



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО - МАТЕМАТИЧКИ
ФАКУЛТЕТ
ДЕПАРТМАН ЗА ФИЗИКУ



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО:	23.09.2010
ОРГАНИЗ.ЈЕД	БРОЈ
0603	9/1175

**ЕЛЕКТРИЦИТЕТ У ИНТЕГРИСАНОЈ НАСТАВИ
ПРИРОДНИХ НАУКА**

- Дипломски рад-

Ментор:

Др Душанка Обадовић, ред. проф.

Кандидат:

Бојана Рајак

Нови Сад, 2010

Посебну захвалност желим да искажем мојим родитељима, за несебичну подршку коју су ми пружили као и ментору проф.др. Душанки Обадовић на помоћи и корисним сугестијама током израде овог рада.

Аутор



Садржај:

1. Увод	4
2. Развој науке о електрицитету	5
3. Наелектрисање материје	7
3.1. Наелектрисање микроскопских тјела	8
3.2. Количина наелектрисања	10
3.3. Кулонов закон	11
4. Електрично поље	12
5. Електрични флукс и Гаусова теорема	14
6. Електрични потенцијал и напон	15
6.1. Електрични напон	15
7. Проводници у електричном пољу	16
8. Електричне појаве у атмосфери	17
9. Научни метод	19
10. Примјена научног метода у раду са ученицима од I до IV разреда	20
10.1. Предлог припреме за наставну јединицу „Електрицитет“	21
10.2. Ток часа	22
10.3. Предлози једноставних експеримената за наставну јединицу „Електрицитет“	23
11. Закључак.....	28
12. Литература.....	29

1. УВОД

Шта је то што нам омогућује да ноћи нису тако мрачне а живот на многобројне начине олакшава? Шта је то што нам помаже у кухињама, у фабрикама, данас све више и у учењу путем савремених помагала попут рачунара и пратеће технике? Шта је то без чега је живот 21-ог вијека постао незамислив и досадан?

Шта је то што сваки пут када свучемо цемпер накострјеши нам косу уз пуцкетање праћено слабим електричним ударом? Ова врло интересантна појава у природи која је нашла своју велику примјену у савременом модерном свијету и животу наше захтјевне цивилизације назива се електрицитет.

Примјери из свакодневног живота нам на врло једноставан начин показују како се различита тијела могу наелектрисати трењем и како се на врло интересантне и необичне начине манифестије њихово стање. Када пластични чешаљ провучемо више пута кроз суву косу опазићемо да се власи косе подижу у правцу кретања чешља праћено слабим пуцкетањем. Такође сваки пут када зими скидамо цемпер обучен преко кошуље примјетићемо исту појаву. Ове и многе друге сличне појаве попут благог пецања када додирнемо било који метални предмет након што протрљамо ноге о тепих, спадају у групу електростатичких појава, а управо се доводе у везу са статичким електрицитетом у тјелима.

Ове појаве проучава грана физике која се назива електростатика, а која у ствари представља основу на којој је изграђена цјелокупна наука о електрицитету и магнетизму.

На основу бројних појава и експеримената из ове области дошло се до битних закључака да је електрицитет једно од својстава материје а да су све електричне појаве су уско повезане са атомском структуром материје.

Тема овог дипломског рада јесте „Електрицитет“ у интегрисаној настави природних наука. Теоријски дио обрађује историјат и основне појмове везане за појаву електрицитета док у другом дијелу дат је примјер обраде ове наставне јединице предвиђен за узраст од I – IV разреда основне школе са једноставним експериментима.

2. РАЗВОЈ НАУКЕ О ЕЛЕКТРИЦИТЕТУ

2.1. Стара Грчка и прва запажања....



Грчки филозоф **Талес** (625 - 548 године п.н.е.) из Милета, један од седам мудраца старог свјета и оснивач такозване јонске школе у VII вјеку прије нове ере на основу низа експеримената закључио је да ћилибар или јантар, фосилна смола која се употребљавала за израду накита, ако се протрљају вуном или крзном, добија нову особину да привлачи лагане предмете као што су комадићи хартије, длачице и перје. То је било познато свим медитеранским народима.

Слика 1. Грчки филозоф Талес

На основу ових експеримената у којима је долазило до појаве статичког електрицитета, Талес је закључио да трење даје ћилибару привлачна својства, што је било у супротности са минералима на пример магнетитом, којем није било потребно трење да би привлачио предмете. При томе треба нагласити да је уочено само електрично привлачење предмета док одбијање предмета није било уочено.

Од грчког назива за ћилибар *ηλεκτρούιο* (електрон), потиче и назив за електрицитет.

Поред оваквих појава, биле су познате и појаве попут муња и громова, као и електричне особине неких врста риба, попут ража које за одбрану или за напад користе електро-шокове, међутим ове као и друге сличне појаве електрицитета приписivanе су натприродном, боговима или људима.

2.2. Током средњег вијека...

Иако су ове појаве биле познате још од античких времена, никаква научна објашњења нису дата све док у XVI вјеку енглески лекар и физичар **Вилијем Гилберт** (*William Gilbert*, 1540-1603) није установио да својства слична ћилибару имају и стакло, вуна, драго камење, сумпор и низ других материјала када се протрљају свилом. Те материјале Гилберт назива „електрицима“ означавајући материјале који имају способност да се наелектришу, а „неелектрицима“ назива материјале који немају ту способност. Гилберт је од грчке рјечи електрон за ћилибар извео назив „*electricus*“ да би означио својство предмета да привлаче друге ситније предмете након наелектрисавања трењем односно уводи појам – **електрицитета**.

За потребе испитивања, Гилберт конструише први електроскоп-версоријум, који се састојао од ротирајуће игле од неког метала постављену на оштар врх слично магнетској игли.

Њемачки научник *Герике* (Oto fon Gerike, 1602-1686) доприноси развоју науке о електрицитету тиме што је направио први једноставни *електростатички генератор*, претечу каснијих сложенијих електричних машина. Овај први генератор састојао се од сумпорне кугле која је била натакнута на штап на носачу. Када се штап врти притом држећи руку на ротирајућој сумпорној кугли, на њеној површини се нагомилава електрицитет. Ово је омогућило стварање веће количине електрицитета у лабораторијским условима.

2.3. Електрицитет у 18. вијеку



За објашњење електричних појава у атмосфери најзаслужнији је *Бенџамин Френклин* (Benjamin Franklin, 1706. – 1790.) Његов најпознатији оглед је онај са летећим змајем, када је доказано да муња има електричну природу, а до идеје да направи громобран долази кроз лабораторијске експерименте са шиљцима. Закачивши змаја за влажан канап на чијем је другом крају завезан метални кључ, за вријеме громљавине пушта га да лети високо, а из кључа почињу да сјевају варнице, што је доказује да се змај наелектрисао а овлажен канап постао проводник.

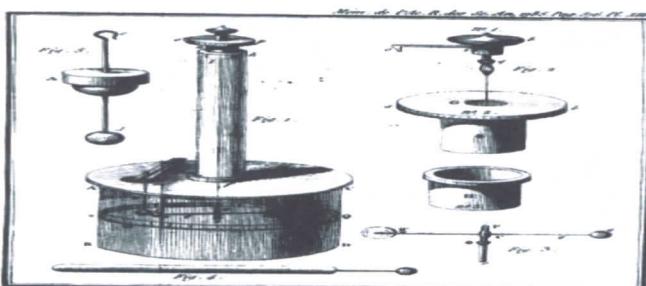
Слика 2. Бенџамин Френклин

Кулон (Charles Augustin de Coulomb, 1736-1806) уз већ познате чинjenице да постоје позитивно и негативно наелектрисање тијела која се услијед тога привлаче, или добијајује поставља општи закон међусобног дјеловања наелектрисаних тјела на неком растојању. Овај закон је установио помоћу прецизне торзионе ваге којом могу да се мјере веома мале силе, а ова вага је и добила име по њему.



Слика 3. Чарлс Кулон

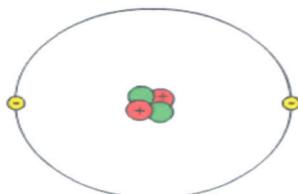
Волта (Alessandro Volta, 1745-1827) проналази батерију за чување електрицитета што касније радове на проучавању електрицитета усмјерава на његово кретање кроз проводник и везу са магнетним појавама односно установљени су закони електромагнетизма радовима Кристијана Ерстеда (Hans Christian Oersted, 1777-1851), Ампера (Andre-Marie Ampere, 1775-1836), Мајкла Фарадеја (Michael Faraday, 1791-1867), Ома (Georg Simon Ohm, 1787-1854) и Максвела (James Clerk Maxwell, 1831-1879).



Слика 4. Кулонова торизона вага

3. НАЕЛЕКТРИСАЊЕ МАТЕРИЈЕ

Пластични чешаљ, балон или вунени џемпер на врло једноставан начин показују како тјела путем трења постају наелектрисана. Такође смо утврдили да је електрицитет једно од својства материје, а електрична својства су уско повезана са атомском структуром материје. Како се цјелокупна материја се састоји од атома битно је објаснити грађу атома у чијем раумјевању налазимо одговор на питање електрицитета.



Слика 5. Атом

Елементарне честице из којих су изграђени атоми су:

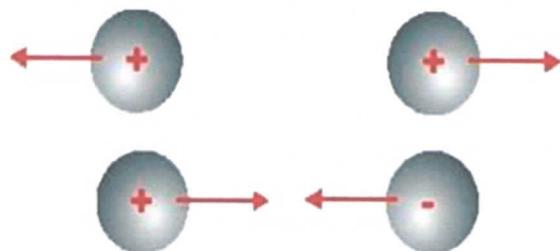
- позитивно нелектрисано **језгро** (нуклеус) малих димензија
- негативно наелектрисани **електрони** који се на релативно великој удаљености крећу око језгра градећи електронски омотач

Језгрото атома граде - протони (+) који су позитивно наелектрисани
 - неutronи (0) који су електрично неутрални.

Маса протона и маса неутрона су приближно једнаке, док је маса електрона око 1840 пута мања од масе протона односно неутрона. Као цјелина, атом је електрично неутралан односно садржи једнак број протона и електрона, па је сами тим и материја у основи неутрална и не испољава електричне ефекте.

Ако се трењем, загревањем или зрачењем поремети равнотежа између електрона и протона, односно ако атоми тог тјела немају једнак број протона и електрона, кажемо да је оно **наелектрисано** и о њему се говори као о **наелектрисаном тијелу**.

У природи постоје дviјe врste наелектрисања. Конвенцијом је договорено да се ова наелектрисања означавају са алгебарским знацима **(+)** позитивно и **(-)** негативно што је у складу са запаженим особинама сила које међусобно дјелују између два наелектрисана тијела. Позитивно наелектрисање је наелектрисање протона а негативно електрона. Наелектрисања различитих знакова се привлаче док се истоимена наелектрисања међусобно одбијају.



Слика 6. а) Привлачење разноимених , б) Одбијање истоимених наелектрисања

Користећи експерименталне методе и сазнања о разним зрачењима , J.J Томсон (Joseph John Tompson, 1856-1940) и његови ученици 1897. године открили су електрон као фундаменталну количину електрицитета проучавајући наелектрисање јона гасова. То је наелектрисана честица која се налази у омотачу свакога атома.

Наелектрисање је некада сматрано непрекидном и бесконачно дельивом особином. Данас зnamо да постоји најмања количина наелектрисања. Она се везује за основно (елементарно) наелектрисање електрона. Свако наелектрисано тело у природи има вишак или мањак електрона. Стога се каже да је количина наелектрисања (некада се зове електрично оптерећење) коначан скуп елементарних количина електрицитета.

Негативно наелектрисање је по апсолутној вредности једнако позитивном наелектрисању протона и представља **елементарно наелектрисање (e)**:

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C (кулон)}$$

Ово је основна физичка константа.

3.1. Наелектрисање макроскопских тијела

Како атоми имају исти број електрона и протона односно исту количину позитивног и негативног наелектрисања они су електрично неутрални, што значи да су сва макроскопска тијела у нормалном стању електрично неутрална. Наелектрисање запажамо по међусобном дјеловању тј интеракцији између тијела.

Код електрично неутралног тијела су у нормалном стању уравнотежене позитивне и негативне количине електрицитета и онихова се дејства неутралишу, односно тијела која су ненаелектрисана садрже исту количину позитивног и негативног електрицитета. Ако се равнотежа поремети онда ће тијела садржати мањи или већи број електрона од нормалног односно биће позитивно или негативно наелектрисана. Пошто се у тијелима крећу електрони, као носиоци наелектрисања то наелектрисање обично тумачимо као вишак или мањак електрона.

Наелектрисавање тијела се објашњава преласком електрона са тијела на тијело, било да се она наелектришу трењем или додиром а у ком смјеру ће се вршити прелазак електрона зависи од њихове природе. Да би се промјенила равнотежа између позитивних и негативних наелектрисања постоји више начина.

Начини наелектрисања тијела су:

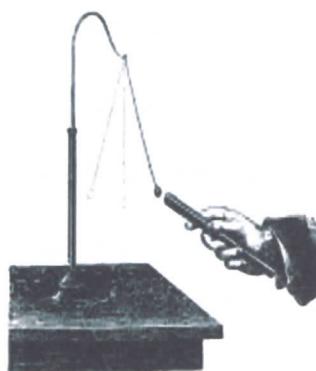
- Наелектрисање трењем** –представља снажно трљање једне површине о другу, а потребно је да би се остварио добар контакт што више тачака на површини, при чему се наелектрисање не ствара него се преводи са једног тијела на друго. Трењем се даје много већа могућност преласка електрона, те се тијела далеко више наелектришу.

Трљањем о крзно стаклени штап губи електроне и постаје позитиван док истовремено крзно добија те електроне и постаје негативно. Ако се ебонитна шипка протрља крзном она се наелектрише негативно (-) а крзно позитивно (+). Ако је протрљамо кожом премазаном амалгамом наелектрисаће се позитивно. У оба случаја шипка је наелектрисана јер привлачи комадиће папира, честице прашице и сл.

- 2. Наелектрисање додиром** - врста наелектрисања која се јавља на тијелу додиром, то јест кад при обичном додиру различитих тијела извјестан број електрона пређе са једног тијела на друго.

Ако наелектрисану шипку ебонита примакнемо куглици од зовине-сунцокретове сржи која виси о концу, она ће најприје бити привучена од стране шипке а потом одбијена. Када дође до контакта долази до спонтаног прелаза наелектрисања између штапа и куглице, па она постаје наелектрисана. Примјере наелектрисања додиром сусрећемо у свакодневном животу као што су брисање ципела пластичног ђона о вунени отирач, чешљање пластичним чешљем што смо већ поменули и сл.

Наелектрисања тијела додиром су незнатна према наелектрисању трењем па зато овако мала наелектрисања нису била одмах примјећена и сматрало се да се тела наелектрисавају само трењем.



Слика 7. Наелектрисавање зовине куглице ебонитним штапићем

- 3. Електростатичка индукција** – Појава раздавања наелектрисања под утицајем електричног поља назива се електростатичка индукција или инфлуенца. Ако се наелектрисана шипка приближи електроскопу долази до раздавања наелектрисања на њему. На горњем дијелу остаје позитивно наелектрисање а електрони се скупе у доњем дијелу електроскопа при чему су листићи електроскопа наелектрисани су негативно, између њих дјелује Кулонова сила и они су размакнути а угао размицања сразмјеран је доведеној количини електричног поља. Добијено наелектрисање назива се **индуковано наелектрисање**.

Кретање електрона кроз тијела може бити лакше или теже у зависности од природе материјала па тако и различити материјали у ствари представљају боље или лошије проводнике наелектрисања. Материјали који су добри проводници наелектрисања и толоте називамо електрицима тј проводницима (метали попут бакра, сребра, алуминијума, гвожђа...). Изолаторима или диелекtriцима називамо оне материјале који слабо проводе електричност а то су гума, стакло, керамика и др а посебну групу заузимају полпроводници који се по својим својствима налазе између ове двије групе материјала.

3.2. Количина наелектрисања

Количина електрицитета се тумачи бројем елементарних наелектрисања која се налазе на тијелу а нису неутралисана супротно наелектрисаним честицама.

Свака количина електрицитета је цјели умножак елементарне количине електрицитета па је:

$$q = ne \quad (1)$$

где је:

q - нека количина електрицитета

e - елементарна количина електрицитета

n - цео број који одређује број позитивних и негативних наелектрисања у тијелу

Јединица за количину електрицитета је 1C (кулон)

$$1 C = 6,22 \cdot 10^{18} e$$

што значи да 1C има око шест трилиона елементарних наелектрисања.

Ако се систем наелектрисаних тијела електрично изолује за њих важи:

$$\sum_i q_i = const \quad (2)$$

Овај израз представља **закон одржања наелектрисања**, који каже да за врјеме било каквог процеса количина наелектрисања изолованог система остаје константна односно непромјењена.

Ово је један од фундаменталних закона физике и важи како за макроскопска тијела тако и за елементарне честице. Овај закон тврди да је стварање (уништење) једног позитивног наелектрисања увијек праћено стварањем (уништењем) једног негативног наелектрисања. Промјену количине наелектрисања неког тијела можемо врло лако и посматрати помоћу електрометра.

Кулонов закон

Квантитативну везу у науци о електрицитету, која се односи на силу између два тачкаста наелектрисања утврдио је француски физичар Кулон 1875. године. Кулонов закон представља основни закон електростатике.

Кулонов закон гласи:

Између два наелектрисана тијела дјелује сила, која је сразмјерна количинама електрицитета на тим тјелима, а обрнуто сразмјерна квадрату њиховог међусобног растојања.

Израз за силу у скаларном облику је:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad (3)$$

где су q_1 и q_2 - количине електрицитета на првом и другом тјелу, r - растојање између наелектрисања, а ϵ_0 - електрична пропустљивост (диелектрична константа), односно:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad (4)$$

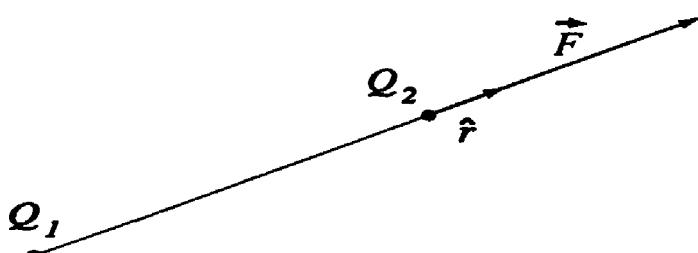
где k износи: $k = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$.

Да би се истовремено добили интензитет, правац и смјер Кулонове сile користи се векторски облик закона:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (5)$$

где је: \vec{F} - вектор Кулонове сile, q_1 и q_2 - количине наелектрисања, \hat{r} вектор растојања између два наелектрисања, а \vec{r}_0 - јединични вектор са правцем и смјером истим као код \vec{r} . Ова векторска једначина показује да се супротна наелектрисања привлаче, а иста одбијају. Када су q_1 и q_2 различита сила је привлачна, а када су истоимена сила је одбојна.

Овај закон важи за наелектрисања чије су димензије мале у односу на њихово међусобно растојање. Карактеристични примјери за овакава тачкаста наелектрисања су протони и електрони.

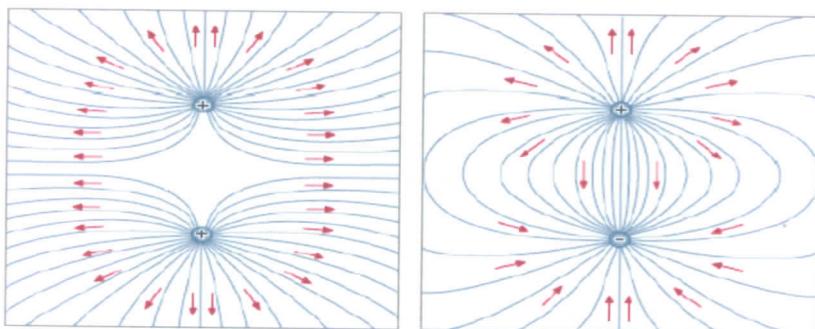


Слика 8. Графички приказ Кулонове сile

4. ЕЛЕКТРИЧНО ПОЉЕ

Свако наелектрисано тјело, према Кулоновом закону, дјелује неком силом на околну наелектрисану тјела. Простор у коме се запажа дјеловање наелектрисаних тијела на друга назива се **електрично поље**. Представља се електричним линијама сила.

Линије сила су линије у чијој свакој тачци тангента представља правац и смјер дјеловања електричног поља. Свака линија представља замишљену путању којом би се кретало позитивно наелектрисање у електричном пољу. У случају позитивног наелектрисања линије сила поља извиру из позитивног а увиру у негативном наелектрисању. Ако се два истоимена наелектрисања нађу један близу другога линије сила електричног поља се савијају и никада се не сјеку. Интензитет и правац електричног поља зависиће од облика наелектрисаног тијела као и од удаљености и рапореда других наелектрисаних тијела у околини.



Слика 9. Правац и смјер линија сила електричног поља

По својој бројној вриједности електрично поље једнако је интензитету електростатичке силе која дејствује на јединицу пробне количине наелектрисања. Јачина електричног поља тачкастог наелектрисања, q , на растојању, r , износи:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \quad (6)$$

односно, ако се у електричном пољу налази нека количина електричног поља, q , онда на њу дјелује сила:

$$\vec{F} = q \vec{E} \quad (7)$$

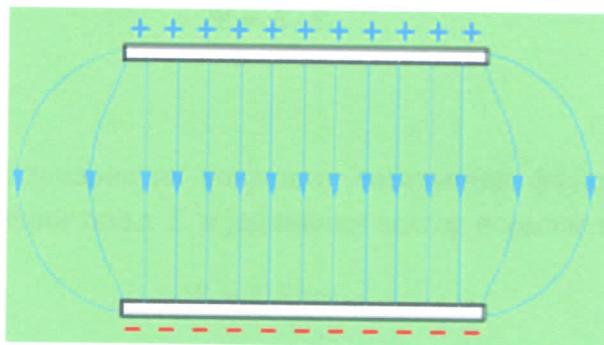
Јединица за јачину електричног поља је:

$$E = \frac{F}{q} = \left[\frac{\text{N}}{\text{C}} \right] = \frac{\text{Njutn}}{\text{Kulon}} \quad (8)$$

Електрично поље може бити:

- *Хомогено електрично поље* – у коме су смјер и јачина поља у свим тачкама једнаки, а линије сила паралелне на једнаким међусобним растојањима. Оваква електрична поља налазе се између два паралелна проводника наелектрисана једнаким количинама супротних наелектрисања.
- *Нехомогено електрично поље* - ако се интензитет или правац поља мјења од тачке до тачке простора.

Правац и интензитет електричног поља зависе од облика наелектрисаног тијела и од распореда околних тијела.



Слика 10. Хомогено електрично поље

5. ЕЛЕКТРИЧНИ ФЛУКС И ГАУСОВА ТЕОРЕМА

У природи се углавном и у већини случајева јављају појаве које се односе на мноштво наелектрисања, а не за појединачно наелектрисање и електрично поље које оно производи. Гаусова тероме описује везу између расподјеле наелектрисања у простору и електричног поља које оно производи па се зато уводи нова величина која повезује јачину електричног поља E и површину с кроз коју пролазе линије сила поља – електрични флукс Φ . Другим речима, електрични флукс представља број линија сила које полазе од неког наелектрисаног тијела односно скаларани производ јачине електричног поља и површине:

$$\Psi = \vec{E} \cdot \vec{S} \quad (9)$$

Ако је јачина поља једнака у свим тачкама коначне површине, а линије сила поља управне на правца поља, тада је укупан број линија силе које кроз ту површину пролазе односно флукс, дат као:

$$\Psi = E \cdot S \quad (10)$$

Јединица је $1 \text{ Nm}^2/\text{C}$

Ако линије сила нису нормалне на површину електрични флукс зависи од угла α који заклапају вектор електричног поља \vec{E} и јединични вектор нормале на површину, \vec{n} :

$$\Psi = E S \cos \alpha \quad (11)$$

Ако се тачкасто наелектрисање, q , налази у центру сфере полупречника, r , јачина поља у било којој тачки на површини сфере је :

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} = \frac{1}{4\pi r^2} \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{1}{S} \frac{q}{\epsilon_0} \quad (12)$$

$$ES = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (13)$$

$$\Psi = ES = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (14)$$

Израз (14) представља *Гаусову теорему*: Електрични флукс кроз било коју затворену површину једнак је укупном наелектрисању које је обухваћено том површином, подјељеног диелектричном константом ϵ_0 .

При томе електрични флукс зависи само од количине наелектрисања q унутар површине S .

Гаусов закон се може примјенити на било коју затворену површину и за било коју расподјелу наелектрисања. Конвенцијом је усвојено да је флукс позитиван ако линије електричног поља извиру из површине S , а негативан ако у њу увиру. Гаусов закон је важан за одређивање електричних поља која показују неку симетрију услијед рапореда наелектрисања унутар поља.

6. ЕЛЕКТРИЧНИ ПОТЕНЦИЈАЛ И НАПОН

Електрични потенцијал (V) представља рад који треба да се изврши да се неко наелектрисање доведе из бесконачности у посматрану тачку електричног поља.

Потенцијал наелектрисаног тијела зависи од других наелектрисаних тјела у његовој близини. Потенцијал позитивно наелектрисаног тјела биће смањен ако се у његову околину постави негативно наелектрисано тијело. У систему од два или више тијела вриједност потенцијала, а тиме и осталих електричних величина зависи од оваквих околности. Рад сile електричног поља F на помјераша наелектрисања до у електричном пољу једнак је разлици потенцијалне енергије E_p коју то наелектрисање посједује у тачкама поља између којих се помјераше врши:

$$A = E_{pA} - E_{pB} \quad (15)$$

Рад по јединици наелектрисања:

$$\frac{A_{AB}}{q_0} = \frac{E_{pA}}{q_0} - \frac{E_{pB}}{q_0} \quad (16)$$

Електрични потенцијал је:

$$V = \frac{E_p}{q_0} \quad (17)$$

Јединица за електрични потенцијал је 1 волт (V).

6.1. Електрични напон

Електрични напон (U) представља разлику потенцијала између дviјe тачке електричног поља:

$$U = V_b - V_a = -\frac{A_{ab}}{q_0} \quad (18)$$

Односно представља рад који треба извешти да би се јединично позитивно наелектрисање премјестило из тачке A у тачку B.

Електрични капацитет или капацитативност система (C) - где је величина C капацитет изолованог проводника – однос његовог наелектрисања и потенцијала.

$$q = CV \quad (19)$$

$$C = \frac{q}{V} \quad (20)$$

Јединица електричног капацитета је 1 фарад (F)

$$\text{Фарад} = \frac{\text{Кулон}}{\text{Волт}} \text{ па је } 1F = \frac{1C}{1V}$$

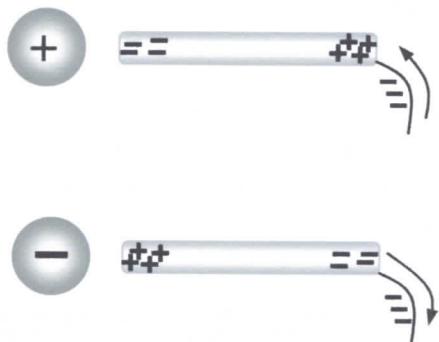


7. ПРОВОДНИК У ЕЛЕКТРИЧНОМ ПОЉУ

Када се у електричном пољу нађе ненаелектрисан проводник, односно када се нађе у близини неког наелектрисаног тијела, у њему ће се јавити два наелектрисања супротног знака. Када проводник удаљимо из електричног поља он поново се враћа у неутрално стање.

Ова појава назива се *инфлуенција*. Овакво понашање проводника објашњава чињеница да се у сваком неутралном проводнику налазе једнаке количине и позитивног и негативног наелектрисања, као и да у проводницима има слободних електрона. Кад се проводник унесе у електрично поље на обе врсте наелектрисања дјелују електростатичке силе супротног смјера. Оне ће тежити да раздвоје супротне врсте електричног поља. Негативна наелектрисања тј слободни електрони ће се кретати под утицајем ових сила док позитивна везана за језгре неће.

Електростатичка сила дјелује на негативне електроне у смјеру који је супротан смјеру поља при чему се јавља повећање концентрације електрона у том смјеру. То значи да се на том крају проводника јавља вишак електрона тј тај дио ће бити негативно наелектрисан. На супротном крају тијела остају вишак позитивног електричног поља, односно тамо је наелектрисање позитивно при чему су ове количине наелектрисања једнаке.



Слика 11. Наелектрисавање проводника инфлуенцијом

8. ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЈАВЕ У АТМОСФЕРИ

Одувијек су муње и громови, као природни феномени, фасцинирали али и истовремено плашили човјека, који је на најразличитије начине и без познавања суштине ових природних појава, покушавао да се заштити од њих. Како су прва сазнања о електрицитету извирала кроз историју, научници су полако увиђали сличност између варнице и муње, између пуцкетања косе када је чешљамо и прасака грома.

У 18. вијеку Бенџамин Френклун је својим маштовитим огледима утврдио да је ударац грома последица статичког електрицитета накупљеног у олујним облацима. Ово наелектрисање облака потиче од атмосферске турбуленције. Френклун је непосредно пред непогоду пустио дјечијег змаја са шиљком да се подигне у облаке а за доњи дио канапа везао је кључ. Пошто је киша наквасила канап из кључа су избијале велике варнице што је доказало да су облаци наелектрисани, односно да постоји јако електрично поље између облака и Земље.

Муња представља огромну електричну варницу између два облака и углавном је дужине од 1-5km али забиљежене су и много дуже, чак и до 190 km која је и најдужа забиљежена муња разграната у потарзи за доволно наелектрисаним објектом на Земљи. У рјетким случајевима муња може бити и много краћа, до 100m.

Муњу између облака и тла називамо **гром** а дужина његове варнице је око 3-4 km а трајање од једне до неколико хиљадитих дјелова секунде док је напон који се при томе јавља износи и до милијарду волти. Количина електрицитета која се празни помоћу муње износи око 20 кулона.

Постоје још и **лоптасте муње** чији настанак и даље је научна мистерија, а сем у олујним облацима муње се јављају и у вулканским ерупцијама, јаким шумским пожарима, нуклеарним експлозијама, јаким сњежним олујама и великим ураганима кад постоји висок набој наелектрисања. У сваком тренутку, широм света активно је 1000 муња а највише их је у тропским подручјима где се готово свакодневно развијају олујни облаци и муње у њима.



Слика 12. Муња

Стварање муње почиње раздавањем наелектрисања унутар олујног облака и стварања електричног поља. Лед, туча и полусмрзнуте честице су од есенцијалног значаја за њено стварање. У олујама у којима нема пуно леда најчешће нема ни муња. Критичан моменат је када се суградица спаја са воденим капима и кристалићима леда. Електрони бивају одвојени од честица које иду према горе и залијепе се за честице које се крећу ка доле. У облаку се ствара негативно наелектрисана база док је на врху облака сконцентрисано позитивно наелектрисање.



Слика 13. Раздавање наелектрисања у облаку

Муња облак – земља која је иначе и најчешћа, индукована је унутар облака, а започиње као канал негативног наелектрисања који се у корацима приближава Земљи. Та невидљива лавина електрона назива се предводник који се грана и носи у себи напон до чак 100 милиона волти, и тражи доволно позитивно наелектрисан објекат на Земљи у који ће ударити. Како се разлика потенцијала повећава, негативна наелектрисања траже високе објекте попут небодера, планина, дрвећа који су често мете муња, али не и једине. Разлог овоме је управо то што је њихов врх ближи негативној бази облака и што је мање изолатора односно атмосфере између то боде. Додуше, није правило да муња удара у највише објекте, већ тражи оне са највећим акумулираним набојем, што може бити на примјер и на површини Земље и ако је неко дрво у близини.

Лавина електрона која се креће ка Земљи подстиче ток позитивног наелектрисања са Земље према облаку који кад се споје електрони почну тећи ка тлу. Струја позитивних честица која се креће ка облаку назива се повратни удар и постепено се канал испуњен електронима од тла према облаку празни па зато свјетли, а тај повратни удар позитивног наелектрисања изазива 99% муња. Удар у ствари путује од тла према облаку међутим пошто се све одиграва врло брзо изгледа обрнуто.



Слика 14. Настанак муње

9. НАУЧНИ МЕТОД

Интегрисана настава природних наука добија све већи значај и простор, како у свијету тако и код нас а све са циљем да се овим приступом на што ефикаснији начин приближе основни закони природе ученицима од најранијег узраста. Посебно интересовање за природне науке имају ученици од првог до четвртог разреда основне школе. Они упијају сва понуђена знања и зато је озбиљност овог приступа на првом мјесту јер управо код дјеце најнижих узраста треба да се развија поред личности и способности и критички дух и научни поглед на свијет.

Суштина интегрисане наставе природе је експеримент или оглед. Једноствани огледи ученицима најнижих разреда омогућују директно посматрање узрочно-посљедичних веза природних појава, помоћу којих почињу да откривају свијетоко себе са свим својим шареноликим појавама. Дијете учи да поставља питања на која одговоре добија самосталним експериментисањем, чиме постаје активни учесник сазнања формирајући основне принципе својих знања уз развијање различитих способности.

Ученички огледи за циљ имају утврђивање и објашњавање услова и тока разних животни појава и процеса, а огледи увјек морају да проистичу из проблемске ситуације. Они могу бити краткотрајни и дуготрајни, што зависи од времена за припрему и добијање резултата. Експеримент је аналитички поступак за проучавање узрочно-посљедичних односа односно метод научног истраживања у коме се намјерно и систематски мјења нека појава да би се изазвала а потом посматрала и мјерила нека друга појава, док се остали битни услови контролишу или изолују. Најпознатији су лабораторијски експеримент и експеримент у природним условима.

Поступак којим се долази до научних истина које ће бити признате и којим ће се формирати научни поглед на свијет је стандардизован у науци. Кад имамо проблемски задатак за који тражимо научно објашњење, користићемо поступак који се прије свега састоји од конципирања теорије, која ће ако се покаже као исправна разјаснити наш почетни проблем, као и од експерименталног дијела којим теорију подвргавамо провери.

Кораци су следећи:

1. Формулисање проблема – проблем тј проблемски задатак се поставља тако да јасно уочава питање и која претпоставка-хипотеза треба да се провјери. Проблем је увијек питање чији одговор ће нам дати сазање о нечем новом у природи, нечем што још није испитан.
2. Поставка хипотезе – односно идеја шта је то што се налази иза појаве коју истражујемо, на који начин и којим методама ћемо се служити ради њене провјере.
3. Експериментална провјера хипотезе - осмишљавање и извођење огледа који ће је потврди или да обори нашу теорију. Затим, креирање и извођење тести који ће потврдити, или оборити постављену хипотезу. Анализом прикупљених података изводимо хипотезу на основу добијених података. Формулисање хипотезе битан је аспект јер из добре хипотезе слиједи и добар експеримент. Ако се експериментом хипотеза потврди тада расте и вјероватноћа да смо на правом путу проналажења одговора на почетни проблем. У супротном, враћамо се на почетак, поставу нове хипотезе

4. Анализа и дискусија провјере – анализом огледа провјерава се исправност хипотезе. Поређење резултата са резултатима других аутора који су радили на сличној или истој проблематици.
5. Закључак – изводи се искључиво на основу доказа који су провјерени и потврђени експериметналним путем и да ли ти резултати и у којој мјери потврђују теорију. Закључке је дозвољено изводити само на основу доказа добијених експериментом и који су провјерени и потврђени, без упитања личних жеља и сопствених схватања о појавама које се посматрају и изучавају. У науци ништа није коначно, те новим експериментима старе теорије бивају оспорене често пута. Оне које нису експреиментално оспорене и ако су универзалне називамо правилима, затим принципима и на крају законима. Неке научне теорије су толико сложене да да њихову провјеру врше цјелокупне генерације научника, које ће опет бити или одбачене или ће добити статус научних истине.

10.1. Примјена научног метода у раду са ученицима од I – IV разреда основне школе

Ради успјешне демонстрације појава у природи, када је у питању овај узраст, користе се једноставни огледи. Њихова сврха поред демонстрације одређених појава је и увођење научног метода у свакодневну школску праксу. Они омогућују формирање облика *експерименталног мишљења* када ученици треба да открију све што утиче на неку појаву, као и њене узроке. Интересовање посебно овог узраста ученика за овакав начин рада је врло велики јер им дозвољава *активно учешће* у процесу испитивања одређене појаве.

Овај интерактивни метод рада све је заступљенији и у нашим школама. Њихова реализација није захтјевна и користе се материјали и средства која су свима лако доступна а сусрећу се у домаћинству у већини случајева. Овим методом подстиче се развој мануелних способности ученика, логичког закључивања и научног посматрања свих природних појава и процеса затим креативност и стваралачки дух. Такође ови огледи су очигледни и не стварају замор код ученика и са високо мотивационим карактером.

Значај увођења једноставних експеримената у свакодневну школску праксу је вишеструк јер захтјева активно учешће и пуну ангажованост сваког ученика што доводи до тога да овај метод рада постаје незамјенљив на свим нивоима образовања.

За извођење експеримента неопходно је :

1. Поставити циљ експеримента
2. Направити скицу експеримента
3. Направити списак потребног материјала и средстава за извођење експеримента
4. Написати јасне инструкције за извођење експеримента
5. Припремити кратко објашњење експеримента

10.2. ПИСМЕНА ПРИПРЕМА ЧАСА ПОЗНАВАЊА ПРИРОДЕ

Назив школе: Основна школа Вук Караџић

Место: Нови Сад

Назив предмета: Познавање природе

Разред: IV

Наставна тема: Електричне појаве у природи

Наставна јединица: Електрицитет

Тип часа: Обрада новог градива

Облик рада: Фронтални, групни

Задаци часа:

1. Образовни задаци – упознавање ученика са битним својствима електрицитета, електричним појавама свуд око нас, примјена електрицитета у свакодневном животу
2. Васпитни задаци – развијање свести и увјерења ученика у моћ и значај природних наука као и њихову примјену, развијање истраживачког духа учествовањем у једностваним огледима, подстицање активности, међусобне сарадње ученика у групама итд.
3. Функционални задаци – развијање способности аналитичко-синтетичког посматрања на примјерима огледа, којима се доказују особине електрицитета

Наставне методе: Монолошка, дијалошка, текстуална, илустративно-демонстративна

Наставна средства и помагала: уџбеник, инструктивни листићи, балони, лењири, пластични чешаљ, штап, конац, пластичне кашике, со, бибер, вунене рукавице.

Временска артикулација часа:

1. Уводни дио часа: 5 минута
2. Главни дио часа: 30 минута
3. Завршни дио часа: 10 минута

10.3. ТОК ЧАСА

УВОДНИ ДИО ЧАСА (ПОНАВЉАЊЕ И ПОВЕЗИВАЊЕ)

На почетку часа наставник низом питања (монолошко-дијалошком методом) мотивише ученике и подстиче на активацију и размишљање уз провјеравање њиховог претходног знања о електрицитету. Да ли сте примјетили да ли се нешто необично дешава када чешљате косу и када зими скидате цемпер? Једноставним демонстрационим огледима (илустративно-демонстративна метода) наставник показује како се тијела могу наелектрисати користећи балоне, пластични чешаљ и друго.

Истицање циља часа: Упознавање ученика са новом наставном јединицом.

ГЛАВНИ ДИО ЧАСА

На претходном часу ученици су добили задатак да донесу потребан материјал и прибор за рад а затим наставник ученике социометријском методом дјели на 5 група. Свака група ће радити различите експерименте.

Свака група бира вођу групе односно ученика који најбрже и најбоље чита, затим предлажу записничара групе, ученика који најбрже пише.

Након тога наставник дјели инструктивне листиће и материјал за рад по групама. На сваком инструктивном листићу налази се текст са упутством за рад. Пошто наставник подјели листиће даје кратка упутства свакој групи о начину рада.

Рад у свакој групи одвија се тако да вођа прочита задатак да сви чују, затим се договарају о начину извођења огледа а потом сви заједно учествују у раду.

Наставник је ту као координатор или ментор који им прискаче у помоћ ако затреба, који их бодри, мотивише и надгледа.

Након завршетка овог дјела часа ученици по групама извјештавају о раду своје групе док остале групе пажљиво прате њихово излагање и слиједи разговор о запажањима. Током излагања сваке групе на табли се може извести преглед усвојених термина и уочених законитости које се уочили.

ЗАВРШНИ ДИО ЧАСА

У завршном дијелу часа наставник претходно припремљене графофолије са цртежима огледа показује ученицима. Уз цртеже је исписана и суштина која се огледом конкретизује а која је покривена папиром да је ученици не могу видjetи.

Наставник ћацима показује цртеже и очекује одговоре везане за тај оглед и шта се њиме доказује а затим открива запис везан за тај оглед (повратна информација) што представља вид понављања обрађене наставне јединице.

По завршетку извјештаја наставник похваљује и оцењује рад сваке групе јер су дошли до тачних исхода и даје за домаћи задатак да нацртају скицу огледа који су изводили. На табли извући основне карактеристике статичког електрицитета, позитивно-негативно наелектрисање, начине наелектрисавања тијела.

10.4. ПРИЈЕДЛОЗИ ЈЕДНОСТАВНИХ ОГЛЕДА ЗА НАСТАВНУ ЈЕДИНИЦУ „ЕЛЕКТРИЦИТЕТ“

I ГРУПА - *Залијепи балон за зид*

Потребан материјал:

- Балон
- Вунени шал

Ток огледа:

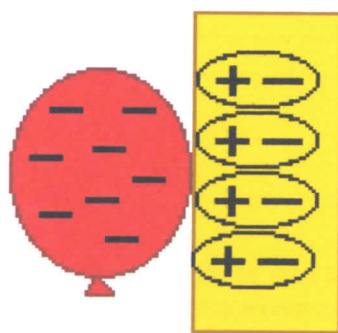
- Надувай балон и протрљај га о косу или о шал.
- Принеси наелектрисани балон зиду.

Шта се дешава?

Наелектрисани балон се залепио за зид.

Објашњење:

Приликом трљања балона од косу или вунени шал, електрони са косе се преносе на балон при чему балон постаје благо негативно наелектрисан. Када принесемо балон зиду он се приљубљује зиду јер ће негативно наелектрисање балона преоријентисати наелектрисање у зиду тако да ће на површини бити сконцентрисан позитивни набој. Како је балон (-) наелектрисан а површина зида (+) наелектрисана долази до привлачења између њих и приљубљивања балона зиду.



Слика 15. Наелектрисања зида и балона

II ГРУПА - Експеримент са балоном

Потребан материјал:

- Балон, вунена рукавица или шал
- Оловка и папир
- Штоперица

Ток огледа:

- Направити табелу уз помоћ наставника.
- Надувати балон.
- Протрљати балон вуненом рукавицом једанпут
- Принеси балон зиду, стартуј штоперицу и пусти балон. Шта се десило? Да ли је балон остао приљубљен уза зид? Ако није стопирај штоперицу а у табелу упиши 0 секунди.
- Понови овај корак више пута повећавајући сваки пут број трљања балона све док се балон не залијепи за зид.
- Када се балон залијепи за зид мјери вријеме на штоперици све док балон не падне. У табелу запиши вријеме за које је балон био приљубљен зиду у одговарајуће поље табеле уз одговарајући број трљања балона.

Покушај бр.	Број трљања	Остао на зиду(да/не)	Вријеме на зиду (sec)
1			
2			
3			
4			

Објашњење :

Приликом наелектрисавања балона уочавамо да се они могу јаче или слабије наелектрисати трењем, односно од количине наелектрисања зависи то да ли ће се балон залијепити за зид или неће и колико ће дugo остати приљубљен уз зид.

III ГРУПА – *Одвајање соли од бибера*

Потребан материјал:

- Со и бибер
- Пластична кашика или балон
- Вунена крпа

Ток огледа:

- Наелектрисати пластичну кашику трљањем од вунену крпу или балон.
- Помјешати со и бибер и ставити на сто.
- Лагано приближити наелектрисану кашику смјеши.

Шта се дешава?

Зрнца бибера скачу ка балону, док со лежи на подлози. Тек ако балон приближимо смјеши и со ће бити привучена балону. Већи дио смјеше остаје на наелектрисаном предмету а мањи пада на подлогу, потом зрнца поново скачу ка балону, падају...

Објашњење:

Када се зрнца соли који представљају јонске кристале нађу у близини наелектрисаног предмета, електростатичка сила дјелује на јоне на површини кристала раздавајући наелектрисања унутар њих. Како је електростатичка сила већа од тежине зрна соли и бибера, привлачи их ка наелектрисаном предмету при чему су самљевена зрнца бибера мање масе од зрна соли па одскочу даље.



Слика 16. Одвајање соли од бибера

IV ГРУПА – Скакутави папирачи

Потребан материјал:

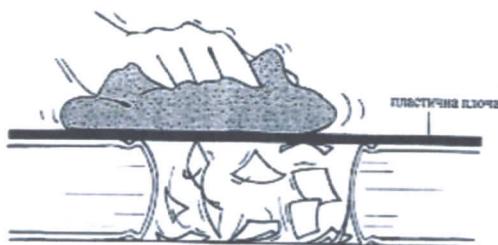
- Двије дебље књиге
- Пластична плоча
- Пуно исјецаних папирачи
- Вунене рукавице

Ток огледа:

- На ситне комадиће исјекати папир.
- Поставити књиге на сто а између њих папирачи.
- На књиге ставити пластичну фолију.
- Трљати плочу вуненом крпом све док папирачи не почну да се исправљају. Неки ће се подићи до плоче, па поново одбити, а неки ће се залијепити за њу.

Објашњење:

Трењем је пластична плоча наелектрисана негативним наелектрисањем. Папирачи се подижу ка плочи јер су својим позитивним крајевима окренути и привучени ка њој. Лаки папирачи се приљубе уз плочу ако је контакт између њих слабији, па негативно наелектрисање не прелази на њих са плоче. Када је контакт добар, електрони ће прећи са плоче на папираче који ће се услијед тога одбијати од ње.



Слика 17. Скакутави папирачи

V ГРУПА – Воли – не воли

Потребан материјал:

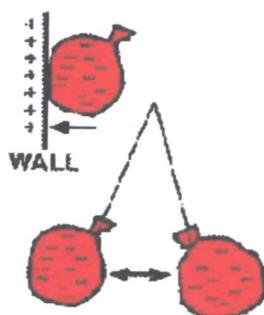
- Два надувана балона
- Вунени цемпер или шал
- Конац или канап
- Штап

Ток огледа:

- Протрљај балоне о вунени цемпер.
- Свежи их концем за штап тако да су протрљане односно наелектрисане стране балона окренуте једна ка другој.
- Балони су се удаљили један од другог! Зашто?

Објашњење:

Када протрљамо балоне о вунени цемпер они ће са цемпера трењем преузети негативно наелектрисане електроне па су и они негативно наелектрисани. Пошто их свежемо за штап, размичу се јер се истоимена наелектрисања међусобно одбијају.



Слика 18. Привлачење и одбијање тијела

11. ЗАКЉУЧАК

За ученике основних школа веома је важно да се упознају са основним појмовима о електрицитету у оквиру предмета Познавање природе. Ученици током школске године требали би да овладају основним знањима из предмета Познавање природе.

У проучавању електрицитета значајну улогу имају експерименти који се изводе, јер ученици путем демонстрације у учионици могу сагледати одређене природне појаве. Илустративно демонстративним методама могу се обрадити и најсложенији наставни садржаји у овом случају електрицитет. Ученици на овај начин могу више да сазнају о природним појавама као што су муње и громови и да се објасни начин њиховог настанка.

Веома је важно у самом наставном процесу користити облике рада који подстичу активацију ученика, као што су тандемска и групна настава. Приликом обраде наставних садржаја требало би примјењивати најефикасније наставне методе и наставна средства како би се ученичке сазнајне способности и научни поглед на свијет и природу са свим њеним шареноликим појавама што боље развијали.

12. ЛИТЕРАТУРА И ИЗВОРИ ПОДАТАКА

1. Др. Ј. Јањић, Др. И. Бикит, Др. Н. Циндро, Општи курс физике, Наука, Београд, (1994)
2. Душанка Ж. Обадовић, Милица В. Павков, Маја М. Гарић, Експерименти из физике - скрипта, ПМФ , Нови Сад (2003)
3. Душанка Обадовић, Практикум експерименталних вежби - скрипта, ПМФ, Нови Сад (2005)
4. Душанка Ж.. Обадовић, Вера Бојовић, Физички садржаји у настави природе - скрипта, ПМФ, Нови Сад (2004)
5. Др. Јосип Малић, Свијет око нас, III издање, Школска књига, Загреб (1987)
6. Биљана Даниловић, Драган Даниловић, Познавање природе, ЗУНС-Београд (2003)
7. С. Јокић, Рука у тесту, Друштво физичара Србије, Београд, (2003)
8. Душанка Обадовић, Имре Гут, Физички садржаји у настави природе - скрипта, ПМФ Нови Сад (2005)
9. Ивана Васиљевић, Јелена Кенда, Приручник за учитеље, Креативни центар, Београд (2006)
10. Марина Дриндарски, мр Гордана Брун, Љубиша Дивљак, Чувари Природе, Народна књига, Београд (2005)
11. Интернет сајтови:
<http://www.vivafizika.com>
<http://www.znanje.org>
<http://www.hunkinexperiments.com>
<http://www.science.hq.nasa.gov>
<http://www.wikipedia.com>
<http://www.enchantedlearning.com>
<http://www.sciencebuddies.org>

БИОГРАФИЈА



Бојана Рајак рођена је 19. маја 1984. године у Бихаћу.
Основну школу завршила у Сиригу а затим гимназију
„Светозар Милетић“ у Србобрану .
Природно-математички факултет у Новом Саду,
смер Професор природе уписала 2003/2004 године.

**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
КЉУЧНА ДОМУНЕТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА**

Редни број:

РБР

Идентификациони број:

ИБР

Тип документације:

ТД

Тип записа:

ТЗ

Врста рада:

ВР

Аутор:

АУ

Ментор:

МН

Наслов рада:

НР

Језик публикације:

ЈП

Језик извода:

ЈИ

Земља публиковања:

ЗП

Уже географско подручје:

УГП

Година:

ГО

Издавач:

ИЗ

Место и адреса:

МА

Физички опис рада:

ФО

Научна област:

НО

Научна дисциплина:

НД

Предметна одредница/кључне речи:

ПО

УДК

Чува се:

ЧУ

Важна напомена:

ВН

Извод:

ИЗ

Датум прихватања теме од

НН већа:

ДП

Датум одбране:

ДО

Чланови комисије:

КО

Председник:

члан:

члан:

Монографска документација

Текстуални штампани материјал

Дипломски рад

Бојана Рајак

Проф.др. Душанка Обадовић

„Електрицитет“ у интегрисаној настави природних наука

српски (ћирилица)

српски/енглески

Србија

Војводина

2010

Ауторски репринт

Природно-математички факултет, Трг Доситеја Обрадовића 4, Нови Сад

12/32/0/0/21/0/0

Физика

Демонстрациони експеримент у настави

Електрицитет, електрично поље, настава физике

Библиотека департмана за физику, ПМФ-Нови Сад

Нема

У раду је приказана обрада теме „Електрицитет у интегрисаној настави природних наука“. Поред теоријског објашњења основних карактеристике електрицитета, приказани су и једноставни експерименти предвиђени за ученике од I-IV разреда основне школе, који омогућују ученицима да на лак и једноставан начин разумеју основне карактеристике електрицитета, као и увођење научног метода у свакодневну наставу.

28.05.2010.

28.9.2010

Др Мирјана Сегединец, редован професор

Др. Душанка Обадовић, ред.професор

Др. Ђарко Капор, редован професор

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**

Final paper

*Author:***AU**

Bojana Rajak

*Mentor/comentor:***MN**

Dr.Dušanka Obadović, full professor

*Title:***TI**

„Electricity“ in integrated science teaching

*Language of text:***LT**

Serbian (Cyrillic)

*Language of abstract:***LA**

English

*Country of publication:***CP**

Serbia

*Locality of publication:***LP**

Vojvodina

*Publication year:***PY**

2010

*Publisher:***PU**

Author's reprint

*Publication place:***PP**

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

Physical description:

12/32/0/0/21/0/0

PD*Scientific field:***SF**

Physics

*Scientific discipline:***SD**

Demonstrative experiments in teaching

*Subject/ Key words:***SKW**

Electricity, electric field, teaching physics

*Holding data:***UC**

Library of Department of Physics, Novi Sad

HD*Note:***N**

None

*Abstract:***AB**

The paper shows the processing of "Electricity" in integrated science teaching. The theoretical explanation of the basic characteristics of electricity, will also present a simple experiment provided for pupils of I-IV grades of primary schools, enabling students to the easy and simple way to understand the basic characteristics of electricity and the introduction of scientific methods in daily teaching.

28.5.2010.

*Accepted by the Scientific Board:***ASB***Defended on:***DE**

28.9.2010.

*Thesis defend board:***DB**

Dr .Mirjana Segedinac, full professor

President:

Dr. Dušanka Obadović, full professor

Member:

Dr. Darko Kapor, full professor

