše mator (matora) za to, možda pamtiš staru dobru Morzeovu azbuku, u kojoj se svako slovo pretvoreno u crtice i tačke, što mu dođe isto kao nule i jedinice. Dakle, kombinovanjem dva znaka načiniš celu azbuku, uz pomoć pravila pravopisa i gramatike napišeš reči, rečenice, poglavlja i sve te knjige. A knjige, dabome, sačinjavaju biblioteku.

Sada, ako je besmislen pokušaj da rastavimo nulu i jedinicu na neke još manje sastavne delove, imamo praiskonske, a-tomske sastojke naše biblioteke. U ovoj alegoriji, koja je naravno nesavršena, Vasiona je biblioteka, sile prirode su gramatika, pravopis i algoritam, a nula i

jedinica su kvarkovi i leptoni, naši današnji kandidati za titulu Demokritovih a-toma. A sve pomenuto, osim naravno biblioteke, nevidljivo je.“

- Lion Ledermen – Božija čestica (1993)

10. Zaključak

Atom je jako čudan i misteriozan. Ko zna koliko njegovih svojstava još uvek nije otkriveno. Fizičari se svakog dana trude da otkriju što više do sada neotkrivenih stvari, ne samo u slučaju atoma, nego u vezi svake pojave u našem svetu.

U ovom master radu je načinjen pokušaj:

- Da svaki pojam bude što jasnije objašnjen
- Da obuhvati što više pojmova vezano za atom
- Da bude odgovoreno na svako pitanje, koje je moglo da se postavi u datom trenutku, ili da padne na pamet kasnije
- Da se đaci i ljudi zainteresuju za fiziku
- Da se profesorima da predlog metoda, pomoću kojih je lakše objasniti pojmove vezano za atom
- Da da utisak, da fizika nije toliko strašna, koliko to ljudi misle da jeste

Treba zapamtiti jednu jako bitnu stvar: treba pojmovima vreme, da „legnu“. Pročitana stvar možda u tom trenutku neće biti jasna, ali ako se pročita još nekoliko puta i s vremenom, postaće jasnija. Trudio sam se, da što više oblasti obuhvatim i da te oblasti objašnjavam na takav način, da svi razumeju nakon prvog čitanja. Nažalost, postoji nekoliko glava, koje je bilo jako teško objasniti na jednostavniji način. Iz tog razloga sam probao, da povežem stvari, da bude što čitljivije i razumljivije.

11. Objašnjenje nekih reči i simbola u tekstu

ekstrapolacija^[1] – proces procene nad poznatim dometom observacije, u kojem koristimo poznata iskustva iz originalnog dometa da bismo ih proširili na nepoznate sredine [75]

subatomske čestice^[2] – čestice koje su manje od veličine atoma, kao što su npr. elektroni, protoni ili neutroni, ali postoji još jako puno vrsta takvih čestica

kontrastni slučajevi^[3] – kolekcija problema ili primera, koji pomažu đacima da razumeju kvantitativnu strukturu (klasifikaciju) empirijskog fenomena [76], tj. nekog fenomena koji se zasniva na observaciji ili na iskustvu [77]

analitičke veštine^[4] – veština vizualizacije, artikulacije ili rešavanja kompleksnih i ne kompleksnih problema na način donošenja odluka, koje su razumne, u skladu sa dostupnim informacijama [78]

kognitivan domen^[5] – saznavni domen, odnosi se na mentalne postupke, ili procese sticanja znanja i razumevanja kroz misli, iskustva, i čula [79]

afektivni domen^[6] – odnosi se na stavove, vokalna ili gestikularna ponašanja koja služe kao indikator [80]

konstruktivizam^[7] – teorija o učenju, koja je zasnovana na ideji, da je znanje konstruisano od strane onog koji uči, na osnovu mentalne aktivnosti [81]

instrumentalizam^[8] - pragmatički filozofski pristup koji se odnosi na delatnost (kao što su nauka, prava ili obrazovanje) uglavnom kao instrument, ili alat za neke praktične svrhe, a ne za apsolutne, ili idealne uslove [82]

notacija^[9] – serija ili sistem pisanih simbola, pomoću kojih reprezentujemo brojeve, količine ili elemente u nekim oblastima, kao što su npr. matematika ili muzika [83]

magnetni moment^[10] – količina, koja određuje obrtni moment, koji je potreban za rotaciju u magnetnom polju. To znači, da npr. kod jednog elektrona, koji nije u potpunosti usklađen sa spoljašnjim magnetnim poljem, pomoću magnetnog momenta izračunamo obrtni moment, koji je potreban za rotiranje elektrona da bude u istom pravcu sa spoljašnjim poljem [84]

nukleon^[11] – proton ili neutron

nukleus^[12] – mala i gusta oblast, koji se sastoji od protona i neutrona, tj. jezgro atoma

jonizacija^[13] – proces, gde jedan atom ili molekula dobija negativnu ili pozitivnu naelektrisanost dobitkom ili gubljenjem elektrona, posle koje oni postanu joni [85]

radionuklid^[14] – jezgro atoma, koji je radioaktivan

neutronska indukovana fisija^[15] – fisija, koju dobijemo bombardovanjem jezgra atoma neutronima [86]

kinetička energija^[16] – energija jednog telog, koju poseduje zbog svog kretanja [87]

potencijalna energija^[17] – energija, koju telo poseduje zbog svog položaja u odnosu na neku nultu poziciju [88]

prostor-vreme^[18] – trodimenzionalni koordinatni sistem i vreme su spojeni u četvorodimenzionalni koordinatni sistem (3 koordinate: x, y, z + vreme = 4 koordinata) [89]

singularitet^[19] – jedna tačka gde prostor i vreme jedno bez drugog ne daju nikakav smisao i pritisak je toliko veliki, da čestice imaju beskonačnu gustinu [89]

radijalna^[20] – geometrijski termin lokacije: duž pravca, koji leži duž radijusa od centra objekta ili normalno na krivinu [90]

ciklotron^[21] – vrsta čestičnog akceleratora, koji ubrzava naelektrisane čestice duž spiralne putanje [91]

aksijalna^[22] – geometrijski termin lokacije: duž kroz centar okruglog tela, ili osa rotacije [90]

12. Literatura

- [1] <http://www.itseeducation.asia/physics.htm>
- [2] <https://serc.carleton.edu/sp/library/media/how.html>
- [3] <https://serc.carleton.edu/sp/library/media/why.html>
- [4] Mladen Vilotijević, Nada Vilotijević – Modeli razvijajuće nastave I (2016)
- [5] http://edutechwiki.unige.ch/en/Computer_simulation
- [6] <https://phet.colorado.edu/en/about>
- [7] Zlatko Pavlović – Analogije u udžbenicima fizike za završni razred osnovne škole
- [8] https://www.trentu.ca/physics/history_895.html
- [9] <https://plato.stanford.edu/entries/atomism-ancient/>
- [10] <https://www.tfes.org/>
- [11] <https://www.khanacademy.org/science/chemistry/electronic-structure-of-atoms/history-of-atomic-structure/a/daltons-atomic-theory-version-2>
- [12] <https://courses.lumenlearning.com/boundless-chemistry/chapter/history-of-atomic-structure/>
- [13] Leonard Susskind – The Black Hole War
- [14] Holics László – Fizika (2009)
- [15] <https://sr.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%81%D0%B0>
- [16] <https://study.com/academy/lesson/what-is-a-newton-units-lesson-quiz.html>
- [17] Miodrag Krmar – Uvod u nuklearnu fiziku (2013)
- [18] https://home.fnal.gov/~cheung/rtes/RTESWeb/LQCD_site/pages/calculatingtheforces.htm
- [19] https://en.wikipedia.org/wiki/Coulomb%27s_law
- [20] <https://www.big-bang-theory.com/>
- [21] <https://www.livescience.com/37206-atom-definition.html>
- [22] <https://hypertextbook.com/facts/1996/MichaelPhillip.shtml>
- [23] https://en.wikipedia.org/wiki/Football_pitch

- [24] <https://www.quora.com/What-is-the-size-of-the-Earth-1>
- [25] https://www.google.rs/search?q=distance+between+belgrade+and+novi+sad&rlz=1C1GGRV_enRS751RS751&oq=distance+between+belgrade+and+novi+sad&aqs=chrome.0.0l3.8127j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- [26] Dr. Ivan Janić – Osnovi atomske fizike I. deo (skripta, 1992)
- [27] Dušan Mrđa, Ištvan Bikit – Osnove fizike čestica i nuklearne fizike (2016)
- [28] https://en.wikipedia.org/wiki/Elementary_charge
- [29] Darko Kapor, Jovan Šetrajčić – Fizika za osmi razred osnovne škole (2017)
- [30] https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_force
- [31] <https://www.khanacademy.org/science/biology/chemistry--of-life/elements-and-atoms/a/atomic-number-atomic-mass-and-isotopes-article>
- [32] https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_mass
- [33] <https://www.britannica.com/science/atomic-mass>
- [34] <https://courses.lumenlearning.com/boundless-chemistry/chapter/atomic-mass/>
- [35] http://www.abcte.org/files/previews/chemistry/s1_p6.html
- [36] <https://www.quora.com/What-are-the-factors-on-which-the-stability-of-an-atom-depends>
- [37] <https://sciencing.com/unstable-atom-10041703.html>
- [38] https://en.wikipedia.org/wiki/Radioactive_decay#/media/File:Periodic_Table_Stability_%26_Radioactivity.png
- [39] <https://www.quora.com/Why-do-some-elements-have-one-extra-neutron-compared-to-the-protons>
- [40] <https://socratic.org/questions/what-factors-determine-nuclear-stability>
- [41] https://en.wikipedia.org/wiki/Binding_energy
- [42] <http://www.passmyexams.co.uk/GCSE/physics/stable-and-unstable-nuclei.html>
- [43] <http://www.chm.bris.ac.uk/webprojects2002/sidell/NAT&ART.htm>

- [44] <https://www.arpana.gov.au/understanding-radiation/what-is-radiation/ionising-radiation/radioactivity>
- [45] <https://www.arpana.gov.au/understanding-radiation/what-is-radiation/ionising-radiation/alpha-particles>
- [46] <https://socratic.org/questions/what-is-the-difference-between-positron-emission-and-electron-emission>
- [47] <https://en.wikipedia.org/wiki/Neutrino>
- [48] <https://www.pbs.org/newshour/science/what-is-a-neutrino-and-why-should-anyone-but-a-particle-physicist-care>
- [49] <https://physics.stackexchange.com/questions/147619/is-an-atom-charged-after-undergoing-beta-emission>
- [50] <https://www.arpana.gov.au/understanding-radiation/what-is-radiation/ionising-radiation/beta-particles>
- [51] <https://www.arpana.gov.au/understanding-radiation/what-is-radiation/ionising-radiation/gamma-radiation>
- [52] <https://www.nuclear-power.net/nuclear-power/fission>
- [53] <http://awesci.com/radioactive-toothpaste-shocking-ad-50s/>
- [54] <http://cosmeticsandskin.com/aba/glowing-complexion.php>
- [55] <https://www.seriousseats.com/2008/06/radioactive-german-chocolate-bar-burke-and-braun.html>
- [56] <https://www.quora.com/Why-do-electrons-in-an-atom-keep-a-distance-from-the-protons-if-opposite-charges-attract-Why-dont-electrons-crash-into-the-nucleus>
- [57] <https://www.quora.com/Why-do-the-electrons-revolve-around-the-nucleus-I-know-that-the-attraction-is-due-to-electrostatic-force-of-attraction-but-do-they-revolve>
- [58] <https://www.quora.com/How-does-an-atom-form>
- [59] https://en.wikipedia.org/wiki/Transuranium_element
- [60] https://education.jlab.org/qa/transuranic_01.html
- [61] <https://whatisnuclear.com/reactors.html>
- [62] <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/nuclear-energy/>

- [63] https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_weapon
- [64] <http://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/overview/the-many-uses-of-nuclear-technology.aspx>
- [65] <https://www.space.com/25126-big-bang-theory.html>
- [66] <https://www.space.com/13347-big-bang-origins-universe-birth.html>
- [67] <https://www.livescience.com/1774-greatest-mysteries-universe.html>
- [68] <https://science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/what-powered-the-big-bang/>
- [69] <https://www.space.com/13347-big-bang-origins-universe-birth.html>
- [70] <http://www.translume.com/index.php/item/221-ion-trap-electrodes-material-selection>
- [71] <https://phys.org/news/2017-07-precise-proton-mass.html>
- [72] Milan Raspopović, Darko Kapor, Mario Škrinjar – Fizika za četvrti razred gimnazije (1998)
- [73] <https://courses.lumenlearning.com/introchem/chapter/nuclear-binding-energy-and-mass-defect/>
- [74] <https://www.britannica.com/science/magic-number-atomic-structure>
- [75] <https://en.wikipedia.org/wiki/Extrapolation>
- [76] <http://jasonya.com/wp/tag/empirical-phenomena/>
- [77] <https://aaalab.stanford.edu/research/inventive-learning/contrasting-cases/index.html>
- [78] https://en.wikipedia.org/wiki/Analytical_skill
- [79] <https://en.wikipedia.org/wiki/Cognition>
- [80] [https://en.wikipedia.org/wiki/Affect_\(psychology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Affect_(psychology))
- [81] <http://edutechwiki.unige.ch/en/Constructivism>
- [82] <https://en.oxforddictionaries.com/definition/instrumentalism>
- [83] <https://en.wikipedia.org/wiki/Notation>
- [84] https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_moment
- [85] <https://en.wikipedia.org/wiki/Ionization>
- [86] https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_fission

[87] https://en.wikipedia.org/wiki/Kinetic_energy

[88] <http://www.physicsclassroom.com/class/energy/Lesson-1/Potential-Energy>

[89] <https://www.universetoday.com/84147/singularity/>

[90] https://en.wikipedia.org/wiki/Geometric_terms_of_location

[91] <https://en.wikipedia.org/wiki/Cyclotron>

13. Prilozi

13.1. Anketa pre objašnjenja

Pojam atoma

Anketu popuni bez imena. Na pitanja odgovaraj na najbolji mogući način i zaokruži odgovarajuće odgovore (1 za nimalo, a 5 za mnogo). Odgovori iz ankete će se koristiti samo u informativne svrhe, odnosno za potrebe master rada. Za vašu saradnju se unapred zahvaljujem.

1. Koliko voliš fiziku?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

2. Koliko vremena učis fiziku tokom jedne nedelje?

- a) Između 0 i 1 sata
- b) Između 1 i 2 sata
- c) Između 2 i 3 sata
- d) Između 3 i 4 sata
- e) Više od 4 sata

3. Po tvom mišljenju, kako je moguće bolje predavati i razumeti fiziku?

- a) Treba rešavati više računskih zadataka
- b) Treba gledati više videa, animacija i simulacija
- c) Pokazivanjem eksperimenata
- d) Zanimljivostima (na primer: zašto je nebo plavo, kako nastaje duga, itd.)
- e) Dovoljno je korišćenje knjiga

4. Napiši u jednoj rečenici šta je atom!

5. Napiši u jednoj rečenici šta je jon!

6. Koje čestice čine atom?

7. Koliko prirodnih interakcija postoji?

a) 1

b) 2

c) 3

d) 4

8. Da li si čuo o raznim nuklearnim raspadima? Ako jesi, navedi ih! Ako ne, ostavi dato mesto prazno.

9. Koliko je tebi fizika zanimljiva?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

13.2. Anketa posle objašnjenja

Pojam atoma

Anketu popuni bez imena. Na pitanja odgovaraj na najbolji mogući način i zaokruži odgovarajuće odgovore (1 za nimalo, a 5 za mnogo). Odgovori iz ankete će se koristiti samo u informativne svrhe, odnosno za potrebe master rada. Za vašu saradnju se unapred zahvaljujem.

1. Napiši u jednoj rečenici šta je atom!

2. Napiši u jednoj rečenici šta je jon!

3. Koje čestice čine atom?

4. Koliko prirodnih interakcija postoji?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

5. Navedi različite nuklearne raspade!

6. Koliko ti se dopala priča „Kuvar atoma”?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

7. Sa kojom ocenom bi ocenio današnje predavanje?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Biografija



Zoltan Horvat je rođen 13.04.1993. godine u Senti. Živi u Bečeju, gde je završio osnovnu školu, pa zatim i gimnaziju. Posle gimnazije je upisao osnovne studije, smer „profesor fizike“ na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Novom Sadu, 2012. godine. Prvi stepen studija je završio sa prosekom 7,97. Master studije je započeo na istom fakultetu i na istom smeru 2017. godine. Njegov prosek na drugom stepenu studija je 10,00.

Pored maternjeg mađarskog jezika tečno govori srpski i engleski jezik.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

TD

Monografska dokumentacija

Tip zapisa:

TZ

Tekstualni štampani materijal

Vrsta rada:

VR

Master rad

Autor:

AU

Zoltan Horvat

Mentor:

MN

Dr Ivana Bogdanović

Naslov rada:

NR

Formiranje i razvoj pojmova u vezi sa atomom u osnovnoškolskoj nastavi fizike

Jezik publikacije:

JP

srpski (latinica)

Jezik izvoda:

JI

srpski/engleski

Zemlja publikovanja:

ZP

Srbija

Uže geografsko područje:

UGP

Vojvodina

Godina:

GO

2018

Izdavač:

IZ

Autorski reprint

Mesto i adresa:

MA

Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

<i>Fizički opis rada:</i> FO	13/83/91/0/28/6/2
<i>Naučna oblast:</i> NO	Fizika
<i>Naučna disciplina:</i> ND	Metodika nastave fizike
<i>Predmetna odrednica/ ključne reči:</i> PO UDK	Fizika, Metodika, Atom
<i>Čuva se:</i> ČU	Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu
<i>Važna napomena:</i> VN	nema
<i>Izvod:</i> IZ	U ovom master radu su data objašnjenja vezana za svet čestica uz primere primene raznovrsnih metodičkih modela i ekstrapolacija. Fizika, kao predmet u osnovnim i srednjim školama, je presudna u razvoju veština rešavanja problema. Ljudi, koji su se bavili fizikom, učili je u školama, lakše, jednostavnije analiziraju dati problem, sistematički identifikuju svaki faktor koji je prisutan u problemu i razumeju kako ti faktori međusobno interaguju, da bi na kraju rešavali problem. Ove veštine su dragocene i mogu se iskoristiti u okviru mnogo različitih karijera.
<i>Datum prihvatanja teme od NN veća:</i> DP	03.07.2018.
<i>Datum odbrane:</i> DO	12.07.2018.
<i>Članovi komisije:</i> KO	
<i>Predsednik:</i>	Dr Maja Stojanović, redovni profesor
<i>član:</i>	Dr Lazar Gavanski, docent
<i>član:</i>	Dr Ivana Bogdanović, docent

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monograph publication

Type of record:

TR

Textual printed material

Content code:

CC

M.S. thesis

Author:

AU

Zoltan Horvat

Mentor/comentor:

MN

Ivana Bogdanović, Ph. D.

Title:

TI

The formation and development of atom-related concepts in elementary school physics teaching

Language of text:

LT

Serbian (Latin)

Language of abstract:

LA

English

Country of publication:

CP

Serbia

Locality of publication:

LP

Vojvodina

Publication year:

PY

2018

Publisher:

PU

Author's reprint

Publication place:

PP

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

Physical description: PD	13/83/91/0/28/6/2
Scientific field: SF	Physics
Scientific discipline: SD	Teaching methods in physics
Subject/ Key words: SKW UC	Physics, Methods, Atom
Holding data: HD	Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4
Note: N	none
Abstract: AB	In this master thesis, some of the explanations related to the particle world, along with examples of the application of various methodical models and extrapolations, are given. Physics as a subject in primary and secondary schools is crucial in the development of problem solving skills. The people who have practiced physics, learned it in schools, can easier, simpler analyse a given problem, systematically identify each factor that is present in the problem and understand how these factors interact with each other, and finally solve the problem. These skills are valuable and can be used within many different careers.
Accepted by the Scientific Board: ASB	03.07.2018.
Defended on: DE	12.07.2018.
Thesis defend board: DB	
President:	Ph. D. Maja Stojanović, Full Prof.
Member:	Ph. D. Lazar Gavanski, Assist. Prof.
Member:	Ph. D. Ivana Bogdanović, Assist. Prof.