

Неки нови експерименти у настави физике

Милан Ковачевић, Владимир М. Марковић, Ненад Стевановић

Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет

Апстракт. У овом раду су описане четири лабораторијске вежбе које се могу применити у настави физике за ученике основних и средњих школа. Вежбе су описане детаљно са мерним вредностима.

Кључне речи: резонанција, ЛЕД диода, густина.

Напонска и струјна резонанција

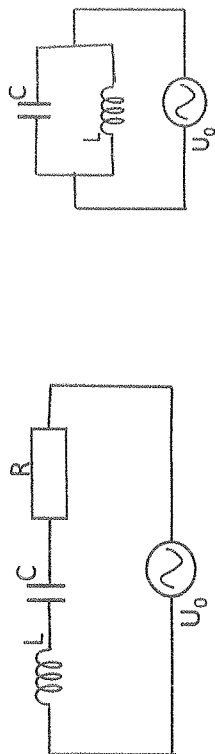
Редна или паралелна веза кондензатора и калема у колу наизменичне струје представља основно осцилаторно коло. Карактеристике осцилаторног кола су коефицијент самондукције калема, L , капацитет кондензатора C и отпорност термогене отпорности R , која је неизбежна у свим електричним колима. Импеданса редне везе ових елемената у колу износи

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}, \quad (1)$$

где је ω кружна учестаност струје која пролиће кроз њих. Импеданса зависи и од учестаности струје, а не само од параметара елемената који чине дато осцилаторно коло. Вредност јачине струје знатно зависи од њене фреквенције и биће максимална када је отпорност кола минимална.

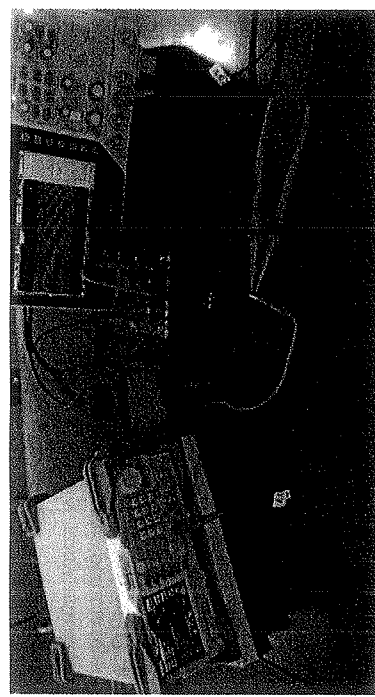
Из израза се може закључити да уколико је $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ тада је отпорност минимална и једнака је само термогеној отпорности. У том случају, извор струје не троши рад на формирање електричног поља у кондензатору и магнетног поља у калему, већ се те енергије међусобно трансформишу. У једној полупериоди се енергија електричног поља претвара у енергију магнетног поља, а у другој полупериоди обрнуто, енергија магнетног поља се претвара у енергију електричног поља. Напони на кондензатору и на калему су међусобно једнаки, али у против фази, па се међусобно поништавају. Резултујући напон на њиховој редној вези је једнак нули. Напон извора постаје једнак напону на отпорнику.

Код паралелне везе кондензатора и калема, струје које кроз њих протичу су једнаке, али у против фази, па је резултујућа струја која завире у паралелну везу минимална. Осцилаторна кола се користе за пропуштање и забрану прогицања струје у остатак електричног кола у зависности од њене фреквенције – електрични филтери.



Слика 1. Редно и паралелно осцилаторно коло.

Циљ вежбе је да се снимим импеданса кола у зависности од фреквенције струје извора. За рад ове вежбе користите се функцијски генератор као извор, коме се може мењати фреквенција струје; осцилоскоп за мерење напона осцилаторног кола.



Слика 2. Осцилоскоп, функцијски генератор и осцилаторно коло.

Кораци у раду вежбе су следећи: формирати осцилаторно коло. На његове крајеве везати прикључке осцилоскопа и функцијског генератора. Мењајући фреквенцију генератора мерити напон на осцилоскопу.

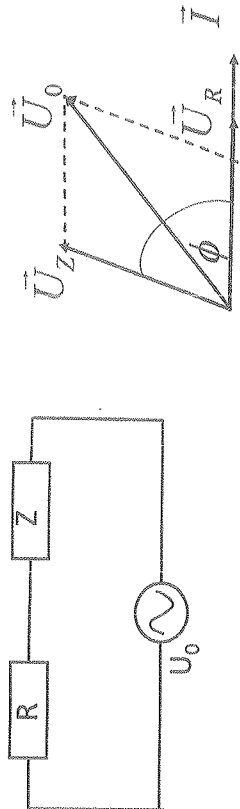
Одређивање фактора снаге мерењем напона

Да би неко електрично коло или део електричног кола било ефикасније у смислу потрошње електричне енергије, фактор снаге тог дела кола треба да је приближно једнак јединици. Фактор снаге представља однос активне и реактивне снаге тог дела кола. Да би се одредио фактор снаге, потребно је користити ватметар, волтметар и амперметар, па мерењем активне снаге, напона и јачине струје у том делу кола израчунати фактор снаге.

$$\cos \phi = \frac{P_a}{UI} \tag{2}$$

Циљ вежбе је одредити фактор снаге у неком делу електричног кола, које може да садржи активну, индуктивну и капацитивну отпорност помоћу волтметра за наизменичну струју.

У првом делу ове вежбе извешћемо израз за фактор снаге. Укупну отпорност дела кола чији се фактор снаге одређује, означимо са Z . Електрично коло импедансе Z се редно везује са активним отпорником R и извором наизменичне струје, ефективне вредности напона U (видети слику 4).



Слика 3. Електрична шема кола за одређивање фактора снаге и фазорски дијаграм.

Ефективне вредности напона на опорнику и електричном колу чији фактор снаге одређујемо означамо са U_R и U_Z . За све елементе у колу, заједничка је јачина струје I , и представља се на фазорској оси. Напон на активном опорнику R је у фази са струјом и колинеаран је са осом. Напон U_Z на електричном колу Z је фазно померен у односу на струју. Фазни померај означимо са ϕ . Резултујући напон извора U_0 представља векторски збир напона U_R и U_Z .

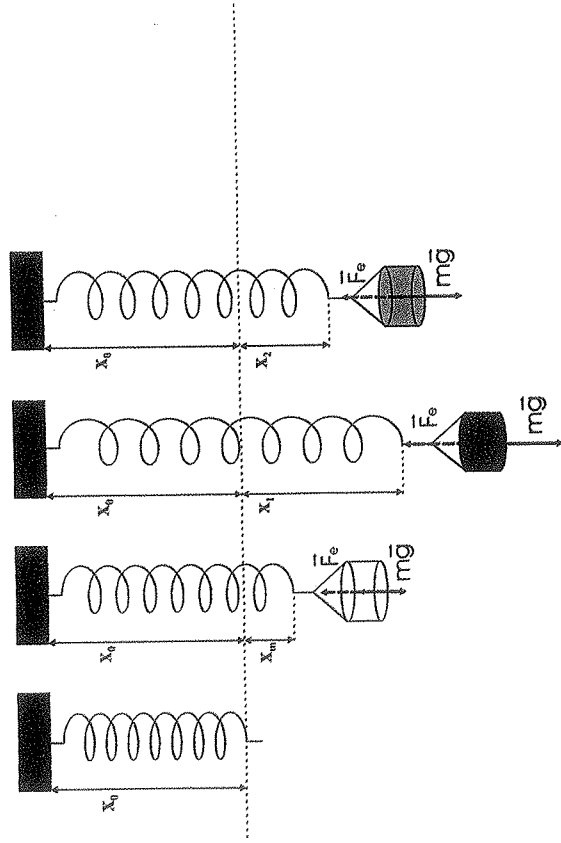
На основу косинусне теореме може се написати да је

$$\cos \phi = \frac{U_0^2 - U_Z^2 - U_R^2}{2U_R U_Z} \tag{3}$$

На основу релације се види да фактор снаге можемо одредити мерењем напона U_0 , U_R и U_Z .

Одређивање густине течности

Један од начина да се одреди непозната густина течности се заснива на принципу равнотеже силе која истеже еластичну опругу и еластичне силесаме опруге (Слика 1). Претпоставимо да је дужина неистегнуте опруге x_0 . Када се о опругу обеси празна посуда, опруга се истегне за x_m . Напуњена посуда тежишћу познате густине ρ_1 истегне опругу за дужину x_1 . Ако посуду напунимо тежишћу непознате густине ρ_2 , опруга се истегне за дужину x_2 . У оба случаја, у послулу се сипају једнаке запремине течности познате и непознате густине.



Слика 4. Експеримент са еластичном опругом - шематски приказ.

У равнотежном положају, имамо три једначине:

$$m_m g = kx_m, \quad (4)$$

$$m_1 g = kx_1, \quad (5)$$

$$m_2 g = kx_2, \quad (6)$$

где су m_m , m_1 и m_2 маса празне посуде, маса посуде напуњене течномшћу познате густине и маса посуде напуњене течномшћу непознате густине, респективно. Константа еластичности опруге је k . Једначине (2) и (3) можемо написати у облику:

$$(m_m + m_{i1}) g = kx_1, \quad (7)$$

$$(m_m + m_{i2}) g = kx_2, \quad (8)$$

где су m_{i1} и m_{i2} масе течности познате густине и течности непознате густине, респективно.

Комбинијући претходне једначине добијамо однос: $m_m = \frac{kx_1 m}{g}$.

$$\frac{m_{i2}}{m_{i1}} = \frac{x_2 - x_m}{x_1 - x_m}. \quad (9)$$

Из услова једнакости запремина течности познате и непознате густине, добија се однос

$$\frac{m_{i1}}{\rho_1} = \frac{m_{i2}}{\rho_2}. \quad (10)$$

Комбинацијом последњих једначина налазимо израз за израчунавање непознате густине течности:

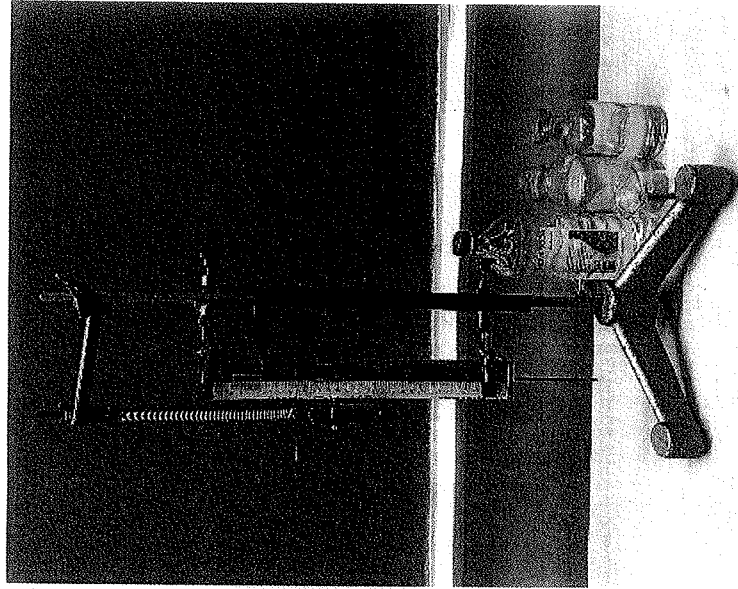
$$\rho_2 = \rho_1 \frac{x_2 - x_m}{x_1 - x_m}. \quad (11)$$

Применом стандардног поступка за налажење грешке посредно мерених физичких величина [3], долазимо до израза за апсолутну грешку

$$\Delta \rho_2 = \rho_2 \left(\frac{\Delta x_2 + \Delta x_m}{x_2 - x_m} + \frac{\Delta x_1 + \Delta x_m}{x_1 - x_m} \right). \quad (12)$$

где су Δx_i ($i = m, 1, 2$) грешке мерења одговарајућих истезања опруге. Да би се смањила грешка мерења, сва истезања опруге се мере лењиром са нонијусом за који важи: $\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x_m = 0,02 \text{ mm}$.

Опис апаратуре и поступак при мерењу



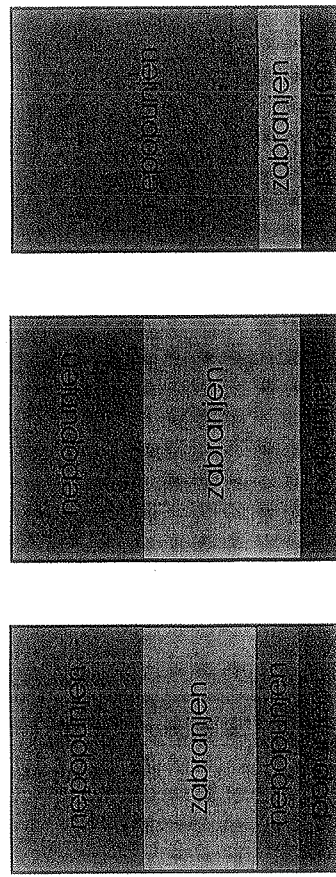
Слика 5. Експериментална поставка која је коришћена за мерење.

За мерење се користи еластична опруга која је једним крајем обешена о сталак на чијем крају висе посуда у коју се сипа течност. Поред опруге, на сталку, се налази нонијус (или лењир), који служи за читавање истезања опруге. Најпре се измери дужина неоптерећене опруге x_0 . Потом се измере истезања опруге оптерећене празном посудом, затим посудом напуњеном течношћу познате густине ρ_1 и на крају посудом напуњеном течношћу чија се густина одређује. На основу очитаних вредности истезања опруге у стању равнотеже, изједначавањем сила Земљине тежје и еластичне силе опруге, одређује се вредност за густину непознате течности ρ_2 (формула 11).

Треба водити рачуна да се у посуду сипају једнаке запремине течности и познате и непознате густине.

Струјно-напонска карактеристика ЈЕД диоде

Према својој проводности електротехнички материјали се деле на три групе: проводници, полупроводници и изолатори. Проводност материјала је директно повезана са електронском структуром материјала. Тако, добри проводници (метали) имају делимично попуњене енергетске нивое непосредно уз потпуно попуњене нивое, што омогућава да електрони лако напусте атом и слободно се крећу кроз метал. Такви електрони се називају слободни електрони. Код изолатора између попуњених и непопуњених енергетских нивоа присутна је велика забрањена зона што захтева да је електронима неопходна велика енергија како би прескочили забрањену зону. Код полупроводника је присутна уска забрањена зона између попуњених и непопуњених енергетских нивоа, тако да електрони који добију малу додатну енергију могу прескочити забрањену зону и постати покретни (Слика 6).



Метали Изолатори Полупроводници

Слика 6. Зонска структура код метала, изолатора и полупроводника.

Најважнији полупроводнички материјали су силицијум (Si), германијум (Ge) и галијум арсенид (GaAs). Кристал чистог силицијума има правилну структуру у којој атоми задржавају свој положај помоћу ковалентних веза које формирају четири ковалентна електрона. Специфична проводност чистог силицијума је веома мала. Ако се у кристал силицијума унесу примесе других материјала, проводност

силицијума се може повећати. Тај поступак се назива допирање силицијума. Тако, ако се силицијуму дода мала количина примесе од материјала који има пет валентних електрона (фосфор, арсен или други елементи пете групе) појавиће се вишак слободних електрона који знатно повећава проводност силицијума. Такве примесе се називају донорске примесе јер дају електроне, а тако допирани силицијум се назива n -тип силицијума, јер има више слободних носилаца негативног наелектрисања (електрона) него шупљина. Ако се силицијуму дода мала количина примесе од материјала који има три валентна електрона (бор, индијум, или други елементи 3. групе), појавиће се вишак шупљина, који такође повећава проводност силицијума. Такве примесе се називају акцепторске примесе јер привлаче слободне електроне, а тако допирани силицијум се назива p -тип силицијума, јер има више слободних носилаца позитивног наелектрисања (шупљина) него електрона. Допирањем силицијума мења се и зонска структура, тако што се стварају нови нивои унутар забрањене зоне, донорски ниво код n -тип и акцепторски ниво код p -типа.

Ако се направи блиски контакт (спој) материјала n -типа и материјала p -типа добија се тзв. $p-n$ спој или диода. Диоде представљају важне елементе у савременој електроници. Постоје разне врсте диода, као што су: диоде за усмерате малих снага, диоде за усмерате великих снага, диоде за прекидачки режим рада, диоде за рад са високим учестаностима, диоде променљиве капацитативности, фотодиоде, светлеће (ЈЕД) диоде.

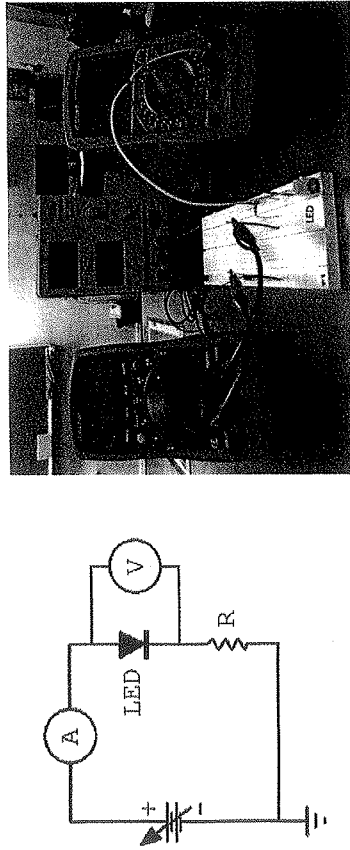
Светлећа (ЈЕД) Диода

ЈЕД (светлећа) диода је полупроводнички елемент који при директној (пропусној) поларизацији претвара електрични сигнал у светлост. Када је диода директно поларисана постоји електрична сила која привлачи електроне да пређу у p -тип, и на шупљине да пређу у n -тип полупроводника. Они се сусрећу у зони највеће густине слободних носилаца, на самом $p-n$ споју и ту долази до њихове рекомбинације, тј. електрони попуњавају празна места, шупљине. Тако, електрони преласком из проводне у валентну зону рекомбинују се са шупљинама при чему се ослобађа енергија у облику фотона тј. емитују се фотони енергије веће или једнаке енергији енергијског процепца. Уска област у којој се одвија рекомбинација на граници $p-n$ споја назива се активна област. Сваки материјал има различиту ширину енергијског процепца, стога емитује светлост различите таласне дужине. За ЈЕД црвене боје то својство има (GaAsP), ЈЕД плаве боје (GaN) и ЈЕД зелене боје (GaP). Централна таласна дужина емитоване светлости λ_c се одређује на основу израза

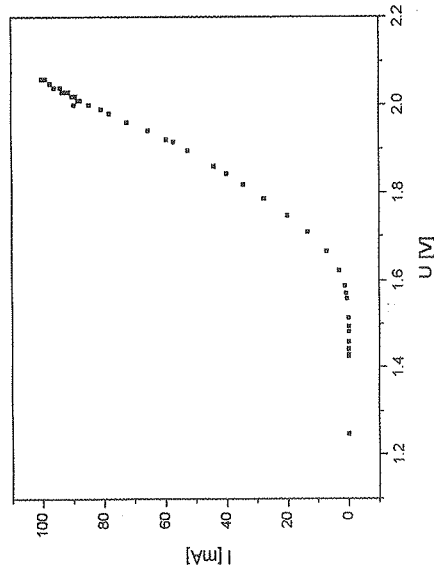
$$E_g \approx E_p - E_v = \frac{hc}{\lambda_c}, \quad (13)$$

где је h Планкова константа, c брзина светлости у вакууму, и λ_c централна таласна дужина емитоване светлости (E_g је енергија енергетског процепца која је једнака разлици енергије електрона у проводној и валентној зони). Код идеалне ЈЕД диоде за сваки рекомбиновани пар електрон – шупљина, емитује се један фотон.

Снимање струјно напонске карактеристике ЛЕД диоде у пропусном смеру се може извршити помоћу струјног кола приказаног на Слици 7. Коло се састоји од извора Е, једносмерног напона на коме се може подешавати напон у интервалу од 0 до 15 V. Отпорник R служи да ограничи струју кроз диоду, и на тај начин да заштити овај елемент од претопревања. Његова типична вредност је око 100 Ω. Струја кроз диоду се мери милиамперметром, а напон помоћу дигиталног волтметра. Мењање напона се врши помоћу потенциометра који се налази непосредно на самом извору. Напон на диоди се постепено повећава почевши од нуле па до 2 V у корацима по 20 mV, и при том се милиамперметром мери струја кроз диоду. Подаци добијени мерењем се уносе у табелу, а затим на милиматарском папиру се црта дијаграм $I = f(V)$. На апсциси се носе вредности напона, а на ординату вредности за струју (Слика 8).



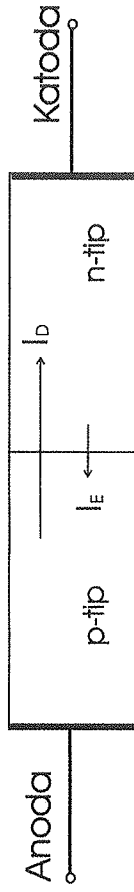
Слика 7. Струјно коло и одговарајућа експериментална поставка која је коришћена у мерењу.



Слика 8. Струјно-напонска карактеристика MF0E71 светлеће диоде.

Диода са ознаком MF0E71 има праг провођења, односно део карактеристике у којој струја практично не тече. Директна струја почиње да тече негде око 1,5 V и нагло расте са повишењем напона. Иначе, за ову диоду праг провођења U_0 износи 1,5 V.

Као што је већ поменуто, у близини p-n споја се формира осромашена област или област просторног товара јер у њој нема слободних носилаца електрицитета. Дакле, област око p-n споја се понаша као изолатор. Крива зависности струје од напона, понекад названа I-U дијаграм, описује понашање у области просторног товара у полупроводничкој диоди. Ако се на крајеве p-n споја повеже напонски извор са позитивним полом везаним за p-област, долази до смањења потенцијалне баријере на споју, сужења области просторног товара и олакшаног кретања већинских носилаца електрицитета преко споја. Већински носиоци из n-области, електрони, дифузијом прелазе у p-област, а већински носиоци из p-области, шупљине, дифузијом прелазе у n-област, где долази до њихове рекомбинације. Пошто је електрично коло затворено, постоји стална дифузија носилаца преко споја, односно постоји струја кроз p-n спој. Дакле, како се разлика потенцијала између извода диоде повећава, долази до стања када диода постаје проводна. Струја кроз директно поларисану диоду се састоји од две компоненте: струје већинских носилаца (дифузна струја) и струје мањинских носилаца (струја услед електричног поља) (Слика 9).



Слика 9. Струје на директно поларисаном p-n споју.

Укупна струја кроз директно поларисан p-n спој износи:

$$I = I_D - I_E = Ke^{-q(U_0-U)/kT} - Ke^{-qU_0/kT} = I_S (e^{U/U_T} - 1) \approx I_S e^{U/U_T}, \quad (13)$$

где је K константа која зависи од геометријских карактеристика p-n споја, U је напон на споју, U_0 напон потенцијалне баријере, k Болцманова константа, а T температура. Струја I_S се назива струја засићења p-n споја и директно је пропорционална површини p-n споја. Напон $U_T = kT/q$ се назива температурни напони на собној температури износи приближно 25 mV.

ЗАХВАЉНИЦА

Рад је помогнут од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја кроз број 451-03-9/2021-14/200122.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. С. Ковачевић, М. М. Милошевић, Ж. М. Цамбалевић, A new liquid density measurement method based on elastic spring stretching, *Physics education*, 56 035026 5pp (2021).
2. М. Поповић, *Основи електронике*, Електротехнички факултет, Београд, 2006.
3. N. Chi, *LED-based visible light communications*, Tsinghua University Press, Beijing, China, 2018.
4. Zhehddev, N., The life and times of LED – a 100-year history, *Nature Photonics*, 1, 98 (2007).
5. W. Jing, W. Yumei, Li Ping, Li Lian, Current-voltage characteristics of light-emitting diodes under optical and electrical excitation, *Journal of Semiconductors* 32084004 (2011).
6. J. Суруга, *Основи електротехнике III*. Електромагнетизам, Београд, Научна књига, 1987.

Радоница „Инклузија у настави физике – изазови и могућности“

Маринко Петковић¹, Маја Стојановић², Бранка Радловић²

¹ ШОСО Милан Петровић – Нови Сад,

² Депарتمان за физику Универзитета у Новом Саду

Анстракт. Инклузија је процес којег су прихватиле скоро све европске земље, а разлика је сада само у фазама до којих је стигао овај процес. Веома се ретко могу пронаћи расправе око питања "Да ли је инклузија потребна или не?". То питање је превазиђено, али следеће на које се тражи одговор је "Како применити резултате инклузије?". Са овим долазе и многа друга питања и проблеми: Како да пружимо наставницима основну обуку да би инклузивни процес могао боље да функционише? Које методе је потребно применити да би деца са сметњама напредовала и била потпуно интегрисана у образовни процес? Како да обезбедимо услове да сви појединачно напредују у том сложеном окружењу? Како да се одвија наставни процес за остале ученике, а да не изгубимо на његовом квалитету? Колико ће то све коштати? Тешкоће, сумње и питања који прате инклузивни процес могу се посматрати као уобичајене препреке, које настају док је један систем у развоју и коме су стручне и научне снаге потребне да би убрзале његово утемељење.

Кључне речи: Инклузивни модел, алтернативне методе рада, природне науке у инклузији.

ОБРАЗОВАЊЕ ДЕЦЕ СА СМЕТЊАМА У РАЗВОЈУ У ИНКЛУЗИВНОМ МОДЕЛУ

Образовање деце са сметњама у развоју представља корак у остваривању људских права, која им припадају према Резолуцији УН из 1948. године. Право на квалитетно образовање припада сваком детету. Посебно је важно напоменути да се развојем дидактике као психолошког аспекта образовања и васпитања, квалитет самог процеса унапређује, као што је показано у радовима швајцарског психолога Едуарда Клапареда. Проучавајући биографију овог ствараоца [1] објављени су радови из периода 1920. до 1931. године који јасно показују функционално образовање као јединствену могућност успешног учења. Ратна дешавања и економски проблеми у првој половини 20. века су условиле да „школа по мери децета“ постане актуелна тек у другој половини 20. века. Наглим напретком науке и технике те њиховом продору у медицинску дијагностику, сметње су класификоване, неке објашњене, али су и предложене прилагођене методе рада и започета методичка проучавања процеса учења и образовања. [2,3]. Деца са сметњама у развоју морају имати приступ редовном школовању, али оно треба да буде прилагођено њима и њиховом већ усвојеном нивоу вештина како би ученик могао бити у центру педагошког приступа [4].