

8. ДИДАКТИЧКИ ПРИНЦИПИ У НАСТАВИ ФИЗИКЕ

Реч „принцип“ има више сродних значења као што су: полазиште, основни захтев, став, смерница, начело којим се руководимо у неком послу и слично. У свакој организованој делатности постоје нека општа правила и захтеви којих се они који су укључени у ту делатност морају придржавати. Настава није никакав изузетак у том погледу.

У теорији наставе дидактички принципи заузимају централно место. Њихов значај је велики како за дидактику као научну дисциплину, тако и за наставну праксу. Настава као високоорганизована и деликатна друштвена делатност може успешно да се одвија ако се у процесу рада и наставници и ученици придржавају дидактичких принципа. Ови принципи имају полифункционални карактер јер су:

- нормативни (утврђују основна наставна правила),
- регулативни (регулишу ток наставног процеса),
- корелативни (међусобно су повезани) и
- интегративни (сједињују наставни рад у функционалну целину).

8.1 Историјски развој дидактичких принципа

Као путокази за наставни рад, дидактички принципи се јављају средином 17. века. Са друштвеним променама и развојем цивилизације настале су промене у циљевима и условима образовања. Педагошка теорија је морала да те промене прати па су на тај начин настајали и нови дидактички принципи.

Оно што су Галилеј, Њутн и Ајнштајн у области физике, то су у области дидактике Коменски, Песталоци,¹²¹ Дистервег,¹²² Дјуи, Ушински,¹²³ а ту треба убројити и првог министра просвете Србије, Доситеја Обрадовића.¹²⁴

¹²¹ Јохан Хајнрих Песталоци (1746-1827), швајцарски педагог и реформатор образовања.

¹²² Фридрих Адолф Вилхелм Дистервег (1790-1966), немачки педагог.

¹²³ Константин Димитријевић Ушински (1824-1871), руски педагог, оснивач педагошке науке у Русији.

¹²⁴ Доситеј Обрадовић (1739, 1742 или 1744-1811), српски просветитељ и реформатор.

Формулишући основне принципе дидактике, Коменски је још у 17. веку истакао потребу постојања у настави следећих дидактичких принципа у настави: очигледност наставе, систематичност у обради градива, одмереност према природи ученика, активност ученика, принцип вежбања, понављања и утврђивања. Ови принципи извиру из основних поставки погледа Коменског на педагогију. Његов најопштији принцип јесте да васпитање треба да буде у складу са спољном природом и да треба да води рачуна о природи детета. Према Коменском, човек је део природе и самим тим је подређен њеним законима. Деца која су мање обдарена могу постати изграђене личности ако се на њих утиче добрим васпитањем. Он првенствено упоређује законитости у природи са законитостима у педагогији. На основу учења о складности са природом, Коменски истиче наведене принципе који олакшавају наставу.

Коменски је развој детета поделио на четири доба и за сваки узраст је „одредио“ посебну школу:

1. Од рођења до шесте године је детињство у току кога се деца „школују“ у својој породици. У тој школи стичу се основни појмови из свих области живота.

2. Од шесте до дванаесте године је дечаштво – у том периоду деца треба да се обавезно школују на матерњем језику, у школи која треба да постоји у свакој општини, граду или селу.

3. Од дванаесте до осамнаесте године је младалачко доба коме одговара латинска школа или гимназија која треба да постоји у сваком граду.

4. Од осамнаесте до двадесет четврте године је момачко доба. У овом добу школовање се одвија на академији. Академија треба да постоји у свакој држави и у већој покрајини.

Када је реч о школама и категоријама становништва Коменски се одлучно заузимао за општу основношколску обавезу без обзира на сталеж и пол. Захтевао је да у школама најнижег узрадног нивоа наставни језик буде матерњи. Школу треба уредити да се у њој омладина подучава „свему што човека може учинити паметним, добрим и светим“.

Очигледност служи као полазна основа за разумевање појаве или предмета.

Код принципа поступности Коменски наводи важна правила која и данас важе:

- од лакшег ка тежем,
- од простог ка сложеном,
- од ближег ка даљем,
- од познатог ка непознатом и
- од конкретном ка апстрактном.

Два века после Коменског, швајцарски педагог Песталоци сматра да у настави треба поштовати следеће дидактичке принципе: очигледност, систематичност, логичност, поступност и трајност знања. У односу на принципе које је увео Коменски, нови су принцип логичности и принцип

трајности знања. Песталоци је наглашавао потребу развијања умних способности и умних снага код ученика, те се стога залагао за принцип логичности. По њему, настава треба да буде таква да се код ученика постиже јасноћа, дубина, темељитост и испитивачка способност њиховог мишљења.

У Песталоцијеве велике заслуге спада детаљно разрађивање принципа очигледности. "Сама истина која извире из посматрања даје човеку моћ да не продру у његову душу предрасуде и заблуде ". Он је очигледност схватао врло широко: "Уколико више упознаш суштину или појаву било кога предмета, утолико ћеш га темељније упознати". Песталоцију је очигледност значила само полазну тачку ка апстрактном мишљењу, односно сазнању.

Песталоци је истицао и важност принципа систематичности и поступности. Градиво треба у почетку да буде лако, једноставније и када ученици то усвоје, прелази се на сложеније. Осим тога и Песталоци је био свестан правила: од ближег ка удаљенијем и од познатог ка непознатом. Такође усваја и принцип приступачности. Истиче васпитност наставе, јер је крајњи циљ наставе да васпитава дете у човека.

Творац напредне немачке буржоаске педагогије, велики дидактичар Дистервег излаже у својој књизи „Руководство за образовање немачких учитеља“ општа начела за извођење наставе. По њему, потребно је постојање дидактичких принципа: очигледности, васпитности, индивидуалног прилажења ученицима, поступности у раду, самосталности ученика, систематичности. У односу на раније уведене дидактичке принципе, нови су: принцип васпитности, принцип индивидуалности и принцип самосталности.

Настава треба да развија не само мишљење већ и осећања, вољу и карактер. Пошто се у његовом наставном процесу ради о три степена: о перцепцији, умном сазнавању и преради, наставу треба почети применом принципа очигледности. Принцип очигледности он не прихвата уско сензуалистички. Потребно је водити рачуна о дечијој природи са свих аспеката, тако да настава мора бити индивидуализована. Природа детета тражи да настава буде и поступна, уз примену правила карактеристичних за поступност. Али Дистервег сматра да наставник ова правила не треба да примењује по сваку цену. Настава треба да код ученика развија самоактивност, чиме ће се најбоље пробудити и интересовање детета. У ту сврху Дистервег је тражио да учитељ у настави пружа градиво по одређеном систему и предлаже примену два наставна поступка - тумачење и разговор.

Високо је ценио принцип трајности знања. Да би се он остварио важно је да наставник не прелази градиво сувише брзо, да чешће понавља са ученицима основне делове градива који су најважнији, да у новом облику понавља старо и да то примењује приликом обрађивања новог градива.

Константин Димитријевић Ушински био је први који се у Русији на компетентан научни начин бавио овом тематиком. Обрадио је низ дидактичких принципа, и међу њима, на нов начин, и принцип очигледности. Ушински је објаснио потребу акустичке очигледности.

Пошто је у својој психолошкој концепцији тако високо ценио тежњу за активношћу, формулисао је и принцип активности. Дечија свест се развија радом и то најбоље организованим радом. Наглашавао је и развијао принцип сталности, чврстине и темељности знања, приступачности и поступности.

Дјуи је филозоф, представник прагматизма. Своје схватање је пренео и на област педагогије. Према овом правцу објективна истина не постоји, истинито је оно што је корисно за појединца, за свакодневни рад и уопште реализацију животних циљева. Сврха стицања знања је прилагођавање средини. Знање нас оспособљава за прилагођавање нашим потребама, циљевима и жељама. Само је такво знање стварно. Дјуи међутим потцењује теоријску, образовну улогу наставе и ниподаштава систематски рад у настави, те у наставу уноси елементе анархије. Прецењује дечије искуство. Дете само одређује које ће садржаје учити, што може да има за последицу импровизацију у процесу образовања. Дјуи не одређује школи нарочиту мисију јер је према њему она само организациони центар, а васпитање је исто што и сам живот.

Доситеј Обрадовић је заступник формалног правца образовања. Омладина треба да учи етику, реторику, историју, географију, аритметику и геометрију, природне науке, музику и плес. Захтева да образовање за девојчице треба да буде једнако као и за мушку децу. Тражи оснивање женских школа за старосно доба од 5 до 12 година где би, осим основне писмености, требало да изучавају и историју, географију, логику и етику. Свака особа је способна за саморазвој и сваки човек је способан за васпитање и образовање. Самим тим што је педагошко учење свео на морално васпитање и развијање умних способности, принцип васпитности наставе је код њега на првом месту. Доситеј се такође залаже за принципе поступности и одмерености, систематичности, свесности и трајности усвојеног знања. Истиче важност интересовања и препоручује да се имају у виду индивидуалне особености и склоности ученика. Препоручује што чешћу дискусију између наставника и ученика.

Захтева да настава буде лака, пријатна и занимљива, али тако да се не претвори у играње и неозбиљност. Излагање наставника треба да буде концизно, јасно, разумљиво и онда нема великих напора ни за учитеља ни за ученике. Све што није довољно јасно, што делује замршено и сувишно, може ученицима постати незанимљиво и тешко.

Најпознатији српски педагог Бакић,¹²⁵ у својим публикацијама предлаже нове захтеве (принципе): природност, истинитост и интересантност наставе.

Данас, у погледу броја и хијерархије дидактичких принципа, нема јединственог става и мишљења међу педагозима, односно дидактичарима. Занимљиво је да се јављају нове тенденције са тежњом да се усвоје као

¹²⁵ Војислав Бакић (1847-1929), школовао се у Немачкој и тамо докторирао на педагошким наукама.

принципи. Неки од таквих предлога су (без улажења у њихову анализу и оправданост):

- настава треба да буде претежно теоријска, тј. дедуктивна,
- тежиште наставе треба да буде на учењу самог процеса учења и метода долажења до нових сазнања,
- настава треба да буде заснована на научној организацији стицања знања.

8.2 Дидактички принципи

Дидактички принципи представљају опште методичке ставове, начела, разрађена и потврђена на основу резултата образовно-васпитног процеса. Они указују на то како да рад наставника буде рационалан и ефикасан, како да се обезбеде најбоља решења образовних и васпитних задатака. Дидактички принципи детерминишу ток предавања и учења у складу са циљевима и задацима наставног процеса. Они обухватају обраду и тумачење наставних садржаја, рад наставника, организоване облике образовно-васпитног рада, рад ученика, њихово усвајање знања, контролу, проверавање и оцењивање квалитета знања. У дидактичким принципима синтетизују се „држање“ наставе и учење и развој личности ученика. Они проистичу из законитости процеса наставе као уопштени одрази и изрази школске праксе, формулисани на релативно високом нивоу генерализације. Али, поред свега тога, то не значи да познавање и уважавање дидактичких принципа искључује стваралачки рад и активност наставника и ученика. Настава је толико разумљива да од дидактичке теорије и њених принципа није реално очекивати одговоре у свакој конкретној ситуацији, за сваки појединачни случај. За „ситније“ проблеме и одговоре, детаље треба тражити у правилима регулисања, нормативним актима која произилазе из дидактичких принципа, наравно укључујући и оригинална решења наставника и ученика.

Својом нормативном страном дидактички принципи обухватају постављене циљеве, суштинске интересе наставе, а својом гносеолошком компонентом законите односе, везе међу објектима, појавама. Они су у сагласности са теоријом сазнања, научним сазнањима, опште-педагошким, физио-психолошким и социолошким основама наставе.

Са развојем наставне делатности мењали су се и дидактички принципи. Док су једни губили своју актуелност и значај, други су обогаћивали свој садржај и смисао, а истовремено су се појављивали и афирмисали нови принципи.

Систем дидактичких принципа и правила која из њих проистичу не могу да покрију целу теорију наставе, сва њена обележја и специфичности, односе наставник-ученик, као ни многе педагошке, психолошке и социолошке аспекте процеса наставе. Дидактички принципи у општој

форми указују на суштинске односе компонената наставе између којих остаје довољно простора за испољавање способности и самопотврђивање наставника и ученика.

Адекватна примена дидактичких принципа подразумева стручно-научну оспособљеност наставника, његов креативно-стваралачки рад, као и друге способности и квалитете који се испољавају и потврђују у разним конкретним ситуацијама и условима у којима се одвија наставни процес.

Дидактички принципи не могу се посматрати и примењивати изоловано, већ у одређеној међусобној повезаности, као систем. Они су међусобно повезани и условљени. Наставник са своје стране треба да зна када и како да примени сваки од принципа у одређеним условима у зависности од узраста ученика, карактера наставног садржаја, постављених општих наставних задатака и циљева и других фактора.

У настави физике посебан значај имају следећи дидактички принципи:

- принцип научности,
- принцип систематичности и поступности,
- принцип свесне активности,
- принцип тачности и трајности знања,
- принцип очигледности и апстрактности,
- принцип повезаности теорије и праксе,
- принцип индивидуализације наставног рада,
- принцип економичности и рационализације наставе.
- принцип оптималног стимуланса и
- принцип диференцијације и интеграције.

8.2.1 Принцип научности

Овај принцип има посебан значај за наставу физике. У оквиру њега подразумевају се два битна захтева:

- дефиниције, описи појава, њихово тумачење, интерпретација демонстрационих огледа, формулације и објашњења закона и теорија, употреба терминологије и слично морају бити у складу са савременим достигнућима физике као науке,
- методе обраде наставног градива, наставна технологија и однос према ученицима морају бити у сагласности са достигнућима педагогије, дидактике и психологије.

На основу ових захтева види се да *принцип научности* произилази из научне заснованости наставног процеса. То значи да, са једне стране, у наставном раду не сме бити недоречености и произвољности, а са друге стране, наставни садржаји морају да буду у складу са достигнућима физике као

науке. Очигледно, без остваривања принципа научности ниво наставе физике био би низак, она би била некавалитетна и неефикасна.

Наставник може принцип научности да остварује само онда када је стручно и педагошко-методички оспособљен. Овај услов, међутим није довољан. Увек су могуће промене и допуне у науци, које настава треба да прати. Због тога је неопходно да наставник физике буде у току са променама у физици као науци и мора да прати стручну и методичку литературу, да посећује семинаре и усавршава се. Уколико наставник то не чини, сигурно је да неће у потпуности остваривати овај принцип у настави.

Ма колико настава физике била елементарна у основној школи, она увек мора одговарати савременом стању науке. Не треба давати ученицима недовољно тачна објашњења и дефиниције која полазе од схватања да ће све то доцније бити дато другачије и тачније. Такав приступ доводи до вишеструко штетних последица.

Упознавање ученика са историјом развитка физике омогућава да стекну увид у непрекидни развитак науке, о томе да сваки појам, закон, хипотеза и теорија имају еволутивни пут и да представљају кораке, етапе на путу упознавања природе. То је истовремено и прилика да се укаже на значај принципа научности у физици као науци и физици као наставном предмету.

Научност у настави физике често се у знатној мери одређује и применом математичког апарата за изражавање закона или за извођење закључака из општих ставова. Овде су недопусте две крајности, које нису ретке у научној и наставној пракси: глорификација значаја математике у физици или тврдња да је математика непотребна физици. Као и у већини других ствари вештина је у налажењу праве мере између ова два опречна става.

Суштина принципа научности може се видети на следећим примерима:

- Чест је случај да, када се уведе нова дефиниција неког појма, то стиже са закашњењем до наставника. Тако је, пре више десетина година појам „атомска тежина“ био у употреби у науци и настави. Говорило се нпр. да је „атомска тежина водоника 1“. Ово није било у складу са принципом научности, јер је тежина физичка величина која има одговарајућу јединицу, а атомска тежина је очигледно бездимензионална величина. Због тога је Међународна комисија за стандарде донела одлуку да се термин атомска тежина замени термином релативна атомска маса који је дефинисан на одговарајући начин.
- Често говоримо како меримо колико је нешто тешко, а онда резултат тог мерења изражавамо у килограмима.
- Интерпретације масе су такође пример остваривања принципа научности. Наиме, маса се испољава на два начина: као мера инертних особина тела, али и као мера његовог гравитационог

интераговања са другим телима. Ова два начина испољавања масе, иако позната још од Галилеја, су на прави начин нашла своје место тек у Ајнштајновој Општој теорији релативности у оквиру чувеног принципа еквиваленције.

- Откуд телима маса? На ово питање дуго није постојао одговор. Чак и само питање може да буде чудно. Ради се о следећем. Сва тела се састоје од молекула, они од атома, а атоми од електрона и језгара у којима се налазе протони и неутрони. Они се пак састоје од још елементарнијих честица. Чињеница да тело састављено од атома има масу последица је тога што честице које га чине имају масу, па се онда те масе на одговарајући начин саберу и имплицирају у маси макротела. Све те честице, у оквиру теорије која описује њих и њихово интераговање, међутим јављају се као безмасене. Механизам по коме оне добијају масу, у интеракцији са Хигсовим пољем, потврђен је тек 4. јула 2012. године у експериментима на Великом сударачу честица у ЦЕРН-у.¹²⁶
- Тежина и тежа су различите величине на чије сличности и разлике треба јасно указати јер се често мешају. Такође чест је и погрешан (или макар недеовољно прецизан) исказ да тела потопљена у флуид привидно губе од своје тежине – ова тела *стварно* губе од тежине *коју имају у ваздуху*. Другим речима, не постоји једна *стварна* тежина и неке остале које су мање или веће од ње, већ се ради о физичкој величини чија вредност зависи од услова при којима се одређује.
- Још једна ситуација у којој се не остварује принцип научности јесте погрешан (или макар непрецизан) третман трења као нечега што се супротставља кретању¹²⁷ и синтагме „кретање по подлози без трења“.¹²⁸

Не сме се никако заборавити да принцип научности има и аспект који није везан за наставне садржаје већ за примену адекватних дидактичких приступа у настави. Да би он био остварен, неопходно је водити рачуна о: планирању наставе, начину интерпретације наставног градива, његовог усвајања и конкретної примени, формирању умења, вештина и навика, самосталном стицању знања, унутарпредметној и међупредметној корелацији и слично. У ову групу спада и утврђивање ученичких

¹²⁶ Након потврде постојања Хигсовог бозона, Питер Хигс и Франсо Англер добили су Нобелову награду за теоријско предвиђање овог механизма (извршено шездесетих година прошлог века). Нека истраживања у вези са постојањем честица бржих од светлости могу се наћи у раду D. Dimitrijevic, G. S. Djordjevic, Lj. Nestic, „Quantum cosmology and tachyons“, *Fortshritte der Physik*, 56, 4-5, (2008) 412-417.

¹²⁷ Без трења наине не би било могуће ходање.

¹²⁸ Најчешће се овај исказ односи на то да треба занемарити отпор *средине* кроз коју се тело креће (углавном ваздуха).

претконцепција и рад на њиховом отклањању, избор наставних метода и техника, адекватних наставних средстава. Посебан проблем је и рад са децом са посебним образовним потребама, за шта наставници на дипломским студијама углавном не стичу адекватно образовање.

Једна од тешкоћа у спровођењу принципа научности јесте у томе што научно-технички напредак у значајној мери превазилази могућности актуелног програма прописане наставе. Количина информација се удвостручава сваких пет до десет година, а у неким областима знања, овај пораст је много већи и бржи. У таквој ситуацији посебан значај добија квалитетан избор фундаменталних знања. Промене у садржајима знања утичу на застаривање или промене у неким његовим доменима, а такође на појаву нових знања. Због тога савремени ниво развоја наука захтева, пре свега, усвајање теоријских основа знања, уопштених појмова и категорија.¹²⁹ Зато су, такође, неопходна повремена разматрања и ревидирања наставних планова и програма.



Слика 8.1 Огледи за утврђивање разлике између трења клизања и трења котрљања

Како се може знати да ли је принцип научности на адекватан начин примењен у настави? Није развијен једнозначан рецепт већ наставник повремено мора сам то да процењује на основу оспособљености ученика да одговоре на нека питања која обично захтевају веће умно ангажовање. Другим речима, степен разумевања градива (који је у корелацији са овим принципом) обично се утврђује умешно постављеним педагошки сврсисходним питањима, добро испланираним вежбањима и контролним задацима. Уместо питања на која постоји директан одговор у уџбенику или у наставниковом излагању треба користити питања која захтевају умни напор, анализирање, расуђивање, повезивање елемената градива и закључивање.

¹²⁹ У вези са тиме позната је сентенца да „лош наставник дарује истину, добар наставник учи ученике да је сами налазе“.

8.2.2 Принцип систематичности и поступности

Ни у једној људској делатности радни процес се не одвија произвољно, већ по неком одређеном систему који обезбеђује потребну ефикасност. Што је делатност сложенија, то је значај систематичности и поступности већи. Образовање је управо таква делатност. Наставник физике, тако, упознаје ученике са мноштвом појава, дефиниција, формула, закона, принципа, теорија. Захтев да се наставни садржаји обрађују логичким редом и поступно, представља дидактички *принцип систематичности и поступности*.

Уколико у настави физике не би био испуњен принцип систематичности и поступности, знања ученика у њиховој свести била би конфузно нагомилана и зато недовољно употребљива. Сем тога, тако презентована знања се знатно теже памте. Основне претпоставке систематичности у извођењу наставе, у доброј мери су постављене добро конципираним наставним програмом и квалитетно написаним уџбеником. Тако обезбеђена систематичност назива се систематичност на макроплану. Сваком наставнику је остављено да остварује поступност и систематичност на микроплану у оквиру обраде сваке наставне јединице.

Систематичност наставе претпоставља: прегледно и логично излагање наставног градива, издвајање и истицање оног што је у томе битно, доследно, дидактичко-методичко структурирање наставног процеса, логичку повезаност елемената наставног градива и истицање водеће идеје око које се концентрише наставна грађа, са дидактичком артикулацијом свих аспеката наставног процеса.

Принцип систематичности наставе обухвата интеграцију и диференцијацију научних знања, корелацију наставних дисциплина, посебно оних које су непосредно повезане, усклађивање наставних метода и поступака, организацију наставног рада, синхронизацију теоријске интерпретације са експериментом, праксом, правовремено и примерено увођење задатака у наставу физике, проверавање и оцењивање знања, умења и вештина код ученика и слично.

Примена овог дидактичког принципа долази до изражаја код издвајања оног што је суштинско, основно, у датој интерпретацији градива за даљу трансмисију знања. Наставник треба да то релевантно знање систематизује и логички заснује. На крају изводи закључке, које у пракси проверава и потврђује експериментом. Успешност у свему томе битно зависи од тога колико су се наставник и ученик руководили принципом систематичности.

Садржај принципа систематичности и поступности у настави чине *дидактичка правила* која су настала из позитивних искустава најбољих наставника и резултата познатих истраживача у области педагогије и

дидактике. Коменски је имао чак двадесет девет дидактичких правила, којих је наставник у свом раду био дужан да се придржава. Данас се у постојећим уџбеницима педагогије и дидактике најчешће наводе она која су већ поменута у уводу ове главе, а наводимо их поново због даље анализе:

1. од лакшег ка тежем,
2. од познатог ка непознатом,
3. од ближег ка даљем,
4. од једноставног ка сложеном и
5. од конкретног ка апстрактном.

Од пет наведених правила прво се може сматрати сувишним, с обзиром на то да су остала правила у ствари исказ управо првог правила. Оно што је познато, што је ближе, што је једноставно и што је конкретно то јесте и лакше. Друго и треће правило, иако заснована на емпирији, имају и своју научну подлогу. Наиме, потреба испуњавања тих правила заснива се на асоцијативном карактеру памћења. Све што је познато и у непосредној вези са новим градивом, представља добар ослонац за стицање нових знања и умења. Правило „од ближег ка даљем“ исказује захтев да се у настави полази од појава, предмета, чињеница и сл. које су ученицима блиске, било просторно, било психолошки. Оно што је ученику у свакодневном животу доступно, и блиско, то ће, када је у вези са новим сазнањима знатно олакшати како разумевање, тако и памћење. Под психолошком блискошћу треба подразумевати градиво и начин рада који су прилагођени психофизичким способностима ученика датог узраста.¹³⁰ Очигледно је да ова два дидактичка правила указују на потребу да се у настави, обрада нових наставних садржаја мора заснивати на поседованим, познатим представама, појмовима и чињеницама блиским узрасту ученика.

Правило „од једноставног ка сложеном“ указује на потребан редослед учења. Увек када је то могуће ученици упознају градиво које је у погледу структуре, форме, и суштине једноставније, а потом се иде на све сложеније градиво. Да би се стално повећавала или бар одржала активност ученика и да би се они навикавали на савлађивање потешкоћа, ученицима се стално „подиже“ сазнајна лествица коју треба да „прескоче“, у виду све сложенијих питања и задатака.

Последње дидактичко правило „од конкретног ка апстрактном“ има ограничену важност. Наиме, само код ученика млађег узраста, где још увек није развијена способност за апстрактно мишљење, полази се увек од нечег што је конкретно и чулима доступно.

Скупно посматрано, сва четири правила говоре о неопходности учења по „лествици знања“, систематски и поступно, с циљем да се изгради чврсто здање основних знања која су програмом предвиђена. Принцип

¹³⁰ На овом месту добро је подсетити се фаза когнитивног развоја ученика по Пијажеовој теорији.

систематичности и поступности оствариће се онда када је вршена темељита припрема, почев од израде глобалног плана, до разраде сваке фазе школског часа. Одсуство систематичности, поступности у стицању знања, испољава се у појави „рупа“ у систему поседованих знања, честим нејасноћама и неспособношћу ученика да та знања примењују.

Систематичност се пре свега односи на след градива у току школске године и битан је фактор у макропланирању наставничког рада. Наставник физике има право и слободу да се не придржава наставног програма и уџбеника дословно, али принцип систематичности мора поштовати. Наставник не може, на пример, да описује и тумачи појмове рада и енергије ако ученици нису претходно упознали величине: брзину, убрзање, пут и силу. Најбољи знак да градиво није систематизовано је ако наставник ученицима каже да им неки појам не може објаснити, јер ће га учити касније. Овај принцип обезбеђује да се ученици не стављају пред „нове тешкоће“ док нису савладали „старе“.

У пракси се, у формалном смислу, систематизација обезбеђује на часовима понављања и систематизације градива. Након сваке обрађене наставне јединице треба да следи понављање наставног градива те јединице, а после сваке наставне теме и општа систематизација која се односи на целокупно наставно градиво свих јединица које чине ту наставну тему. За свеобухватну и квалитетну систематизацију наставних садржаја потребно је дефинисати у плану наставе довољно часова систематизације, јер ће тако стечена знања код ученика бити далеко трајнија и дубља.

8.2.3 Принцип свесне активности

Градиво физике је веома обимно, комплексно и разноврсно. Ученици могу успешно да га усвајају само ако сами учествују у томе активно¹³¹ и уколико се стално навикавају на самосталан рад. Стога не треба да га добијају у готовом облику, већ је потребно да се код ученика формира систем знања у току њиховог сопственог умног напора, при чему је важно да дубоко, јасно и правилно схвате природу физичких појава.

Под овим појмом подразумевају се три основна захтева:

- Настојати да ученици у току наставе схвате суштину изучаваног градива.
- Омогућити ученицима да сагледају разлоге и сврху учења датог градива.

¹³¹ Ова тврдња је у потпуности у сагласности са гледиштима образовног конструктивизма. У суштини код сваког од дидактичких принципа се могу наћи елементи овог правца.

- Организовати наставу тако да ученици што је могуће више буду активни, тј. да што више размишљају, вежбају, рачунају, дискутују, питају.

Свесно усвајање знања, према томе, није могуће без одговарајуће активности и стога се у називу овог принципа налазе оба појма. Свесност је супротна формалном усвајању знања какво постоји у догматској настави. Уколико ученици од онога што се учи у школи запамте само спољњу, формалну страну, симболику, не разумевајући суштину, онда није остварен принцип свесности.

Читав рад ученика у наставном процесу треба да је прожет јединством мисли и акције и чврстом везом између умне и практичне делатности. Због тога, уз експерименталне вежбе, ученицима треба дати и домаћи задатак, нарочито експерименталног типа. Експеримент треба увести и у процес понављања градива, у пропитивање и решавање задатака.

У току наставниковог излагања ученици не смеју бити пасивни. Треба стварати ситуације у којима они будно слушају, размишљају, постављају питања и дају одговоре на њих, записују, анализирају, цртају итд.

Осим неспорне улоге коју има експеримент у настави физике, не мањи значај се мора поклонити самосталном коришћењу уџбеника и других, данас претежно електронских, материјала. Овом питању често се не поклања довољна пажња иако се оно односи на неговање и развијање једне од најзначајнијих вештина којом ученици треба да овладају у току сваког наставног процеса. Без те вештине, која се мора упорно и дуго увежбавати, нема ни праве писмености која је савремени предуслов сваке људске активности а не само интелектуалне. У том смислу, веома је погрешно избегавање уџбеничких комплета у настави и „диктирање“ скраћених сопствених погледа наставника на наставне јединице.

Развој ученичке активности у најужој вези је са интересовањем које се код њих подстиче како садржајем физике, тако и методама излагања, односно начинима њихове обраде. Због тога посебна брига наставника физике треба да буде усмерена на то да током часа код ученика изазове пажњу константног интензитета и квалитета.

Постизање пуне активности ученика у наставном процесу треба сматрати највећим успехом јер постигнут успех у знању најчешће одговара постигнутој активности у настави. Ипак, треба нагласити да у активирању ученика треба разликовати стварну и садржајну од формалне и површне активности.

Разлика између свесно и формално усвојеног знања може се приказати на следећем примеру. У настави математике ученици изучавају функцију $y=kx$. Они знају да је та функција линеарна, умеју да је графички представе и да се њоме у математици користе. Међутим, када се на часовима физике изучава равномерно убрзано праволинијско кретање и када се

захтева да се графички представи зависност брзине од времена при таквом кретању, често се дешава да ученици то не умеју. Неке од њих буне само другачија слова која се користе. Уместо слова u које означава сасвим апстрактну математичку функцију сада се користи слово v за брзину а уместо константе k треба узети слово a (убрзање). У овом случају улогу независне променљиве x игра време t . Разлог што ученици имају проблеме ове врсте је у томе што су само формално усвојили неке елементе знања, у овом случају из математике.

Да би наставник проверио да ли је успешно остваривао принцип свесне активности потребно је да дође до информације о томе да ли су ученици свесно или формално стицали знања. Ту, међутим, као и код провере остварености осталих принципа, постоје тешкоће. Наиме, педагошка наука још увек није довољно прецизно развила начин (инструмент) утврђивања степена разумевања код ученика. Стога се у пракси веома често интуитивно процењује да ли ученик дато градиво разуме или не.¹³²

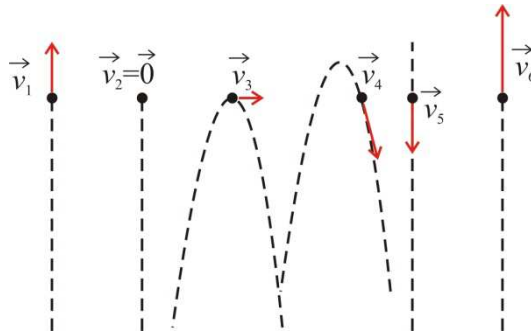
Степен разумевања се, као и код претходног принципа, углавном утврђује умешно постављеним педагошки сврсисходним питањима, добро испланираним вежбањима и контролним задацима. Уместо питања, на која ученици имају директан одговор у уџбенику или наставниковом излагању, треба користити што је могуће више питања која од ученика захтевају одређени мисаони напор, анализирање, расуђивање, повезивање елемената градива и закључивање. Најбоља су она питања која садрже такозвану „оптималну ентропију“ тј. питања за која ученик нема залиху готових одговора, већ мора мишљењем довољне разуђености уредити и повезати своја посебна знања и формирати одговор.

На питање типа: „Како гласи Први Њутнов закон?“ може се од ученика чути сасвим коректан одговор. То често није никаква гаранција да је он разумео његову суштину, односно да се не ради само о формалном знању овог закона. Ово потврђују ситуације у којима ученици тврде нпр. да је за транслаторно кретање тела неопходна сила док је за ротационо кретање неопходан момент силе.¹³³

Слична је ситуација и са Другим Њутновим законом који ученици – иако умеју да га коректно репродукују – не примењују на прави начин. Тако, ученици често тврде да се кретање одвија у правцу деловања силе и погрешно повезују брзину са силом. То је могуће проверити следећим концептуалним питањем: „Шест једнаких куглица налази се на једнакој висини, али се крећу различитим брзинама и по интензитету и смеру (слика 8.2). Делују ли на њих различите или једнаке силе?“

¹³² Важан инструмент за проверу свесности усвајања концепата из области механике је већ помињани тест Force Concept Inventory.

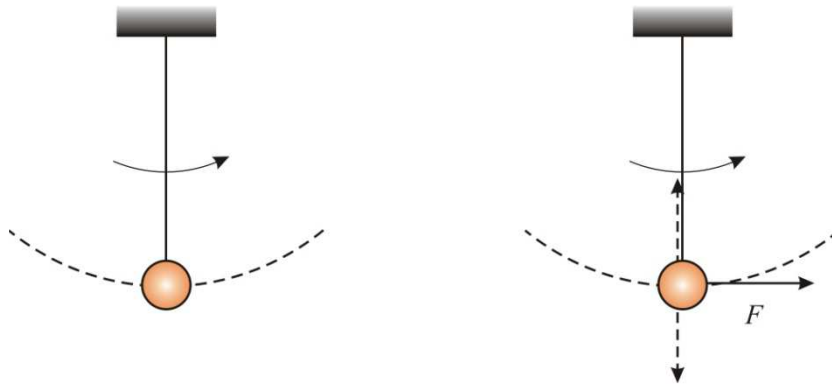
¹³³ Када нема силе могућа је униформна транслација као што је, и у ситуацији када је укупни момент сила једнак нули, могућа униформна ротација.



Слика 8.2 Кретање куглица у гравитационом пољу.

Од директног значаја за наставу физике је и следеће питање којим је такође могуће проверити степен остварености принципа свесне активности. „Нацртати све силе које делују на куглицу математичког клатна када оно, при кретању, пролази кроз најнижи положај (леви део слике 8.3).“

Ученици често цртају силу у смеру кретања, тј. хоризонтално удесно (слика 8.3 десни део слике). Те силе, међутим – нема. Куглица, након проласка кроз равнотежни положај, и даље наставља да се креће услед својих инертних својстава и за њено даље кретање није неопходна сила. Сила наравно постоји и након проласка кроз равнотежни положај. Ради се о реституционој сили (изазваној силом теже), која ће на крају куглицу клатна зауставити и навести да се креће на супротну страну.



Слика 8.3 Силе које делују на куглицу математичког клатна.

Свесности усвојеног знања, умења и навика, неће бити уколико нема потребне активности ученика. Према Дистервегу: „Свако ко жели да се развија и образује, треба то да постигне својом активношћу и сопственим напором. Он споља може бити само подстакнут а његова самосталност је средство и истовремено резултат образовања.“ Код наставника који верују да своју обавезу боље испуњавају ако ученицима све кажу, објашњавајући им сваки детаљ, активност ученика изостаје или се своди на минимум. Тада су ученици више пасивни него активни, па зато и не постижу жељени успех у учењу. У вези са потребом и значајем активности ученика такође важи тврдња да „лош наставник дарује истину, а добар наставник учи ученике да је сами налазе“.

8.2.4 Принцип тачности и трајности знања, умења и навика

Приликом стицања знања увек се тежи њиховој трајности. Међутим, треба имати у виду да је заборављање неминован и природан процес. Захтев да знања која ученици стичу за време одржавања наставе и касније буду тачна и добро упамћена, представља дидактички *принцип тачности и трајности знања*. Знања која се стичу у оквиру наставе физике строго су повезана, нова знања стичу се помоћу старих, већ стечених, и повезују (конструктивистички) у једну целину која постаје темељ нових знања. Тај процес тече постепено и систематично, а његова успешност зависи од тога колико су усвојена знања трајна. Трајност усвојених знања зависи од начина на који се стичу, као и од начина њиховог утврђивања путем разних облика понављања, вежбања, проверавања и оцењивања. На трајност знања највише утиче разумевање самог градива јер неразумљива материја није добра основа за даљу конструкцију знања.

О тачности знања мора се водити рачуна због чињенице да између онога што пише у уџбенику или што је наставник рекао, и онога како ће ученици то разумети и усвојити може постојати велики раскорак. Могуће је да су се код ученика формирале погрешне представе и да су они стекли непотпуна знања а да тога уопште нису свесни. Зато наставник мора стално да проверава тачност знања ученика и да их коригује, а затим да настоји да таква знања буду упамћена.

У вези са памћењем, односно остваривањем принципа трајности знања, треба имати у виду следеће:

- памћење директно зависи од учестаности понављања елемената знања на часу – доприноси му редовно проверавање, контролисање и оцењивање,
- памћење има селективни карактер, лакше се памте интересантније ствари,
- дуже се памти оно што је усвајано спорије,

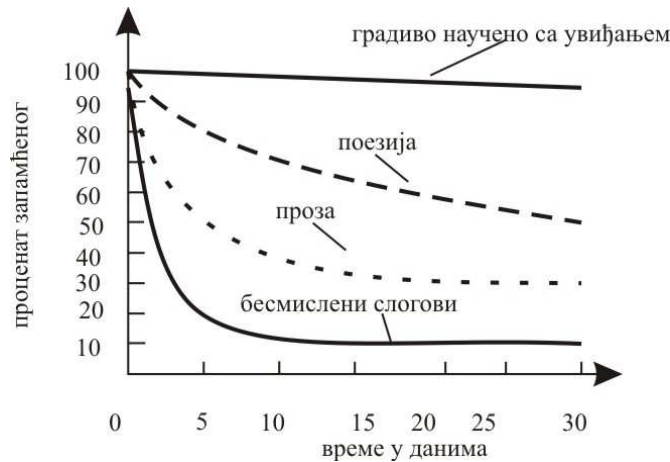
- боље се памте наставни садржаји уз које је наставник наводио примере,
- сложено градиво се лакше обрађује и памти када се издели на мање целине,
- боље се памте знања код којих су вршена нека упоређивања са нечим познатим као и градиво код кога је вршено уопштавање и извођење резимеа.

Трајност усвојених знања обезбеђује континуитет у образовно-васпитном процесу, сазнајну целовитост, логичку мисао, усмерену и повезану са когнитивним активностима и операцијама. Трајност знања претпоставља свесно усвајање знања, овладавање умењем и навикама, мисаону активност и логично промишљање, а не механичко запамћивање низа чињеница.

То значи да усвојити знање значи да оно постаје „лична својина“, убеђење, и да може да се примени у разним проблемским ситуацијама теоријског и практичног карактера. Обим и дубина усвојеног знања углавном се дефинишу одређењима личности ученика, његовим способностима и особеностима. Да би се обезбедило стварање трајних знања, умења и навика, њихово усвајање треба да се темељи на свесном, активном поимању наставног градива. Стога наставник физике треба, бар на елементарном нивоу, да познаје физиолошке и психолошке законитости разумевања и памћења, што је једна од основних премиса успешног педагошког процеса. Трајно усвајање знања подразумева понављање, увежбавање и утврђивање пређеног градива. Понављање у почетку треба да буде интензивније (тада је процес заборављања најизраженији), него у каснијем периоду (временом се знање све дубље „усађује“ у свест и подсвест човека).

Понављање градива може да буде пасивно и активно, узгредно и специјално. Пасивно понављање састоји се у томе да ученик репродукује оно што је раније научено. Код активног понављања, ученик самостално репродукује раније изучено градиво, али у новим варијантама и модификацијама, везама и асоцијацијама. Активно понављање има велику улогу у утврђивању веза међу разним појавама и у различитим применама стеченог знања. Термин узгредно понављање односи се на понављање градива дате области уз обраду неке друге области а специјално понављање би било, на пример, понављање уз уопштавање.

Ученике је потребно заинтересовати за оно што изучавају како би се код њих развила свест о значају научног знања, што доприноси трајнијем памћењу. Трајнијем усвајању знања доприноси и редовно проверавање, контролисање и оцењивање ученика. Упознавање ученика са техником учења, коришћење аналогија, асоцијација, модела, шема, графика, табела и сличног такође доприноси ефикаснијем и трајнијем знању. Слика 8.4 приказује различиту ретенцију знања, у ситуацијама знања различитог карактера која су усвајана на различите начине.



Слика 8.4 Криве задржавања (ретенције) знања обрађених на различите начине.

Принципу тачности и трајности знања погодује концентрична структура излагања садржаја физике. Увођење Њутнових закона у шестом (Први закон) и седмом разреду (Други и Трећи закон) и каснија њихова стална примена у разним ситуацијама одговара узгредном а понекад и специјалном понављању ових закона.

Добар пример за ово је Други Њутнов закон, који се први пут уводи у седмом разреду, уз неке елементарне примене. На почетку првог разреда средње школе овај закон се формулише преко промене импулса и примењује на различите механичке системе током целе школске године. Након тога, он се повремено примењује и у другом разреду (кинетичка теорија, кретање наелектрисаних честица) и у трећем разреду средње школе (хармонијско кретање, механички таласи, звук...).

Слична је ситуација са силом еластичности опруге. Она се први пут разматра у шестом разреду основне школе (ученици у експерименту треба да уоче да је сила сразмерна деформацији опруге, и да установе релацију $F = k\Delta l$).

Након тога се ово знање стално примењује при коришћењу динамометра, али тиме процес усвајања ове законитости и својства еластичне опруге није завршен. Дозревање¹³⁴ тог знања наставља се применом на осцилације у осмом разреду и у првом разреду гимназије, када се рачунају рад и потенцијална енергија опруге. Механичке осцилације и механички таласи поново се обрађују у трећем разреду.

¹³⁴ Подсетимо се да на учење, схваћено у Пијажеовој теорији когнитивног развоја као формирање одговарајућих менталних структура, утичу три фактора: искуство, друштвена трансмисија (интеракција) и *дозревање*.

Одавде следи да је за наставу физике потребно да садржај из физике у програму, уџбенику и наставном процесу буде распоређен тако да се иста знања поново појављују али у различитим ситуацијама.

Таква примена познатих фундаменталних појмова, закона, модела и теорија на новим ситуацијама проширује знање ученика и захтева стално подсећање на раније усвојена знања и њихову примену у нешто измењеним условима.

8.2.5 Принцип очигледности и апстрактности

Основни смисао принципа *очигледности* је да ученицима олакша додир са стварношћу како би упознавање ствари, појава, процеса и њихово разумевање било реално и директно. Он има за циљ да обезбеди непосредно (чулно-опажајни) увид у оно што се проучава. Нека истраживања показују да око 80% наших сазнања добијамо посредством чула вида, око 10% слушањем, а тек осталих 10% путем осталих чула.

Захтев да се у раду са ученицима све више користе очигледна средства проистиче из психолошких сазнања. Утврђено је да деца лакше схватају објашњења уз помоћ слика па тако лакше схватају сложу слику од прости мисли. Истраживања степена разумевања и памћења одређеног градива из физике у функцији начина рада, показала су да проценат ученика који могу да разумеју дати садржај учења, ако је објашњење засновано и праћено огледом, иде чак до 90%. Ако се то градиво обрађује коришћењем илустрација у виду слике или филмског материјала потребан ниво знања постиже 50% ученика, док у случају обраде градива само вербалним путем 24% ученика усваја потребна знања.

Принцип очигледности има веома велику улогу у сузбијању празног, апстрактног вербализма који може да има нарочито негативне последице у настави физике. Применом принципа очигледности ученици не прихватају знање „на поверење“ или на основу изјаве других него на бази својих запажања и сопствених убеђења.

Наша чула су основни, полазни извор знања. Посредством њих добијају се подаци и представе без којих се, на нивоу наставе, тешко може замислити конструкција теоријских, апстрактних знања. Али то не значи да се стицање знања у настави физике завршава на нивоу емпирије јер би тиме настава физике била сасвим вулгаризована. Чулну, емпиријску основу сазнања у процесу наставе, свакако, треба уважавати и афирмисати, али и настојати да се настава не сведе на једнострану и прилично плитку сензуализам.

Очигледност, конкретност, емпиризам само су основни елементи у стицању знања, али они нужно не претпостављају мисаону обраду и теоријско апстрактно мишљење и на основу тога формирање одређених представа о објективном свету.

У процесу наставе ученици не треба само да посматрају, запажају, анализирају, уопштавају већ и да активно учествују у свим фазама наставног процеса, да сами промишљају и формирају одговарајуће закључке. Креативност у настави подстиче моћ запажања, радозналост, упорност у формирању оригиналних идеја и решења. У таквом приступу доминира дух трагалаштва, радозналости и инспирације. Све то повећава активност ученика и укупне наставне ефекте.

Очигледност у настави не противуречи усменом излагању, напротив, ефективно коришћење принципа очигледности претпоставља „живу“ усмену реч наставника. Очигледност у настави физике остварује се демонстрационим огледима, техничким средствима, уређајима, моделима, лабораторијским вежбама, коришћењем цртежа, графикона, табела, шема, скица, слика и слично. Другим речима, коришћењем наставних средстава која су у функцији постизања образовно-васпитних циљева при обради дате наставне јединице.

Тежиште у савременој настави физике није толико у репродукцији знања, колико на открићу различитих решења једног истог проблема, тј. задатка.¹³⁵ Наставник ученицима, стога, треба да непрекидно указује на противуречности, супротности између датог и задатог, знања и незнања, теорије и експеримента, старог и новог искуства, познатог и непознатог. На тај начин наставник побуђује мотивацију и указује на путеве стварања и откривања новог, афирмишући истраживачку личност, самоодговорност и креативан рад, што је у основи проблемске наставе.

Када непосредно упознавање објеката и појава није могуће или није неопходно, примењују се одређене аналогije, симулације и еквиваленти, модели који треба да представе одговарајуће оригинале у облику који је најближи објективној реалности. У ту сврху могу се користити сликовна, просторна или симболичка очигледност. При примени очигледних средстава ученике треба усмерити на битне, најзначајније елементе, стране, моменте на основу којих се могу исказати фундаменталне идеје. Објекте и појаве који су тема наставне јединице, при томе, треба приказати не само статично већ када је то могуће и у кретању, развоју и примени.

Треба имати у виду да очигледност није циљ већ средство наставе које може да има универзално значење. Примена очигледних средстава условљена је циљем наставног часа и улогом коју имају његови садржаји у наставном процесу, нивоом наставе, предзнањем ученика, условима рада итд.

Глорификација принципа очигледности задржава мишљење ученика на перцептивном нивоу и тиме успорава развој појмовног и апстрактног мишљења, не ретко и учење напамет и не даје допринос целовитом сагледавању и утврђивању логичких односа и веза међу објектима и

¹³⁵ Ово одговара дивергентном начину размишљања које се сматра веома битним у тзв. активном учењу/настави.

појавама које се проучавају. Стога принцип очигледности треба да буде уравнотежен са применом осталих дидактичких принципа како би процес наставе имао свестранији карактер.

У данашње време све убрзаније расте обим и садржај научних знања, што претпоставља примену разноврсних метода и средстава која су базирана на очигледност у настави природних наука. Пре свега мисли се на разне електронске уређаје и техничке система који знатно проширују и продубљују наше чулно-опажајно поље. У том контексту је и сврсисходна примена ИКТ (информационо комуникационих технологија) у настави, у данашње време потребна и битна.

Укратко, може се рећи да се под *принципом очигледности и апстрактности* у настави физике, подразумевају следећи захтеви:

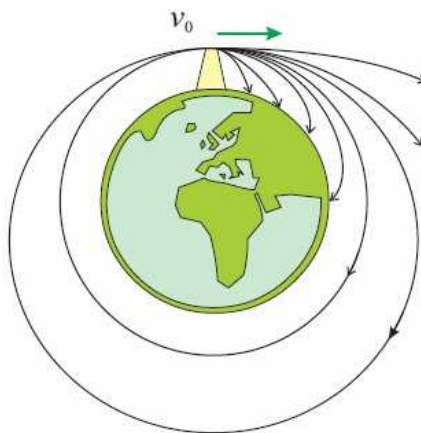
1. све што се у настави обрађује и даје као информација, тврдња или неки закључак у вези са појавама и објектима који се изучавају, треба да буде ученицима показано или доказано да би било евидентно и уверљиво;
2. наставни процес потребно је организовати и водити тако да се омогући развијање ученичког мишљења и ученици оспособе за успешно извођење закључака на основу конкретних чињеница, и обратно, да се чињенице објашњавају полазећи од апстракција.

У настави физике овај принцип се, сем уз коришћење очигледних наставних средстава и демонстрационих и лабораторијских вежби, примера из свакодневног живота и сл, остварује и извођењем математичких доказа и коришћењем мисаоних експеримената.

Обично се појам мисаоних експеримената везује за име Алберта Ајнштајна, али је један од најпознатијих мисаоних експеримената у физици дело Њутна а тиче се кретања пројектила који се избацује неком почетном брзином у пољу Земљине теже. Овај мисаони експеримент, познат под називом Њутново ђуле, био је искоришћен да поткрепи хипотезу да је сила гравитације универзална и да је кључна код планетарних кретања. Нашео се у књизи „Расправа о систему света“ објављеној 1728. године.

У овом мисаоном експерименту топ се налази на високој планини. Уколико не би било гравитационе силе и силе отпора ваздуха, ђулад коју испалује топ би се кретала по правој линији (Први Њутнов закон) у смеру у коме су испалена. Услед деловања гравитационе силе ова путања ће се закривити према Земљи а њена величина и облик ће зависити од почетне брзине ђулета (Други Њутнов закон). Прорачун показује да уколико ова брзина буде довољно мала (од 0 до око 7000 m/s), ђуле пада назад на Земљу. Уколико пак почетна брзина ђулета буде једнака тзв. орбиталној брзини за дату висину (око 7300 m/s) ђуле ће постати вештачки сателит Земље и кретаће се по кружној путањи. Уколико је почетна брзина већа од орбиталне али није довољно велика да ђуле потпуно напусти Земљу, оно ће постати вештачки сателит, али ће се кретати по елиптичној орбити (брзине између

7300 и 10000 m/s). За брзине веће од 10000 m/s ђуле напушта Земљино гравитационо поље.



Слика 8.5 Један од првих мисаоних експеримената у науци – Њутново ђуле.

Принцип апстрактности у настави има основу у схватањима Коменског који каже: „Посматрање се ограничава на висину небеског свода, разуму се не могу поставити границе ни на небу ни ма где иза граница неба. Он се издиже изнад неба и спушта у бездан, невероватно брзо продирући у њих.“

8.2.6 Принцип повезаности теорије и праксе

У савременој настави физике посебно место и значај припада овом дидактичком принципу који се углавном може свести на питања односа и значаја експеримента и теорије у настави физике. Физика се у својим закључцима истовремено ослања и на посматрања и на експеримент. Посматрање¹³⁶ у ужем смислу састоји се у испитавању појава, које се дешавају независно од воље истраживача у природним околностима.

¹³⁶ *Посматрање/опажање*, као саставни део експеримента, има кључну улогу у поучавању ученика природним наукама. Термин опажање обично се односи на визуелну перцепцију, али и у ширем значењу може укључивати и друга чула, на пример чуло слуха и додир. Термини *видети* и *опажати нешто* према томе нису идентични. Ту се разлика не завршава јер процес опажања подразумева ангажованост и усмеравање пажње посматрача на одређени аспект посматрања објекта или феномена. Предмет опажања у природним наукама може бити *догађај*, *процес* или *ентитет* (нпр. нека честица).

Експеримент се пак заснива на извођењу појава у условима које је створио и може да контролише истраживач.

Процеси који се дешавају у природи толико су међу собом повезани и показују толико различите утицаје једни на друге да без вештачког рашчлањивања и без изоловања једне појаве од друге не би било могуће утврдити тачну везу између њих. У вези са тим се често наводе речи руског физиолога Павлова: „Посматрањем се сакупља оно што нам пружа природа, док се експериментом сакупља у природи оно што посматрач жели“.

Теорија и пракса одувек су били повезани, међусобно испреплетани и условљени. Некада су теоријски проблеми и питања захтевали експерименталну, практичну проверу, а други пут су пракса и експерименти захтевали теоријско објашњење. На пример, прво су се појавиле топлотне машине и коришћене су у практичне сврхе (парна машина, топлотни мотори), а тек касније су дата адекватна теоријска тумачења за топлотне појаве и процесе на којима се заснива њихов рад. Астрономи су прво претпоставили постојање неких небеских тела и предвидели њихове путање кретања, што је касније и потврђено. Наиме, уочена путања Урана не слаже се са путањом коју предвиђа Њутнова теорија гравитације. Из тога је следио закључак да сигурно постоји неко небеско тело иза Урана које утиче на његову путању. Жана Жозеф Урбен Леверије и Џон Адамс прорачунали су 1845. године где би то тело требало да се налази, а годину дана касније телескопом је потврђено постојање Нептуна. На основу упутстава Леверијеа и Адамса немачки астроном Гале посматрањем „из првог покушаја“ открио Нептун. Некада последњу планету Сунчевог система – Плутон, предвидео је 1915. године Ловел а открио Томбо 1930. године.¹³⁷ Ово је такође и једна од метода за откривање екстрасоларних планета, односно планета ван Сунчевог система.

Дугачак је списак теоријских претпоставки које су након мање или више времена потврђене и скоро да нема области физике у којој се то није десило. На сличан начин, Јукава је предвидео и постојање мезона, што је касније експериментално верификовано. Постојање Хигсове честице је најсвежија теоријска претпоставка чије је предвиђање потврђено у експерименту.

Ученицима су потребна теоријска знања за шире и потпуније разумевање појава, процеса и њихових законитости. Али, то је само једна страна њиховог учења. Друга се односи на примену теоријских знања, на њихову конкретизацију у пракси, у свакодневном животу (лабораторијски и практичан рад, разни задаци експерименталног и практичног карактера ...).

Експеримент, односно пракса, је основа, извор и пресудан критеријум научне истинитости усвојеног знања, и реализација је и

¹³⁷ Плутон је, од открића до 24. августа 2006. године, сматран за девету планету у Сунчевом систему. Одлуком Међународне Астрономске Уније, статус му је, међутим, промењен тако да припада новој класи објеката – патуљастим планетама.

конкретизација теоријског знања. Теоријска интерпретација сваке наставне дисциплине тесно је повезана са практичним проблемима. Али ни у једном наставном предмету нису теорија и пракса (експеримент) тако непосредно повезани и међусобно условљени као што је то случај у настави физике.

Већ на почетном нивоу наставе физике постоји могућност да се ученицима укаже на повезаност теоријског знања и огледа као и на практичну примену знања стеченог у настави физике. Експеримент у настави физике може да претходи теоријској обради и проучавању неке наставне теме. Управо то се и препоручује у основној школи с обзиром на фазу когнитивног развоја у којој се налази већина ученика (на прелазу од конкретног ка формалном мислиоцу, по Пијажеу). Експеримент може да иде и упоредно са теоријским тумачењем, а може да се уради на крају његове интерпретације као илустрација или потврда теоријске претпоставке.

Сваки школски експеримент, чији је саставни део посматрање, праћен је сложеним умним радом ученика. Када ученик у својим расуђивањима и закључцима полази од појединачног и делимичног ка општем, тј. када он на основу праксе, посматрања и експеримента из појединачних и делимичних поставки изводи опште закључке, он се служи индукцијом, тј. индуктивном методом мишљења и научног истраживања.

Уколико ученик, полазећи од неких општих поставки, анализом добија посебне случајеве, тј. када у својим расуђивањима иде од општег ка посебном, односно када изводи последице из општих ставова, он се користи дедукцијом, тј. дедуктивном методом мишљења и научног истраживања.¹³⁸

Учење се не завршава стицањем знања и умења, то је само основа за његову даљу разраду, конкретизацију и реализацију. Ученици треба да отворено приступају процесу сазнања, постављају питања и траже решења која одступају од стандардних, самостално утврђују повезаност и условљеност објеката, појава, сазнају њихову суштину. Усвојена знања треба да буду у функцији различитих проблема и животних потреба. Такав рад са ученицима доприноси развијању њихових мотивација за даље усвајање знања и учења уопште. Укратко, ученици треба да науче како да уче односно да овладају метакогницијом. Знања која се примењују, конкретизују и међусобно повезују нису нешто апстрактно, неразумљиво, одвојено од праксе, живота. Такво учење не карактерише само меморисање, већ је оно усмерено на трагање, откривање и истраживање. На тај начин, принцип повезаности теорије и праксе у наставном процесу предодређује пут развоја способности, стваралачког мишљења, као и адекватан однос ученика према сазнању

Експеримент у науци представља само део истраживања. Крајњи циљ истраживања у науци је уопштавање појединих ставова и тврдњи,

¹³⁸ Треба нагласити да су индукција и дедукција узајамно повезане и да чине целину која се у суштини може третирати као јединствен метод истраживања природе.

односно изграђивање *физичких теорија*. Пут до физичких закона и теорија иде преко *хипотеза* које представљају битан елемент у развоју сваке науке.

Научном теоријом обухвата се најчешће велики број чињеница и појава које се њоме систематизују и објашњавају а наше знање се проширује и рационализује. Штавише, њоме се могу предвидети нове чињенице и појаве и нови закони. Ваљаност теорије такође се потврђује експериментом, односно праксом. На тај начин, научни експеримент води до теорије, а теорија увек даје нове импулсе експерименталним истраживањима. У теоријска предвиђања која су тек касније потврђена експериментима, поред већ наведених, спадају и: постојање електромагнетних таласа који се крећу брзином светлости, Ајнштајнова релација између масе и енергије ...

Скоро све што је речено у односу на физику као науку може да се, уз мала прилагођавања, пренесе на физику као наставни предмет. Теоријска излагања на часовима, која су обавезна у конвенционалној настави, треба стално да се ослањају на демонстрациони експеримент који је на целисходан начин повезан са учениковим самосталним лабораторијским вежбама. У настави физике треба полазити од оне праксе са којом се ученици сусрећу сваки дан. Квалитет и темељитост знања у великој мери зависи од тога колико је обезбеђена експериментална прорада наставног материјала. Све важније поставке и обрасци имаће реално значење за ученике само уколико су поткрепљени одговарајућим посматрањима, експериментима, мерењима и рачунањем.

Експеримент не сме да буде одвојен од наставног процеса физике него мора да буде са њим органски повезан и треба да служи као основни извор подстицаја на размишљање. Експерименти које изводи наставник у сарадњи са ученицима и лабораторијске вежбе које ученици изводе сами треба потпуно усагласити током обраде наставног градива. При томе не треба дозволити да се настава физике претрпа експериментима који би били сами себи сврха. Експеримент је само средство да се изгради и провери теорија помоћу које тек треба да се схвате и разумеју појаве и процеси који спадају у домен физике.

8.2.7 Принцип индивидуализације наставног рада

Иако одељења чине ученици сличног узраста они се често много разликују када је реч о њиховим интелектуалним могућностима, брзини учења, мотивацији, интересовањима, способностима опажања, начину учења. Не постоје два ученика која исто градиво усвајају на идентичан начин, једнаком брзином и ефикасношћу. Стога је исти приступ свим ученицима, оријентишући се на хипотетичког просечног ученика (што је карактеристика класичне школе) одавно превазиђен. У таквом приступу оштећени су како ученици скромнијих могућности (укључујући нарочито

оне са посебним образовним потребама), тако и талентовани ученици. Талентованим ученицима се тако не пружа шанса да испоље своје способности, услед чега се задржавају у напредовању, губе интересовање и пасивизирају се. Утапајући се у просечност они могу да стагнирају зато што се од њих не захтевају интелектуални напори за које су способни и спремни. Супротно томе, ученици мањих способности, не успевају да прате наставу и на тај начин још више заостају. Из тих различитости произилазе захтеви за индивидуализацију и диференцијацију наставе.¹³⁹ То значи да се настава прилагођава индивидуалном способностима ученика или групе ученика, како би могли да напредују у складу са својим могућностима. То знатно убрзава њихов развој, мотивацију и интересовање за усвајање нових наставних сазнања.

Принцип индивидуализације захтева од наставника да сваког ученика посматра као посебну личност, са посебним способностима и интересовањима и да се стара о раду и развоју сваког појединца. Уколико наставник познаје способности и склоности сваког ученика, моћи ће максимално да их искористи као покретаче за успешан рад. Такође, биће у стању да одабере адекватне облике рада, при чему ће свако од ученика доћи до изражаја, зависно од личних способности.

Наставник треба да посвети пажњу сваком ученику, не сме строго да дели ученике на добре и лоше,¹⁴⁰ нити да их на било какав други начин одваја. Ово се нарочито односи на одвајање на основу оцена. Нумеричка оцена, нарочито у класичној настави, не мора да буде реално мерило знања, жеља и способности. Са друге стране, сваки ученик је „добар“ у некој области, али то се не може увек мерити на нивоу разреда, већ у складу и са његовим могућностима. Управо због тога треба радити индивидуално са сваким учеником, подстицати његове потенцијале и мотивисати га да од себе да свој максимум, јер ће он само тада бити срећан и задовољан собом. Развијање потенцијалних способности ученика је највиши циљ који треба постићи индивидуализацијом.

Индивидуализовани рад обезбеђује да сваки ученик самостално учествује у решавању задатака, реализовању практичних, експерименталних вежби као и у другим облицима учења. Индивидуализована и диференцирана настава може да се оствари и поред редовне наставе (у оквиру допунске, додатне, слободних активности, итд.). То значи да индивидуализација наставе не искључује колективну, одељењску наставу,

¹³⁹ Треба разликовати *индивидуални* облик рада од *индивидуалне наставе* (из средњег века) и дидактичког принципа *индивидуализације* образовно-васпитног рада.

¹⁴⁰ Честа грешка која се чини у настави је поређење ученика са његовим старијим братом или сестром који је „бољи“ ђак. У таквим ситуацијама дете се обично повлачи у себе, добија комплекс ниже вредности што може имати негативне последице по његов даљи развој.

већ су то две комплементарне компоненте јединственог, али сложеног и слојевитог наставног процеса.

Индивидуализација наставе подразумева примену савремених облика организације рада, различите поступке и методе наставе. Ово у великој мери олакшавају савремена наставна средства, поготову она која припадају ИКТ-у. Битан аспект индивидуализације је проверавање и оцењивање ученика које не сме да буде усмерено на просечног ученика. Значајан корак који наставницима олакшава индивидуализацију проверавања јесу стандарди за крај обавезног образовања који су усвојени први пут у Србији 2009. године.

Индивидуализован и диференциран приступ настави има интересантан и дуг историјат. Тако је још Аристотел полазио од тога да се настава и васпитање заснивају на природи и интелектуалном потенцијалу појединца, а Марко Фабије Квинтилијан, да се ученици међусобно разликују. У периоду Ренесансе, низ мислилаца (Франсоа Рабле, Томас Мор, Еразмо Ротердамски, Мишел Монтењ и други) захтевао је да се цени и уважава личност детета, поштује индивидуалност и развијају способности сваког детета понаособ. Јан Амос Коменски такође је захтевао да настава треба да се одвија у складу са природом детета и да треба поштовати његове природне могућности.

Реформски облици наставе у другој половини 19. и првој половини 20. века такође су овај принцип истицали као веома важан. У Декроли систему примењивао се метод концентрације наставног програма око центара интересовања ученика. Далтон-план сваком ученику пружа једнаке могућности за напредовање, онако како одговара његовом индивидуалном ритму. Вињетка-техника (Карлтон Уошбрн) предвиђа да се у школи изучавају обавезни и факултативни предмети. У случају обавезних предмета ученици напредују својим темпом и према сопственим могућностима, а факултативне бирају према својим интересовањима. У сличном духу развијана је и пројект метода. Јена-план предлаже организовање школе по угледу на породицу при чему би се у њој развијали лични потенцијали сваког ученика који напредују према сопственим способностима. Рад у малим групама је језгро школског рада у Јена плану. Индивидуални рад путем листића, (Роберт Дотран) индивидуализацију спроводи путем постојања листића за: надокнађивање, развој, вежбање и за самостално учење.

Када се ради о разликама међу ученицима оне могу бити квантитативне и квалитативне и могу се сврстати у:

- узрасне
- полне
- физичко – здравствене и
- умне.

Умне разлике пак могу бити

- информативне
- формативне
- радно-темпоралне и
- емоционално-мотивационе.

Предности индивидуализоване и диференциране наставе су:

- Развија се иницијативност и самосталност у учењу;
- Ученик има активну позицију;
- Настава је високо ефикасна;
- У процесу стицања знања остварује се учење учења;
- Ученик се такмичи са собом;
- Настава има откривајући и истраживачки карактер итд.

Неки недостаци индивидуализације су:

- Редукована је интеракција међу децом;
- Смањена је могућност партиципације у искуству вршњака;
- Неповољно утиче на развој смисла за кооперативност.

8.2.8 Принцип економичности и рационализације наставе

С обзиром на то да је настава процес планског, организованог учења, са јасно дефинисаним циљевима¹⁴¹ и исходима,¹⁴² веома је важно да се у току њеног планирања и извођења води рачуна о *економисању наставним временом*. Другим речима, час треба организовати тако да се свих 45 минута максимално искористи и да ученици на најбољи могући начин усвоје оно што им је на том часу изложено. Између осталог, то значи да време не треба трошити на преписивање текстова, диктирање и друго, већ сав тај материјал треба припремити унапред.

Рационализација у настави физике односи се на скуп мера и поступака којима се за најкраће време и са најкраћим утрошком психофизичких снага постижу највећи и најбољи резултати.¹⁴³ Догађа се да наставници, у страху да неће стићи да пређу градиво прописано наставним програмом, стално обрађују нове садржаје. Тиме ученици остају пасивни и то има негативан ефекат по степен усвојености градива.

¹⁴¹ Циљ часа је конкретна изјава (саставни део припреме за час) о намери наставника шта жели да обухвати одређеним часом. Задаци би при томе представљали операционализацију односно конкретизацију циљева (претварање општег у специфично).

¹⁴² Исходи учења су изјаве о томе шта се од ученика очекује да зна, разуме и/или уме да покаже након завршетка процеса учења.

¹⁴³ Овај став подсећа на фундаментални физички принцип минималног дејства који се налази у основи свих процеса и појава у природи.

8.2.9 Принцип оптималног стимуланса

О ком год послу да је реч, он се лакше обавља уколико му се прида нота задовољства. Када се ради о настави физике чест је случај да је ученици доживљавају као тешку и незанимљиву. Један од задатака наставника физике је да овакве предрасуде разбије, а ученицима свој предмет представи као нешто што не би смело да буде „баук“ и да им се укаже на његову занимљиву страну. Код млађих ученика, то се може постићи кроз повремене интелектуалне (укрштенице, осмосмерке и слично) и практичне игре (конструисање једноставних мерних инструмената). На тај начин ученици неће одмах бити свесни да су кроз игру прихватили неке од битних ствари садржаних у датој наставној јединици. Награде и похвале за постигнут успех јако су битни фактори у мотивацији ученика. Уколико оне изостану код ученика који се труде, они ће изгубити интересовање и почеће да осећају одбојност према физици.

У настави физике могуће је развијати и такмичарски дух код ученика. Један од начина је организовање мини школских квизова из физике или наградних такмичења у решавању задатака или креирању малих огледа. Кроз овладавање физичким принципима ученици уче да посматрају свет око себе са више аспеката, помаже им се да увиде како је све релативно, развија се њихова машта и креативност. Такав приступ представља својеврсну спону између разумевања природе и филозофије. Једном речју, физика може да буде јако занимљива и интересантна деци, али то у великој мери зависи од тога како им је наставник представи. Стога наставник физике мора стално да уводи новине и трага за занимљивостима које ће стимулисати, инспирисати и заинтересовати ученике.

Физику прилагођену објективној стварности свако може да доживи на прави начин, да је заволи и да му постане један од интересантнијих предмета у школи. Остваривање *принципа оптималног стимуланса* управо води као том циљу.

8.2.10 Принцип диференцијације и интеграције

Принцип диференцијације и интеграције у називу има два термина који се налазе у односу аналогном односу анализе и синтезе. Међу нивоима знања ученика по Блумовој таксономији анализа и синтеза налазе се при врху (изнад њих је само евалуација). Диференцијација је повезана са анализом с обзиром на рашчлањивање одређених наставних феномена на уже делове ради бољег упознавања. Управо на тај начин је, у ширем смислу, садржај градива једног разреда подељен на наставне предмете. Унутар једног предмета, пак, градиво се дели на наставне целине, теме и јединице.

Наставне јединице затим се деле на микроелементе итд. Целокупни ток наставног процеса рашчлањује се на основне радне етапе (увод, обрада нових садржаја, вежбање, понављање, проверавање), а поједине етапе рашчлањују се у својој микроструктури у погледу материјално-техничких, сазнајних, психолошких и методичких елемената. Школски радни дан се диференцира на часове за редовну, допунску и додатну наставу. Одељење као социолошка формација ученика дели се повремено на мање групе ради групног рада, а та подела иде све до сваког појединог ученика. У наставним методама подела се врши по њиховим врстама, ужим облицима и варијантама, да би се свака метода применила на правом месту и у право време. У овладавању неким процесом, он се диференцира на уже делове да би се упознала структура процеса и карактеристике сваког његовог дела.

На основу тога може се рећи да се у настави увек спроводи процес диференцијације у много чему: садржају, облицима рада, активностима, поступцима, етапама рада итд. у циљу стварања услова за прецизнији и ефикаснији наставни рад.

Међутим, као што је процес анализе увек праћен процесом синтезе, тако је и процес диференцијације наставе праћен процесом њене интеграције. Интеграција је сједињавање, односно синтетизовање у наставном процесу. Анализа и са њом повезана диференцијација садржаја – усмерена је на упознавање елемената, а синтеза – и са њом повезана интеграција наставе – повезана је са радом и стварањем. То значи да процес диференцијације мора стално да прати процес интеграције. Да би се добила целина, није довољна само подела на делове које упознајемо сваки за себе, већ је потребно и њихово сједињавање.

Наставни садржај разреда (или циклуса образовања) јесте рашчлањен на предмете, али сазнања из појединих предмета треба синтетизовати да би се добио јединствен поглед на свет. Наставна целина рашчлањује се на наставне јединице, па чак и на уже садржајне елементе, али те поједине елементе треба поново интегрисати у целину посматраног феномена. Наставни процес рашчлањује се на посебне етапе, али се оне сједињују у целовит радни процес у одређеном временском интервалу. Одељење се дели на групе повремено, ради њиховог самосталног рада, али се резултати рада сваке од група саопштавају свима, након чега следи фаза синтетизовања знања у целом одељењу.

Може се рећи да се диференцијација и интеграција стално прожимају али тако да су у одређеној врсти равнотеже. Оне се такође односе на све аспекте наставе па је тако примена овог принципа неизоставна у целокупном наставном процесу.

Диференцијација при обради наставног садржаја спроводи се да би се њиме лакше овладало. Да би се, међутим, сагледала целина наставног градива, на нивоу наставних тема врши се систематизација а на нивоу предмета различити облици корелације. Тимски рад наставника типичан је пример јединства интеграције и диференцијације јер се у том случају ради о

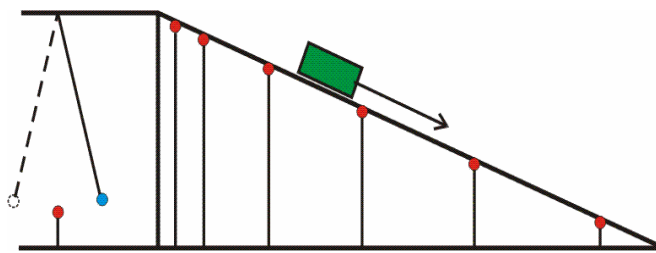
заједничком раду (интеграција) са унутрашњом поделом задужења (диференцијација).

Треба имати у виду да физика, ни као наука а ни као наставни предмет, није скуп изолованих чињеница и њихових линеарних уопштења. Садржаји физике су јединствен и кохерентан систем знања, закона, принципа и теорија. Физика, као наставни предмет, подељена је на предметна подручја, па су традиционално формиране привидно изоловане области ове науке (класична механика, термодинамика, електрицитет и магнетизам, квантна механика, теорија релативности, атомска и молекулска физика, физика језгра, физика елементарних честица). Међутим, све те целине, поред релативне аутономности и самосталности, међусобно су тесно повезане, на шта указује обиље конкретних примера у настави физике.

Завршавајући овај сажети преглед дидактичких принципа, без претензија на исцрпност теме, треба истаћи још неколико ствари. Дидактички принципи су нужни у настави сваког предмета, нарочито у разуђеној и слојевитој настави физике, али се помоћу њих не може неким алгоритмом конструисати универзални модел за реализацију наставе. Тај међупростор у наставном процесу попуњава сам наставник. Зато што наставни принципи имају општи карактер, они се узајмано прожимају, преплићу и допуњују. Другим речима, они нису изоловани међусобно нити независни. Свој пуни идентитет добијају управо у комбинованој примени у настави.

9. ЕКСПЕРИМЕНТ У НАСТАВИ ФИЗИКЕ

У науци, експеримент је важан метод истраживања и начин провере теорије. Пре него што је експеримент као метод истраживања уведен, природне појаве су упознаване и проучаване само у моменту када су се дешавале. Таква проучавања не могу бити потпуна и ретко када могу довести до ваљаних и универзалних закључака. У природним условима наине, на одвијање појаве утиче низ неконтролисаних фактора који то ометају. **Експеримент је, са друге стране, изазивање природних појава у вештачким условима који се могу контролисати.**¹⁴⁴



Слика 9.1 Скица једног од Галилејевих експеримената

Сматра се да је експеримент у науку увео Галилеј, пре око 300 година. Веома је илустративан његов пример мерења на стрмој равни која су му послужила да дође до основних кинематичких законитости кретања са константним убрзањем. Да би слободни пад тела „успорио“ и тако омогућио лакше мерење интервала времена и пређених путева, посматрао је кретање тела низ стрму раван. Наредни проблем који је имао је мерење времена, заправо одређивање једнаких интервала времена за које је посматрао пређене путеве. Одредио их је тако што је тело које је клизило низ стрму раван ударајући у затегнуте жице производило звуке ударајући у затегнуте жице. Затегнуте жице је распоредио тако да се интервал у којима су се дешавали удари поклапао са периодом клатна (слика 9.1) које је било саставни део мерне апаратуре. Велик значај Галилеја и његовог

¹⁴⁴ Напоменимо да оваква дефиниција експеримента није потпуно општа јер је ограничена само на природне појаве, односно природне науке. Вреди напоменути да је експеримент с временом постао призната метода и за истраживања у друштвено-хуманистичким наукама. Од велике важности за развој образовања су *педагошки експерименти* и *акциона истраживања* о којима ће касније бити више речи.

експерименталног рада овековечен је и на уметничком делу из 1841. године G. Bezzuoli-ја (слика 9.2).



Слика 9.2 Галилејев експериментални рад као инспирација уметника

9.1 Школски експерименти

Школски експеримент, поготову у настави физике, такође је веома важан и има вишеструку улогу. Он служи као извор знања, метода учења, полазиште за упостављање логичких и математичких операција, за повезивање теорије и праксе и као средство за остваривање очигледности у настави.

Постоји више врста школских експеримената и они се, у зависности од критеријума, класификују на више начина.

Према *карактеру* школски експерименти из физике деле се на:

- илустративне,
- фундаменталне и
- истраживачке.

Илустративни експерименти имају најмању педагошку вредност. То су експерименти којима се постиже очигледност, уверљивост и доказују појаве или закони, поткрепљује теорија, демонстрира процес, показује руковање апаратима, упознаје метода или изучавани објекат (еластичне

деформације чврстих тела при узајамном деловању тела у непосредном додиру, Хуков закон ...)

Фундаментални експерименти су они који су науци омогућили:

- формирање научних теорија и настајање нових грана науке и технике и
- проверу оних теоријских хипотеза које су имале принципијелан значај за науку.

Сви фундаментални експерименти могу се поделити у четири групе:

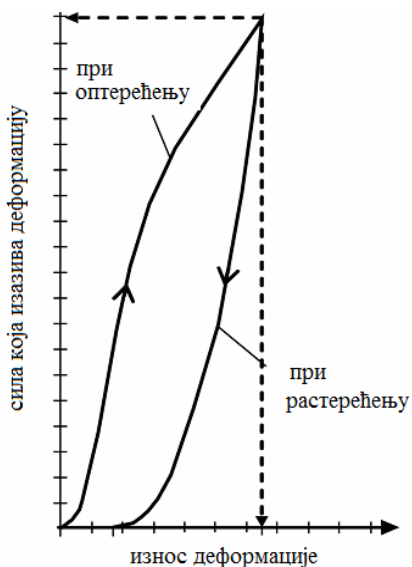
1. експерименти који су довели до открића најважнијих закона у физици (осциловање математичког клатна – Галилеј, закони електродинамике – Кулон, Ом, Ленц, Цул, Ампер, Фарадеј, закон фотоефекта – Ајнштајн...)
2. експерименти у којима су откривене нове физичке појаве које теорија пре тога није познавала (електрична струја – Галвани, магнетна својства електричне струје – Ерстед, рендгенско зрачење – Рендген...)
3. експерименти који леже у основи физичких теорија или су потврда неких њених последица (електронска теорија супстанције – Томсон, молекуларно кинетичка теорија грађе супстанције – Браун, Перен ..)
4. експерименти помоћу којих је први пут одређена вредност дате природне константе (гравитациона константа – Кевендиш, брзина светлости у вакууму – Ремер, Физо, елементарно наелектрисање – Миликен).

Истраживачки школски експеримент је такав експеримент у коме је доминантан неки неубичајен проблем чије решење није познато ученицима. Такви експерименти дају се ученицима који не само да показују интересовање за експеримент из физике, него поседују и довољно знања и умења да могу вршити експеримент. Из оваквог образложења јасно је да се експерименти оваквог карактера могу изводити на додатној настави или у оквиру одговарајуће секције.

Пример оваквог експеримента био би провера еластичних особина гуме, односно гумене траке. У овом експерименту ученик треба да у табелу записује издужења гумене траке при њеном постепеном оптерећивању теговима познате тежине која би у сваком мерењу била све већа. То се може извести рецимо помоћу 5 тегова (са кукицама) једнаке тежине које треба додавати један по један. Након тога би требало измерити издужења гуме приликом њеног постепеног ослобађања терета (супротним редоследом од онога како је оптерећивана теговима) и унети их у табелу.

Провером добијених резултата, ученик може установити да се издужења за исту тежину разликују приликом оптерећења и растерећења траке. Цртањем графика зависности тежине и издужења, тј. спајањем

експерименталних тачака (које сада неће лежати на једној правој линији) добија се затворена крива линија која подсећа на хистерезис (слика 9.3). Њена површина, као што је познато, представља енергију изгубљену приликом целог процеса оптерећивања, и потом растерећивања гуме теговима.



Слика 9.3 Хистерезис у механици

Уколико се као критеријум за класификацију школских експеримената узме њихов *дидактички циљ* онда постоје:

- демонстрациони експерименти,
- лабораторијске вежбе,
- лабораторијски експериментални задаци,
- домаћи експериментални задаци и
- израда учила и апарата.

9.2 Демонстрациони експерименти

Дидактички принцип очигледности у настави физике се остварује између осталог демонстрационим експериментом. Демонстрацију експериментом у физици не треба сматрати допуном усменом излагању градива већ као његов нераздвојни, органски део. Уз помоћ демонстрационих експеримената код ученика се формирају основне представе о појавама, физичким величинама, процесима и законима као и о конструкцији и раду неких апарата и техничких уређаја.

Демонстрациони експеримент при томе не треба претежно да изводи наставник, иако се то у реалности често дешава. У таквој, поједностављеној варијанти демонстрационог експеримента његово извођење једновремено посматрају сви ученици разреда. Укључивање ученика у реализацију демонстрационих експеримената, међутим, даје посебан квалитет тако орагнизованој настави.

Ефектно и добро припремљено демонстрирање физичке појаве изазива активирање мисаоних процеса код ученика и тако омогућује лакше формирање адекватних научних појмова и убеђења. Демонстрирање експеримента углавном се комбинује са излагањем и закључивањем наставника. За правилно формирање ставова и ефикасно усвајање градива много је боље да то буде кооперативно закључивање ученика под контролом наставника који треба да упозори ако неки од закључака није добро заснован. На овај начин ученици се навикавају на самосталност у раду и ослобађају се страха од непознатог.

Традиционалан приступ демонстрационом експерименту каже да се демонстрациони оглед примењује у оним случајевима када наставник жели да активно усмерава ток мисли ученика при објашњавању неке појаве или закона физике. Демонстрирајући појаву наставник руководи чулима и перцепцијама ученика и на основу њих формира појмове и убеђења. Модернији приступ настави указује да је такав приступ пожељан на сваком часу што значи да демонстрациони експерименти треба да буду редован и незаобилазан „састојак“ наставе физике. Демонстрациони оглед се углавном примењује при излагању новог градива методом усменог излагања или дијалогском методом. Циљеви демонстрационог огледа могу да буду различити:

- Посматрање физичке појаве коју треба проучити на датом часу.
- „Откривање” неког закона физике или илустрација закона до кога се дошло теоријским путем или на други начин.
- Упознавање ученика са практичном применом неке појаве или закона.
- Упознавање ученика са методама извођења огледа.

Један од основних задатака демонстрирања огледа је показивање физичке појаве с квалитативне стране, али то не значи да треба сасвим изоловати квантитативно одређивање или мерење величине карактеристичне за појаву која се посматра и проучава. Напротив, кад год је могуће треба вршити квантитативну анализу појаве. Демонстрирање огледа на часовима наставе физике има педагошки значај само онда ако је очигледно и убедљиво изведено и кад код ученика изазива утисак на који је наставник рачунао.

Подсетимо се да су основни методолошки захтеви за демонстрирање огледа следећи:

- Сврсисходност огледа (правилан избор демонстрационог експеримента),
- Поузданост (темељито припремање наставника уз обавезно испробавање изабраног огледа пре реализације на часу),
- Његова добра видљивост (обезбеђење средстава и поступака који доприносе да се демонстрациони експеримент лако прати и уочавају сви његови битни елементи),
- Приступачност и очигледност (апаратуре и средства којима се експеримент изводи треба да су што је могуће једноставнији)
- Научна заснованост (поступци и интерпретација резултата морају бити у складу са достигнућима дидактике и физике као науке)
- Безбедност и заштита (при извођењу огледа морају бити предузете мере заштите ученика од повреде као и заштита средстава рада од оштећења).

Поред тога, оглед не треба да траје сувише дуго, мора да има васпитно и естетско дејство и мора да буде убедљив. Када се ради о ангажовању ученика потребно је све њих, независно од њихове оцене, укључивати у реализацију огледа.

Због свега наведеног, демонстрациони оглед има огроман значај у настави физике, представља основу за усвајање појмова и представља очигледну методу за стицање нових знања из физике. Погрешно је мишљење да демонстрациони огледи могу да се користе само приликом обраде новог градива. Демонстрациони огледи могу да се користе и на часовим утврђивања градива где њихова улога може да буде веома ефектна.

Извођењем огледа на часовима утврђивања и уопштавања може се постићи боље и ефикасније уопштавање знања. Одговарајућим избором и начином реализације огледа остварује се и продубљивање знања кроз успостављање веза са другим физичким величинама, појавама и законима. Такође, при таквом начину рада постиже се значајно већа мисаона и практична активност ученика. Ученици су већ упознати са самим наставним средствима и појавама које се демонстрирају, тако да могу да активно прате ток реализације огледа, учествују у реализацији и самостално анализирају добијене ефекте. Кроз разговор и дискусију о уоченим или очекиваним ефектима ученици се навикавају и вежбају да стечена знања примењују и уче како да то чине.

9.2.1 Методика извођења демонстрационог експеримента

Ефекти примене демонстрационих огледа у настави не могу се очекивати уколико се они не реализују уз уважавање одговарајућих *методичких захтева* и применом одређених *техника* приликом њиховог извођења. Под *методиком* се пре свега подразумева остваривање

дидактичких принципа систематичности и научности, а под *техником* принципа очигледности. Добра методика извођења демонстрационог експеримента треба да да прави одговор на основна питања:

- који оглед из мноштва истоврсних за дати час изабрати
- када у току часа извести одабрани оглед и
- како изводити демонстрациони оглед.

За једну исту појаву, исту законитост или својство, данас је могуће у уџбеничкој и другој литератури (и на интернету) наћи више врста демонстрационих огледа. Наставник не може и не треба да користи све варијанте до којих је дошао. Он треба да познаје све доступне огледе да би могао да међу њима изврши правилан одабир педагошки најадекватнијег.

На питање када у току часа треба извести оглед, на почетку, у току или на крају часа, не постоји универзалан одговор. Тренутак реализације зависи од градива које се обрађује и од постављеног дидактичког циља.

Такође не постоји ни универзалан одговор на питање како изводити оглед. Зависно од тога о ком огледу се ради, сваки наставник мора да потражи свој начин извођења који мора пре реализације добро да увежба. Постоје ипак и неке опште препоруке којих се треба држати при овоме:

- Ученике треба упознати са сврхом демонстрационог експеримента, односно његовим дидактичким циљем, указујући им и на проблем који кроз експеримент треба осветлити или решити;
- Идеја демонстрационог експеримента, средства која се у њему користе, њихов међусобни однос и функција – морају ученицима бити јасни како би они лакше разумели све оно што се у експерименту ради и на тај начин били боље припремљени за самостално или заједничко тумачење резултата експеримента;
- За сваки демонстрациони експеримент треба да постоји одговарајућа скица, слика или шема, нацртана на табли или пројектована са рачунара преко видео-пројектора, помоћу које се ученици боље упознају са коришћеном апаратуром и током самог експеримента;
- код самог извођења експеримента могућа су два приступа:
 - „тиха демонстрација” – оглед се изводи без икаквог објашњавања па се тражи од ученика објашњење онога што је виђено (овакав оглед може да буде увод у час проблемске наставе),
 - пре извођења експеримента од ученика се тражи да дају своје претпоставке о томе шта ће се десити ако се апаратуром изврши промена неких физичких величина у експерименту;
- После исказаних објашњења или хипотеза наставник даје правилне одговоре и изводи закључке, истичући оно што је битно;
- Само у ретким случајевима час физике може бити *без* демонстрационог огледа. Не сме се отићи ни у другу крајност па да

час буде оптерећен присуством демонстрационох огледа којих има много, сувише дуго трају, или су превише сложени за разумевање.

- Поред уобичајених квалитативних демонстрационих огледа треба изводити и квантитативне огледе, где израчунавања треба да буду таква да се могу брзо завршити.
- Питање повезивања елемената и формирање апаратуре за извођење експеримента зависи од процене наставника. За ученике је много корисније када се склапање или постављање апаратуре врши на самом часу.
- Сваки планирани демонстрациони експеримент мора се темељито припремити и испробати, како са становишта методике тако и у погледу технике извођења. Уколико оглед на часу ипак не успе у првом покушају, наставник треба да нађе узрок, објасни га ученицима и отклони. Не успе ли се са отклањањем узрока у року од највише пет минута, треба одложити демонстрацију за наредни час и до његовог почетка установити зашто оглед није успео.

У вези са методиком извођења демонстрационих експеримената треба обратити пажњу и на следеће напомене:

- Пребрзо извођење демонстрационог експеримента, компликоване операције и превише новина у експерименту могу онемогућити наставника да оствари постављени дидактички циљ и демонстрацију учинити неефикасном.
- За ученика је често врло значајно његово укључивање у реализацију експеримента и зато треба свим ученицима пружити прилику да помажу у извођењу демонстрација.
- Најбоље су оне демонстрације које садрже у себи елементе проблемских ситуација.
- Демонстрациони експеримент може да се употреби и за оцењивање способности ученика за правилно посматрање, уочавање битног, проверу руковања апаратима, читавање инструмената и утврђивања његове техничке културе.

9.2.2 Техника извођења демонстрационог експеримента

Под *техником демонстрационог експеримента* подразумева се све оно што доприноси његовој већој изражајности, ефектности и видљивости. Ту се дакле мисли на технику у смислу начина обављања потребних радњи код извођења огледа (процесуална компонента), технику у смислу квалитета и асортимана коришћених средстава, учила и инструмената у огледу (материјална компонента).

Техника демонстрационог експеримента према томе зависи од тога колико наставник познаје наставна средства, како их употребљава али и од тога чиме кабинет за физику располаже, каква је просторија, инсталације и

школски намештај у њој. Технику дакле одређују и субјективни фактор (наставник) и објективни фактори (просторија, опрема, време). Квалитет демонстрације често зависи од неких додатних услова (вредности наизглед споредних физичких величина у демонстрираним процесима) као што су, на пример, влажност, непроветреност лабораторије, лоше замрачење, бука и слично.

Функција и карактер школског демонстрационог експеримента из физике указују на то да техника експеримента треба да обезбеди добру видљивост, изражајност, ефектност и потребну емоционалност код извођења огледа. У складу са овим захтевима праве се демонстрациона средства која су обично увећаних димензија (у односу на, рецимо, стандардну лабораторијску мерну апаратуру) и прикладно су обојена тако да омогућавају лако уочавање онога што треба показати.



Слика 9.4 Демонстрациони волтметар.

У настави физике за постизање потребне технике демонстрационог експеримента неопходно је испоштовати следеће захтеве:

- **Правилно постављање елемената опреме** помоћу којих се формира апаратура и изводи оглед. Да би се могли видети сви делови који се у огледу користе, потребно је настојати да ти делови буду у вертикалној равни, један изнад другог а не један иза другог. То се постиже коришћењем одговарајућих постоља и статива.
- **Употреба одговарајућег заклона.** Објекти и делови на њима, као и испољавање неких својстава или процеса, лакше се

уочавају уколико се користи одговарајућа позадина. У ту сврху могу се користити закони чија је једна страна офарбана у бело а друга у црно. Уколико је оно што се посматра бело, гледа се према црној подлози и обрнуто.

- **Постављање обележивача – маркера.** За боље уочавање промена дужине, запремине, нивоа течности у току демонстрирања, употребљавају се маркери у виду налепница, гумених прстенова, боја, гвоздених опилјака, итд.
- **Употреба јачих извора светлости, рефлектора и огледала.** Бочним допунским осветљавањем као и помоћу одговарајућих рефлектора и равних огледала, постављених под потребним углом, могуће је знатно побољшати видљивост код извођења експеримената.
- **Примена тамне пројекције – метода сенке.** Детаље неких процеса могуће је боље сагледати пројектовањем сенке на заклон (нпр. сенка униформне ротације куглице по кружности на зиду врши хармонијско осцилаторно кретање).
- **Примена појачавача.** Код неких огледа ефекти су слаби и недовољно уверљиви па је потребно појачати их да би били видљиви.
- **Коришћење стробоскопског¹⁴⁵ ефекта.** Код појава које се врло брзо одвијају понекад је тешко извршити потребну анализу. На пример, стробоскопи омогућују рецимо да слободни пад тела са неке висине, који видимо као непрекидан и све бржи пролазак тела кроз низ суседних тачака, разложимо на низ положаја тела који су одвојени једнаким временским интервалом. То се данас може једноставно постићи прављењем мултифлеш фотографије овог процеса дигиталним фотоапаратом. На тај начин добија се низ фотографија тела које показују његову позицију у простору у једнаким временским интервалима. Уколико се пад тела спроводи испред заклона са метарском скалом, лако се уочавају пређени путеви што омогућује једноставнију анализу равномерно убрзаног кретања.

9.3 Лабораторијске вежбе

Рад ученика на решавању специфичних задатака из физике, који се састоји у формирању потребне апаратуре, изазивању физичких појава,

¹⁴⁵ Од грчких речи *strobos* – неуређено кретање и *scopos* – гледати.

мерењу физичких величина и обради резултата мерења, представља лабораторијску вежбу ученика у настави физике.

Дидактички циљеви организовања и извођења лабораторијских вежби у оквиру наставе физике су:

1. изучавање новог градива кроз *експериментални рад – метода лабораторијског рада*,
2. упознавање одговарајућих техничких средстава (апарата, инструмената) и њиховог принципа функционисања,
3. стицање умења употребе средстава експерименталног рада и мерења физичких величина,
4. упознавање и овладавање методама експерименталног рада и мерења физичких величина,
5. упознавање и овладавање методама експерименталног рада у физици (метода супституције, компензациона метода, калориметријске методе, оптичке методе ...),
6. продубљивање, утврђивање и проверавање стечених теоријских знања и способности ученика за обављање експерименталног рада у физици.

Лабораторијске вежбе омогућавају ученицима да физичке појаве, законе, процесе и објекте упознају кроз сопствено искуство. Демонстрације и лабораторијске вежбе имају велики значај јер су то непосредна и очигледна искуства ученика. Лабораторијске вежбе ипак имају већи значај од демонстрационих експеримената. Код демонстрација ученици углавном посматрају извођење, или их раде заједно са наставником, док приликом лабораторијске вежбе ученици раде сами и директно „комуницирају” са физичком појавом, законом, објектом, методом и инструментима. У таквим ситуацијама су, по природи ствари, активнији и самосталнији јер истовремено врше и мануелне и менталне операције.

Лабораторијске вежбе су у школску праксу ушле након извршеног педагошког експеримента. Испоставило се да ученици који су радили лабораторијске вежбе у односу на оне који нису, показују поседовање дубљих, трајнијих и квалитетнијих знања. На бази таквих резултата лабораторијске вежбе су постале обавезна форма рада у настави физике. У експерименталном раду ученику се пружа прилика да избегне рецептивни рад, да испољи иницијативу и домишљатост, да сарађује са друговима (вежбе се најчешће раде у пару), а то све заједно доводи до већих образовних и васпитних ефеката. Наставна пракса је показала да су многи закони и принципи природних наука ученицима јако апстрактни и недовољно јасни тако да их најчешће уче сасвим формално. Директна ученикова искуства са материјалом, средствима експерименталног рада и појавама које се изучавају, омогућују му боље разумевање принципа физике.

Са становишта тематике, лабораторијске вежбе могу да се поделе у више група:

1. вежбе изазивања, посматрања и објашњавања физичких појава и процеса,
2. вежбе мерења физичких величина и успостављања међусобне повезаности односно утврђивање законитости,
3. вежбе калибрације мерних инструмената (динамометар, амперметар, спектрометар),
4. вежбе одређивања физичких константи,
5. вежбе упознавања мерних метода или упознавања сложених уређаја.

У организационом смислу, лабораторијске вежбе у настави физике деле се на: *фронталне, групне и индивидуалне*.

Код **фронталног** облика рада лабораторијских вежби сви ученици из одељења раде исти задатак и на исти начин, истовремено, током часа. За такве вежбе потребно је имати 15-ак истоврсних комплета средстава да би по два ученика заједно извела предвиђено вежбање. Овај облик рада обично се примењује у основним школама, са циљем да се стекну почетна знања, умења и навике које се сматрају битним за извођење сложенијих вежбања. Садржај фронталних вежбања чине једноставнија мерења физичких величина (дебљине жице нонијусом, густине тела помоћу мензуре...) или образовање простих струјних кола, неопходних апаратура итд.

У погледу трајања, фронталне вежбе могу трајати знатно мање од једног школског часа. Таква је ситуација када су оне пратећа компонента часа изучавања новог градива и имају више карактер фронталне демонстрације.

Групне лабораторијске вежбе су по структури и захтевима знатно сложеније од фронталних. Ученици су издељени у онолико група колико је планирано вежби за рад. Оптимално је да групе буду двочлане а када то није могуће да се састоје од три ученика.¹⁴⁶ Групе се циклично смењују у раду на истој вежби у наредним часовима вежбања.

Индивидуалне вежбе се због њихове неекономичности не организују за све ученике, већ само за оне који показују посебна инересовања или способности за експериментални рад.

У погледу методике извођења лабораторијских вежби могућа су три основна приступа:

1. израда вежби уз усмене инструкције,
2. израда вежби са писаном инструкцијом и упутством и
3. израда вежби без икаквих инструкција.

Писана инструкција треба да садржи прецизну формулацију задатка вежбе, списак потребних средстава и материјала за формирање апаратуре и кратак теоријски приказ садржаја вежбе са неопходним формулама и

¹⁴⁶ На овај начин се на факултетима организује израда лабораторијских вежби.

константама. После извршених мерења у оквиру експерименталног вежбања потребно је да ученици у виду домаћег рада напишу **извештај**. Извештај представља обраду вежбе где ученици треба да прикажу резултате мерења, израчунавање грешака, израду одговарајућих графика али и своја запажања и закључке.

9.3.1 Оцењивање рада у лабораторији физике

Код вредновања рада на лабораторијским вежбама не треба водити рачуна само о томе са којом тачношћу је добијен резултат мерења. Погрешно је када се сматра да су резултати велике тачности последица изузетно успешног рада ученика. У школским условима нереално је добити за резултате табличне вредности мерених физичких величина. Ако се то и деси, онда је то вероватно последица компензовања више грешака и утицај случајних фактора.¹⁴⁷ Лабораторијска вежба је правилно оцењена онда када се поред резултата узима у обзир и однос ученика према задатку вежбе, његово залагање, пажљиво коришћење лабораторијске опреме, уредност у току рада и начин како је вежба обрађена у извештају са техничког становишта и са становишта датих закључака и коментара.

Када је реч о извештајима о раду у лабораторији њих је боље назвати **Дневник рада у лабораторији физике** и за то користити посебну свеску.

9.4 Лабораторијски експериментални задаци

Уколико се пред ученике постави захтев да у лабораторији датим прибором формирају одговарајуће апаратуре или изврше назначена мерења физичких величина, задат им је *лабораторијски експериментални задатак*.¹⁴⁸ У односу на лабораторијске вежбе, лабораторијски

¹⁴⁷ Не треба занемарити ни могућност намерног подешавања резултата како би се добила вредност која се очекује. Овакво „штимовање“ резултата мерења је ипак реалније очекивати у старијим разредима или на факултетима. Ученици у млађим разредима често немају јасну представу о приближним вредностима физичке величине коју треба добити у лабораторијској вежби, па не треба ни очекивати да ће покушати да користе фиктивне резултате мерења уместо резултата добијених реалним мерењем.

¹⁴⁸ У методици израде задатака у физици постоји термин „експериментални задатак“. Овај тип задатка не треба мешати са лабораторијским експерименталним задатком. Експериментални задатак се односи на задатак у оквиру кога је потребно извршити одређена мерења и добити бројчане податке неопходне за његово решавање. Лабораторијски експериментални задатак се, пак, односи на примену

експериментални задаци могу се схватити као једна компонента лабораторијске вежбе. На пример, неки од експерименталних задатака су формирање апаратуре, мерење неке физичке величине, одређивање грешке при мерењу дате физичке величине итд.

Методика израде лабораторијских експерименталних задатака има стандардне компоненте: анализа услова, упознавање карактеристика расположивих средстава за експеримент, формирање апаратуре, провера исправности поставки елемената сходно одговарајућој шеми, мерење физичке величине, индиректно одређивање тражених величина, процена грешке извршених мерења итд.

Пажљивијом анализом лабораторијских вежби предвиђених рецимо актуелним програмом физике за шести разред основне школе, уочава се да неке од њих заправо имају све карактеристике лабораторијског експерименталног задатка. Такве су на пример вежбе: *мерење димензија малих тела лењиром са милиметарском поделом, мерење запремине чврстих тела неправилног облика помоћу мензуре, мерење еластичне силе при истезању и сабијању опруге ...* На основу овога може се закључити да је подела на лабораторијске експерименталне задатке и лабораторијске вежбе сасвим условна и да зависи од нивоа когнитивног развоја ученика. Оно што је за ученика шестог разреда лабораторијска вежба, за ученика првог разреда гимназије ће бити само међукорак у извршавању задатка лабораторијске вежбе, односно представљаће лабораторијски експериментални задатак.

9.5 Домаћи експериментални задаци

Посебан вид домаћих задатака чине *домаћи експериментални задаци*. За њихово обављање се користе предмети и материјали које поседује свако домаћинство или их ученици могу самостално, без великих тешкоћа набавити.

Сврха израде домаћег експерименталног задатка је у следећем. Са једне стране, очекује се да ће ученици таквим радом боље упознати физичке појаве и примену физичких закона у средини у којој живе. Са друге стране, сматра се да ће рад у домаћим условима помоћи ученицима који су у школи (у присуству другова и наставника) несигурни, да се опусте и слободније размишљају и раде. Према томе, сем што доприносе развијању способности посматрања и анализирања физичких појава, домаћи експериментални задаци имају и велики психолошки значај. Они охрабрују и мотивишу ученике, посебно оне несигурне.

експерименталне методе за директно мерење физичке величине или на формирање потребне апаратуре.

Примери домаћих експерименталних задатака

1. Узети свој корак као условну мерну јединицу дужине. Користећи сат или штоперицу на мобилном телефону одредите средњу брзину свог кретања улицом на путу од куће до школе (или од аутобуске станице до школе). Резултат изразити у броју корака у секунди.
2. Одреди површину итисона потребног за прекривање пода твоје дневне собе.
3. Покушај да сам код куће конструишеш динамометар. На часовима физике изврши његову калибрацију. Измери тежину тела по избору и у свесци запиши резултат уз цртеж и опис мерених тела.
4. Уз помоћ сопственог динамометра измери силе трења које се јављају при проклизавању аутића којима су претходно закочени точови.
5. Измери силу трења котрљања када под наопачке окренут аутић подметнеш два ваљка. Шта показује динамометар? Продискутуј са наставником и осталим ученицима о овом питању.

Лабораторијске вежбе су у програму физике расподељене уз одговарајуће области/наставне теме. Када се говори о њиховој практичној реализацији постоји слобода око избора термина. Наставник планира њихово извођење у зависности од опремљености кабинета физике, просторних и техничких услова школе. Погодни термини (сем на крају дате теме) су крај полугодишта или наставне године. Да би израда лабораторијских вежби у потпуности постигла своју сврху, у школи морају да постоје основни материјално-технички услови који се, сем наставних средстава, односе и на кабинет за физику.

9.6 Израда учила и апарата

Корисну форму школског експеримента у настави физике представља израда учила и апарата. Такве задатке треба давати ученицима који желе и имају способности да направе предмет за чију израду су неопходна знања физике или који се може користити у настави физике.

Са мало труда и материјала могу се направити: динамометар, терезије, модел кристалне решетке, математичко клатно (такође и физичко, торзионо и електростатичко), електроскоп, перископ, картезијански гњурац итд. Више спретности и материјала захтева израда сложенијих апарата као што су: електромагнет, Обербеков точак, Галтонова даска, трансформатор, радио пријемник, модел микроскопа атомских сила ...

Рад на припреми за израду предмета, сама израда, евентуално баждарење и испробавање функционисања израђеног предмета имају

позитивне ефекте на процес васпитања и образовања ученика. У изради учила и апарата постиже се: конкретизација теоријских знања, политехничко образовање и васпитање, стицање мануелних умења, развијање способности за техничко стваралаштво, повезивање теорије и праксе. Све то заједно приближава ученика низу компетенција које треба да поседује након завршетка формалног образовања. Поготову је важан приказ онога што је ученик направио пред свим осталим ученицима. Тиме се утиче на развој „комуникационе компетенције на матерњем језику“ (сем оне везане за науку и технику која је очигледна).

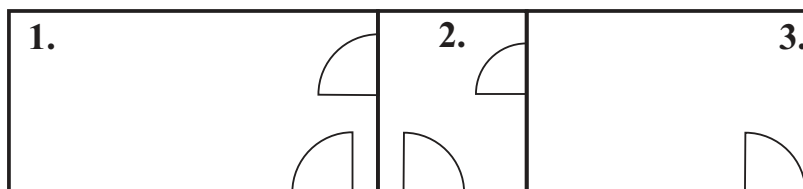
Учила и апарати могу да се израђују како у школским условима, тако и код куће, у специјализованим радионицама и другде. Значај израде учила и апарата није само у томе што је то специфичан начин реализације задатака наставе, већ и у томе што се тим наставним средствима обогаћује опрема кабинета физике.

За ученике који тешко савлађују теоријска знања а склони су практичном раду, израда предмета и могућност извођења експеримената у овом облику пружају прилику да се афирмишу и покажу своју вредност. Такви ученици се кроз ову форму школског рада охрабрују и подстичу на учење и теоријских знања.

9.7 Кабинет за физику

За оптимално извођење експеримената из прописаног програма неопходан предуслов је постојање кабинета за физику који се, у идеалном случају, састоји из три просторије: учионице – лабораторије, припремне собе и лабораторије. У већим школама, где постоји више паралелних одељења, корисно је да наставник, у сарадњи са колегом који прави распоред, направи такав распоред часова да одељења истог разреда имају наставу физике истог дана. То је потребно како би имао мање посла са припремом и постављањем опреме за експерименте.

На слици 9.5 приказана је скица једног од могућих распореда ових просторија у кабинету за физику.



Слика 9.5 Распоред просторија које чине кабинет за физику. 1. учионица – лабораторија, 2. припремна соба и 3. лабораторија

Учионица – лабораторија служи за:

- одржавање часова теоријске наставе (уз извођење демонстрационих огледа или без њих),
- извођење фронталних и групних лабораторијских вежби,
- обављање ваннаставних активности и
- смештај једног дела лабораторијске опреме.

Снабдевена је аудио-визуелним средствима и/или потребним бројем рачунара и има неопходне инсталације за струју, воду и грејање.¹⁴⁹

Осветљење. Ова просторија треба да буде добро осветљена дневном светлошћу. Прозори треба да имају могућност замрачења јер за то постоји потреба код извођења одређених огледа.

Извори електричне струје. Радни столови ученика треба да су фиксирани и до њих се доводи наизменични напон од максимално 40 V.¹⁵⁰ Најпогодније је прикључивање столова водовима који се налазе у поду. Неопходни једносмерни напони добијају се помоћу малих исправљачких јединица које се распоређују, по потреби, на сваки сто.

Вода. С обзиром на електричне инсталације у близини свих столова, имајући у виду потребе наставе физике, довољно је да учионица – лабораторија има само један лавабо између улазних врата и врата према соби за припрему.

Намештај. С обзиром на то да се ради о просторији вишеструке намене потребно је да има следеће сталне елементе:

- лабораторијске клупе/столове,
- школске столице,
- демонстрациони сто (добро је да буде издигнут 10–20 cm изнад пода),
- школску таблу,
- телевизор,
- графоскоп,
- видео-пројектор за рачунар,
- пројекционо платно,
- завесе за замрачивање,
- ормане за смештај лабораторијске опреме,
- приручну апотеку и противпожарни апарат.

Лабораторијске клупе су предвиђене за по два ученика. Треба да имају металну конструкцију, а да радна површина буде од материјала који има малу топлотну проводљивост и отпоран је на детерџенте и дезинфекциона средства.

¹⁴⁹ Инсталације за струју и воду треба разматрати у контексту њихове потребе за извођење наставе, нпр. инсталације за воду су потребне ради демонстрирања одређивања запремине тела неправилног облика.

¹⁵⁰ Оволики напон задовољава већину потреба у настави физике а обезбеђује услове сигурности ученика при раду са њим.

Демонстрациони сто мора да буде већих димензија од стандардних ученичких столова и треба да располаже смештајним простором за помоћни прибор, ситни алат и друге потрепштине неопходне при извођењу демонстрационих огледа. Треба такође да буде опремљен електричним инсталацијама стандардног напона.

Ормани за смештај наставних средстава треба да располажу довољним простором за смештај и чување лабораторијске опреме за групне и фронталне вежбе ученика. Најбоље их је поређати један поред другог уз одговарајуће зидове просторије.

Разводна електрична табла је основни извор напајања електричном струјом свих потрошача у просторији. Треба да садржи одговарајуће трансформаторе, прекидаче, осигураче и сигналне лампице у складу са важећим прописима.

Приручна апотека и противпожарни апарат морају да постоје у просторији и да се налазе на видљивом и лако приступачном месту.

Соба за припрему. Ова соба треба да се налази близу учионице – лабораторије и лабораторије, у идеалном случају између њих. Намена ове просторије је вишеструка. Она служи за смештај демонстрационих средстава, чување дидактичких материјала и приручне литературе за наставника и ученике, за обављање ситних поправки, за припрему демонстрационих огледа и за индивидуални експериментални рад обдарених ученика. Инсталације ове просторије подлежу истим захтевима као и за учионицу – лабораторију.

Лабораторија је намењена искључиво за одржавање групних и индивидуалних лабораторијских вежби ученика као и за складиштења опреме. Инсталације у лабораторији треба да су изведене на исти начин као у учионици – лабораторији. Величина просторије и намештај треба да буду такви да обезбеде истовремено извођење лабораторијских вежби за 16–18 ученика.

Према неким истраживањима приближно две трећине школа у Србији нема просторе који одговарају потребама кабинета за физику.¹⁵¹ Неопходно је стога да се приликом изградње нових школских зграда обавезно узму у обзир и потребе наставе физике. Уколико постоје могућности, приликом изградње школе или одабирања просторија за кабинет за физику, треба настојати да исте буду што заштићеније од градске буке и потреса од саобраћаја. Просторије не треба да буду сувише изложене сунцу, а нарочито да не буду влажне како не би дошло до оштећења лабораторијске опреме, инструмената и намештаја.

Уколико у школи не постоји кабинет за физику, отежана је ситуација са реализацијом огледа на начин који је за ученике најпогоднији и

¹⁵¹ Слична је ситуација и са кабинетом за хемију који такође мора да задовољава бројне техничке претпоставке.

најефикаснији. У таквим околностима наставник мора да се ограничи на онај експериментални прибор који може да преноси из учионице у учионицу (а пре тога из магацина где су ускладиштена наставна средства) и са којима може брзо да припреми експерименте. Иако можда не изгледа тако, то су за наставу физике прилично велика ограничења. Ипак, чак и у таквим околностима не би смели да се изоставе они кључни експерименти који су повезани са главним помацама у развоју физике.

Уколико у школи пак нема опреме за огледе, ситуација за наставника (можда је ипак боље рећи *за ученике*) је још тежа. У таквим случајевима неопходно је тражити набавку минималне количине неопходних наставних средстава, а у међувремену настава се мора одржавати припремањем једноставних приручних демонстрационих експеримената. Као што је раније наглашено, још је адекватније савременим приступима настави ангажовати саме ученике на припреми таквих огледа. Чак и у тако тешкој ситуацији могуће је организовати интерактивну конструктивистичку наставу. Битан корак у њеној реализацији је стварање проблемских ситуација након којих следи интерактивна дискусија, а то се у многим случајевима може постићи и једноставним приручним експериментима.

За разлику од неких других предмета (нпр. хемије), физику никако не треба изводити у блок-часовима. У настави физике обично се ради о низу кратких експеримената (уз пратећу дискусију и анализу) тако да их је могуће прекинути у било ком моменту и наставити следећи пут. Негативне стране извођења наставе физике у блоку су:

- Ученици, са садашњим фондом од 2 часа седмично, након блока недељу дана не би имали контакт са физиком, што је превише. У толико дугом временском интервалу, процес заборављања постаје битан, па је након тога потребно дуже време за припрему ученика за наставак наставе.
- Два часа у континуитету су за неке ученике, поготову млађег узраста, превелики напор.

9.8 Основни принципи експерименталног рада у физици

Увођење експеримента у физику као науку, чини спону између предњутновске и њутновске физике. Будући да наставни процес често понавља кораке који су се догодили у развоју науке, експеримент у њему треба да буде од помоћи ученицима да напусте аристотеловске претконцепције и да прихвате њутновске (и модерније од њих у областима у којима су оне превазиђене). *Посматрање/опажање*, као саставни део експеримента, у поучавању природних наука има кључну улогу. Термин опажање обично се односи на визуелну перцепцију, али и у ширем значењу може укључивати и друга чула, на пример чуло слуха и додира. Термини *видети* и *опажати нешто*, према томе нису идентични. Процес опажања

подразумева ангажованост и усмеравање пажње посматрача на одређени аспект посматрања објекта или феномена. Предмет опажања у природним наукама може бити *догађај*, *процес* или *ентитет* (нпр. нека честица).

Улога експеримента у природним наукама базира се на два опште прихваћена основна принципа: *принцип равноправности различитих посматрача* и *принцип репродуцибилности*. Када је реч о настави, потребно је ова два принципа додатно проанализирати. Први за наставу битан разлог за то је чињеница да та два основна принципа у наставном процесу не функционишу једнако добро као у научној пракси. Други разлог је што, строго узевши, та два принципа са филозофског становишта крију многе замке и задиру дубоко у саме корене логике природних наука.

9.8.1 Равноправност посматрача у физичким експериментима

Принцип еквивалентности посматрача у природним наукама примењује се углавном имплицитно, тј. прећутно. Постоје добро дефинисане и заокружене теорије које се налазе у самим основама физике, у којима се експлицитно доказује еквиваленција различитих инерцијалних система референце.¹⁵² У поступку доказивања обично се узима ситуација у којој два посматрача/опажача (од којих је сваки „везан“ за свој инерцијални систем референце) посматрају исти физички догађај, али из различитих референтних система. У таквој аргументацији нужна полазна претпоставка је да су опажачи у истом систему референце равноправни, али то се углавном не спомиње, вероватно зато јер се сматра да је то само по себи јасно. Међутим, под опажањем се не подразумева само чисто регистровање чулима, већ и директно учешће менталних структура посматрача. Будући да не постоје две особе са потпуно једнаким менталним структурама то, строго узевши, не постоје ни два потпуно еквивалентна посматрача. Згодно је размотрити неколико конкретних примера из физике као илустрацију истакнутог основног проблема и дати неке идеје за његово превазилажење.

На пример, приликом опажања апсорпционог спектра, тј. спектра који се добија када сложена светлост пролази кроз неки гас, физички недовољно образован посматрач може видети само непрекидно распоређене дугине боје (од љубичасте до црвене), осим што су на неким местима прекинуте танким вертикалним црним линијама. Физичар ће пак у том опажању видети важне физичке поруке, нпр. кроз које гасове је сложена светлост прошла. Сваки од тих гасова, наиме, апсорбовао је таласне дужине карактеристичне само за тај гас, због чега у спектру недостају управо оне боје које одговарају тим таласним дужинама.

¹⁵² Галилејев и Ајнштајнови принципи релативности који тврде управо тако нешто а налазе се у основи њутновске и ајнштајновске физике.

Други пример: опажањем закључујемо да је електрон прошао кроз маглену комору. При томе ми не видимо директно електрон, него бели траг који је настао његовим проласком. То значи да се опажају својства објекта који иначе није доступан директном посматрању, али су та својства повезана са последицом која се може визуелно посматрати. Опажања те врсте имају смисла само ако посматрач има одређено предзнање које му је потребно не само да разуме принципе интерпретације опажених података већ и да приликом посматрања селективно усмери пажњу на одређене релевантне аспекте посматраног процеса или догађаја. При готово свим експериментима у таласној оптици ситуација је аналогна. У осталим областима физике, али и генерално у природним наукама уопште, ситуација је слична. А као што се и експеримент проширио на друштвене науке тако је и овај принцип могуће екстраполирати и у њихове области (узимајући при томе у обзир њихове специфичности).

Што више веза између различитих појмова посматрач познаје (а садржане су у научним законима, принципима и теоријама), то је веће подручје у коме он може да изврши квалитетно опажање. Не постоје априорне границе до којих је могуће опажати. Једино ограничење које при томе имамо је у ствари недостатак знања.

Очекивања и предвиђања утичу на резултат опажања. То тврђење може се поткренити резултатима следећег психолошког испитивања. У експерименту је низ карата за игру био сукцесивно врло кратко осветљаван кратком експозицијом светлосног извора. Требало је да испитаници препознају карте. Сви су лако препознали уобичајене карте. Али међу њима било је и неуобичајених (које у карташким играма не постоје), нпр. четири црна срца. Испитаници су показивали тенденцију идентификовања таквих карата са уобичајеним, тако су црна срца погрешно препознавали као пикове. Већина испитаника је таква опажања исправила тек након неколико поновљених и знатно дужих експозиција, а неки чак ни тада то нису уочили. Закључак који се намеће је да *лична очекивања могу да утичу на то да се у опажању превиде неке специфичне ствари које нису у складу са нашим искуством.*

Из разматраних примера постаје јасно како принцип равноправности посматрача функционише у природно-научној пракси. Под еквивалентним посматрачима, у одређеној области физике, подразумевају се *експерти*, тј. оне особе које располажу довољним стручним знањем из дате области. Једино у таквом случају они могу у експерименту да уоче релевантне физичке поруке, да комуницирају са резултатима опажања на конструктиван начин и у томе могу постићи сагласност. У друштвеним наукама, пак, постоји још један аспект који проистиче из њихове различитости у односу на природне. Наиме, у оквиру њих, принцип еквивалентности посматрача нема у потпуности универзалну вредност. У некима од друштвених наука, „опажања“ (или интерпретација података) у великој мери зависи од културног и цивилизацијског миљеа, идеологије, националности, вере итд.

Из тог разлога је ту теже постићи сагласност на глобалном нивоу, па самим тим неки научни резултати не поседују универзалност и тежину резултата природних наука.

Какав је статус принципа равноправности посматрача у *настави природних наука*? Чине ли ученици у одељењу скуп равноправних посматрача? Да ли је ту ситуација аналогна оној у научној пракси или се донекле разликује?

У наставној пракси очигледно се примењује (опет имплицитно) груба апроксимација да су сви ученици једног одељења (штавише целог разреда у једном образовном систему) еквивалентни посматрачи. То се види из чињеничног стања да сви они у принципу слушају на једнак (или скоро једнак) начин програм датог предмета. Међутим, ученици у истом одељењу/разреду међусобно се доста разликују по достигнутом нивоу когнитивног развоја, по личним интуитивним идејама, по физичком предзнању, по стеченим способностима и по склоностима. Физика се на пример учи, као посебан предмет, од 6. разреда, тј. од 11. године живота. Управо тај период карактеристичан је по веома бурном когнитивном развоју ученика. Ученици су у том узрасту у прелазном раздобљу у развоју од конкретног ка формалном мислиоцу, но тај развој није једнако брз за све ученике. Из тога следи веома важан закључак за наставнике: *ученици истог одељења (и разреда) не чине скуп еквивалентних посматрача* и то треба стално имати на уму. И на основу те чињенице, у новије време често се говори о потребама индивидуализације наставе. Логика експеримента, као специфичног садржаја физике, и јесте на тој линији. У одељењу са тридесетак ученика међутим технички није могуће радити са сваком учеником посебно, поготову зато што нема довољно експерименталне опреме. То се ипак може успешно надоместити извођењем експеримената у групама или фронталним огледима са успостављеном интерактивном атмосфером у одељењу. Непрекидна размена идеја у отвореним расправама (које координира наставник) у одељењу доводи до постизања сагласности око онога што је у експерименту опажено.

Потребно је уочити да и природне науке функционишу управо на такав начин, тј. на бази постизања сагласности, односно консензуса у светској природно-научној заједници. То је још један аргумент више за увођење интерактивног конструктивистичког приступа у наставни процес. Овај пут аргумент је потекао из равноправности посматрача у физичким експериментима што представља један од основних принципа природних наука.

9.8.2 Репродуцибилност физичких експеримената

Експерименти у природним наукама изводе се у контролисаним и репродуцибилним (поновљивим) условима. Репродуцибилност значи да ако

се одређени (било који) оглед понови под једнаким контролисаним условима резултат огледа биће сваки пут једнак (у границама експерименталне грешке), независно од места и тренутка извођења. Историја природних наука, као и уопште њихово постојање, показује да овај принцип важи, што значи да се природа понаша кохерентно.¹⁵³ Иако и тај принцип има филозофска ограничења јер почетне услове није могуће контролисати тако добро да буду у два огледа савршено једнаки, у научној пракси то не представља проблем. Мале (скоро немерљиве) разлике у почетним условима дају увек резултате огледа који „падају“ унутар интервала већ установљене експерименталне грешке.

По ваљаности овог принципа природне науке се такође разликују од друштвених. У већини друштвених наука (на пример у историји) уопште није могуће правити репродуцибилне експерименте, а тек у неким дисциплинама је то донекле могуће али и тада са великим ограничењима.

У наставној пракси се јављају одређени проблеми у примени овог принципа. На први поглед би могло да се помисли да је основни разлог тај што школска експериментална опрема није довољно квалитетна и не омогућује довољно прецизна и стога репродуцибилна мерења. Искуство показује да то није главни разлог и да проблеми углавном настају чешће услед неразумевања улоге експеримента у настави. Наиме, ако се оглед употребљава за „верификацију“ резултата који су претходно аналитички изведени или једноставно уведени као готова информација, велика је вероватноћа да оглед не успе јер ће мерења ретко када дати резултат који је баш једнак предвиђеном. Међутим, ако се демонстрационим огледом показује нова физичка појава, ако се на основу огледа утврђују релевантне променљиве и параметри и евентуално наслућује функционална веза међу њима, оглед ретко када не успе.

¹⁵³ Историја физике садржи низ примера примене принципа репродуцибилности ради провере резултата неког експеримента који је најављиван као круцијалан у циљу потврде или оповргавања неке од важећих теорија. Тако је више пута било објављивано да је у лабораторији постигнута „хладна“ фузија која би, да се то стварно десило, вероватно за дуг временски период обезбедила човечанство јефтином и чистом енергијом. Ниједан од тих резултата није издржао нове експерименталне провере. У неким случајевима су објављени резултати настали услед погрешног тумачења услова и резултата експеримента а у неким су намерно објављивани да привуку пажњу јавности. Најновији пример погрешног тумачења резултата експеримента, тачније грешака у калибрацији инструмената је из 2013. године када је објављена вест да је измерена брзина неутрина већа од брзине светлости у вакууму. Подаци о овом експерименту могу се наћи на адреси http://en.wikipedia.org/wiki/Faster-than-light_neutrino_anomaly. Објављени су и први радови у којима су аутори управо замолили научну јавност да провери њихове резултате. Након провере је установљено да је грешка начињена при синхронизацији часовника који су мерили време поласка неутрина из CERN-а и њиховог доласка у Gran Sasso.

9.9 Актуелни статус школског експеримента у физици

Непосредно након Другог светског рата комисија стручног друштва (тада физичара и математичара) СФРЈ препоручила је да се у школску наставу физике укључи извођење експеримената и решавање бројчаних задатака. Тиме је на званичан начин започето увођење експеримената у наставу физике на овим просторима. Уколико се погледа ниво опремљености наших школа опремом за израду експерименталних вежби, може се уочити да је већина опреме купљена управо након те одлуке о увођењу експеримента у наставу.

Решавање нумеричких задатака врло брзо се уврежило у наставној пракси па се понекад у том погледу и претерује. Давање превише великог значаја (и времена) нумеричким задацима омета увођење савремених идеја у наставни процес физике. Са друге стране, процес увођења експеримента у наставу текао је много спорије. Сва истраживања показују да наставници који придају већи значај експерименту у настави физике изазивају тиме код својих ученика веће интересовање за физику. Генерално гледано, међутим, заступљеност експеримента у наставној пракси није задовољавајућа.

Према улози коју има експеримент у настави физике може да се уочи неколико приступа.

9.9.1 Предњутновски приступ

У оваквом приступу настави огледи се уопште не изводе. За такав став наставници проналазе различита оправдања: нема опреме, огледи ионако ретко успевају, успех наставника мери се искључиво успехом ученика у решавању потпуно теоријских и нумеричких проблема на завршном испиту и при упису на факултет итд. Сваки од ових аргумената ограниченог је домета. Мора бити јасно да физика није формална наука¹⁵⁴ да би се могла логички конструисати без употребе огледа. Физика је природна наука, проучава основне законитости *стварног света* и не може се конструисати само логиком и без употребе експеримента. Сваки пут када се у развоју физичких идеја логичним разматрањем дође до раскрснице, само експеримент може да покаже како се природа стварно понаша и којим путем мора да се иде даље. Исто важи и за развој идеја у настави физике. У настави физике експеримент има због методичких разлога још важнију улогу него у самој физици као науци. Наиме, огледом се стиче физичко искуство и очигледна представа о појави која се разматра, што је неопходан корак да би ученик о предоченом феномену уопште могао да размишља.

Вероватно нико не располаже тачним статистичким подацима али, судећи по повременим изјавама наставника и ученика, настава физике без

¹⁵⁴ Попут математике, иако се и наставници математике труде да своју науку у школи што више приближе проблемима из реалног живота.

експеримента није реткост већ поприма забрињавајуће размере. Такав приступ је сигурно најлошији могући избор. Уколико заиста нема лабораторијске опреме, она се мора стално тражити, уз ваљано образложење од управе школе и надлежних финансијских институција (управа за образовање локалне самоуправе). Док се не набави „права“ опрема неопходно је, уз помоћ приручних средстава, изводити огледе макар за кључне појаве у оквиру програма.

9.9.2 Емпиристички приступ

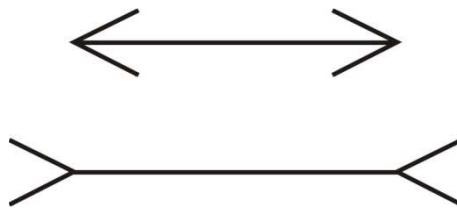
Емпиристички приступ експерименту и посматрању појава заснива се на следећим одредницама:

- Физичко знање изведено је из опажања појава.
- Експеримент је неутрална активност, независна од система вредности, мишљења и очекивања посматрача.
- Једини начин на који особине спољњег света улазе у нашу свест је путем чула. Свест је *tabula rasa* на коју чула уписују истинити и веран запис света.
- Физичко истраживање увек започиње опажањем.

Према данашњим сазнањима, међутим, емпиристички приступ даје увелико искривљену слику природних наука и истраживања у оквиру њих. Тако рецимо свест дефинитивно није празна табла по којој се пише. Чулне податке који улазе у нашу свест интерпретирамо на основу наших предзнања, веровања, очекивања и искустава. Два су битна утицаја од којих зависи придавање смисла визуелним подражајима:

- Наше већ постојеће искуство и, у складу са њим, наша очекивања,
- Наша способност дискриминације онога што видимо.

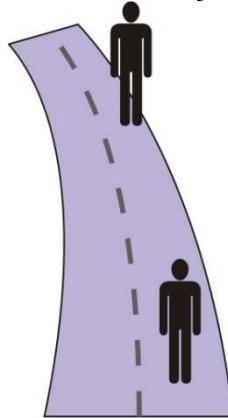
Добро је познато да постоји низ тзв. оптичких илузија. Оне се појављују онда када су улазни чулни подаци некомпатибилни са постојећим менталним конструктима. На слици 9.6 две различито ограничене дужи изгледају као да имају неједнаке дужине, иако су им у ствари дужине једнаке.



Слика 9.6 Дужи једнаких дужина са различитим крајевима изгледају као да су различите дужине.

На слици 9.7 фигура удаљенијег човека изгледа виша иако су обе једнаких висина.

У оба случаја наши већ постојећи ментални конструкти узрокују погрешну перцепцију. Оптичка слика која је пала на мрежњачу није се због тога променила (остала је објективна као у фотографском апарату), али је у свест ушла погрешна услед несвесне интерпретације сирових чулних података. Тако на слици 9.8 препознајемо младог Теслу (или можда Љубишу Самарцића) иако он није изгледао као на овој слици.



Слика 9.7 Даља слика изгледа већа од ближе иако су једнаке величине.

Слика је направљена намерно са малом резолуцијом тако да недостаје пуно детаља који би потврдили о коме се ради. Распоред пиксела даје само грубе обресе личности која је, међутим, у складу са нашом одређеном менталном конструкцијом. Услед тога ми интерпретирамо слику 9.8 и из ње конструишемо слику личности коју видимо на њој. Ту се сада већ ради о свесној интерпретацији нечега што је опажено.



Слика 9.8 Фотографија познате личности намерно мале резолуције.

У природним наукама је такав стадијум свесне интерпретације при опажању кључан. Резултат сваког опажања битно зависи од теорије. Ми заправо никада не посматрамо „чисту“ природну појаву, како то мисле емпиристи и индуктивисти, већ је посматрамо кроз „теоријске наочаре“. Увек некакав поглед на свет (теоријска перспектива) претходи експерименту и опажању.

У настави физике се извођење експеримената емпиристичким приступом, након чега следи индуктивистички развој садржаја и генерализација, често среће у пракси. Ипак, на такав начин се искривљује природа физике и њен историјски развој, а учи се на неприродан и мање занимљив начин. Индукција на основу експерименталних резултата увек је непотпуна индукција, њоме се ништа не може доказати, а генерализације имају смисао и оправдање тек ако се проблематика развија у склопу неке целовите идеје. У том смислу, уколико се наставник већ определио да ради огледе, онда треба да начини још мали додатни напор и да га од почетка уклопи у развој одређене идеје.

9.9.3 Позитивистички приступ

Позитивистички приступ у настави физике још увек је врло раширен у различитим варијантама. Физичко знање третира се као апсолутна истина а физички модели не разликују се од стварности. У складу са тиме експеримент у школи служи за верификацију резултата који су или добијени аналитички или су једноставно дати као готова истина. Јасно је да физичка знања не означавају апсолутну истину (самим тим што су, као што смо сведоци, подложна променама). Управо је основни принцип позитивизма, верификација теоријских резултата експериментом, био тег који је и покопао позитивизам. Неутрино, кварк и многи други ентитети савремене физике не могу се директно верификовати експериментом, већ имају смисла само у склопу сложених теорија. У том смислу улога експеримента није верификација теоријских резултата у баналном смислу, већ се теорија и експеримент узајамно допуњују у развоју идеја.

Додатне лоше стране позитивистичке наставе су у томе што се у њој изврће природни ток у стицању искуства у процесу учења. Према Пијажеу, природни редослед је да се најпре стиче физичко па тек након тога логичко-математичко искуство а не обрнуто. Дакле, експеримент у настави долази по правилу пре математичке обраде посматране појаве. У обрнутом редоследу је корист од експеримента за ученике неупоредиво мања.

9.9.4 Конструктивистички приступ

Битна улога експеримента је да ученику омогући и олакша процес сопствене конструкције знања. Огледи служе развоју физичких идеја и у развоју садржаја морају се налазити на ономе месту које им природно припада.

У конструктивистичком прилазу образовном процесу, битну улогу има интерактивна атмосфера у одељењу, координисана расправа и на крају усаглашавање око интерпретације резултата мерења. Такав наставни процес даје ученицима довољно времена за размишљање, конструисање сопствених идеја и решења, поправљање и кориговање идеја током расправе и на крају разумевање физички исправне интерпретације. Експеримент често има важну улогу у постављању проблемске ситуације, а готово увек и у њеном разрешавању. Пре извођења експеримента од ученика треба затражити да предвиде резултат. Искуство показује да није довољно само извести експеримент без интерактивног процеса у коме се проналази интерпретација његових резултата. То се може илустровати примером из наставне праксе.

Наставник је ученицима у групама дао задатак да направе следећи истраживачки оглед: за неколико металних куглица битно различитих маса треба да одреде време потребно да куглице падну на под са исте висине. Након неког времена ученици су обавестили наставника да су обавили мерења, али да оглед није успео. На питање зашто, добио је одговор: *Па све куглице падале су једнако време, а не би требало тако да буде*. Дакле сам оглед, иако је изведен коректно, није успео да елиминише ученичке претконцепције да тежа тела падају брже.¹⁵⁵ Тек у интерактивној расправи ученици ће одустати од те своје интуитивне идеје и заменити је физички исправном, да у ситуацији у којој отпор ваздуха не долази до изражаја, сва тела падају са једнаким убрзањем.

Пракса показује да конструктивистички приступ експериментима (и укупном току наставе) даје одличне резултате. У таквим случајевима физика није извор фрустрација за ученика – они је воле и са њом немају проблема.

9.9.5 Троделност процеса опажања

Историја физике показује да су подложне променама не само научне тврдње већ и наше схватање истраживачких процеса и обележја наука: шта је опажање, закон, доказ итд. И стандарди научне заједнице се такође мењају. Међутим, могуће је проучавањем тих промена скицирати процес који се зове *рационални повратни механизам промена* у науци.

¹⁵⁵ Ова ситуација је аналогна ситуацији у којој Галилеј није успевао огледима да разубери савременике да тежа тела падају брже.

Сам појам догађаја који се опажа такође се мењао са временом. Оно што је значило опажање за научнике у 1800. па и у 1900. години, врло је различито од онога што опажање значи данас. Опажање се, по неким ауторима, може сматрати трипартитним процесом, тј. процесом који се састоји од три дела (корака):

- „емитовање“ информације од стране извора,
- преношења информације,
- примање (рецепција) информације.

Та три дела су очигледна и за најобичнији билошки процес буквалног посматрања неког тела. Извор информације у таквом случају је предмет који је обасјан и рефлектује светлост. Рефлектована светлост се преноси кроз простор, долази у наше око и ствара слику на мрежњачи. Рецептор је мозак који обрађује примљену информацију.

Данас се сматра да се опажањем могу сматрати и активности прикупљања података у којима нема чулних активности, уколико се узме у обзир следеће:

- Нешто је директно опажљиво уколико се информација од извора информација (нешто што опажамо) преноси без интерференције према рецептору и ако је примљена одговарајућим рецептором.
- Опажање је увек састављено од већ наведена три корака. То је важно јер су за сваки од њих (извор, трансмисија и рецептор) научници конструисали теорије које се могу сматрати фазама опажања.

Добар пример за савремену представу о опажању је начин како се данас опажа варијација у ротацији Земље помоћу удаљених квазара и сателитских ласера. Квазари и сателити емитују електромагнетне таласе тј. они су извор информације. За даљи рад је важно наше знање о квазарима (теорија о извору). Они се третирају као фиксне тачке у односу на кретање Земље, па се за одређивање удаљености од Земље могу користити као маркери. Теорија трансмисије информације каже да електромагнетни таласи несметано пролазе од удаљеног извора до Земље. И на крају, теорија рецептора омогућује примање и обраду сигнала.

Напредак у физичким законима, у математичкој процедури, у рачунарској физици и у инструментацији створили су рационални повратни механизам који је променио смисао појма опажања.

У том смислу су научне теорије интегрални део нашег разумевања онога што се одређује као опажање. Уколико су образовни програми усмерени само на коначни облик науке, онда они изостављају артикулисање важних теорија о извору информација, о трансмисији информација и о рецептору информација, које доприносе развоју знања до његовог коначног облика. Увођење ових елемената у програме помаже ученицима да боље разумеју рационалне еволуције научних критеријума. Тиме стичу бољи увид у начин размишљања научника и методе које они користе.

9.10 Генерализација резултата школских експеримената

Резултати опажања у неком експерименту постају смислени када се могу класификовати и уредити. Тада се на основу њих могу уочити одређене правилности на основу којих се могу извести одређене генерелације. Такве законитости називају се природни закони.

Природни закони су у развоју науке настајали на различите начине. Понекад исцрпљујућим и мукотрпним уређивањем података бројних мерења (нпр. при добијању Кеплерових закона). У неким случајевима се пак уз одређену домишљатост до закона дошло врло једноставним експериментом, и на основу само неколико података мерења (Бојл-Мариотов закон).

У научној пракси закон обично означава дефинитивну везу између емпиријских карактеристика природне појаве, тј. између опсервабли, а не између неких теоријских концепата. Епистемолошки статус природних закона је једно од веома интересантних питања данашње филозофије наука. На пример, да ли су природни закони *откривени* или *конструисани*? Може ли се рећи да су неки закони више фундаментални од других? Јесу ли правилности које описују природни закони, настале случајно или су на неки начин есенцијалне? Та су питања тесно повезана са становиштима о статусу природно-научног знања као целине.

Природни закони описују *шта* се у одређеној природној појави догађа и *како* се она одвија. То је нижи ниво знања од оног који нуди модел или теорија који одговарају на питања *зашто* се нешто догађа. У школском програму физике закони су (уз експеримент и опажање) најзаступљенији сегмент из више разлога. Наиме, у бројним случајевима програм се задовољава описом феномена и изналажењем закона јер је теоријско тумачење пресложено за ученике.¹⁵⁶ На пример, Снелијус-Декартов закон преламања светлости је саставни део програма, али не и теоријско тумачење преламања. За објашњење је потребно применити Максвелове једначине, што би ученицима било недоступно. Из тог разлога је битно разјаснити неке битне дилеме увођења физичких закона у наставни процес.

Природни закон у настави (учионици) мора се *конструисати* (уз активно учешће ученика), а не увести *формалном дефиницијом*. Често се уз физички закон уводи и нови физички концепт који улази у тај закон. У том случају и концепт треба да се уведе на операциони начин – конструисањем, а не увођењем формалном дефиницијом. Оптималне проблемске ситуације које ученике воде до успешних конструкција садрже комбинацију употребе експеримента и опажања и коришћење ситуација и идеја из историје физике.

У литератури се често мешају појмови *откриће* и *проналазак* (креација, конструкција, изум). Када се у некој појави емпиријски уоче неке законитости, које до тада нису биле познате, то је *откриће*. Конструисање

¹⁵⁶ Или се заснива на математичком апарату који није примерен датом нивоу образовања.

пак модела и теорија значи *проналазак*. Како стоје ствари са природним законима? Када се на основу открића и добијене заонитости генерализацијом добије физички закон у математичком облику, је ли то откриће или изум? Данас преовладава становиште да су природни закони до којих се дошло уопштавањем резултата опажања и експеримената *открића*. Као пример за то може да послужи Бојл-Мариотов закон $pV=\text{const.}$ при константној температури, где је за једноставно опажајиве величине (p и V) на основу једног или неколико експеримената уопштена њихова функционална зависност. За ту генерализацију није била потребна велика доза креативности па би се то тешко могло назвати изумом. Дакле, Бојлов закон може да се сматра *открићем*. У овом случају *проналазак* би био молекуларно-кинетичка теорија идеалног гаса.

Кеплерови закони добијени су генерализацијом емпиријских резултата о кретању планета у математичком облику па спадају у *открића*. Они нису *проналазак* иако је Кеплер на њима радио целог свог живота и иако представљају прекретницу у прихватању Коперникове слике света и смернице су за развој теорије гравитације.

Има и физичких закона за чије је формулисање била потребна већа доза креативности, па и увођење нових концепата. Такав је на пример Фарадејев закон електромагнетне индукције (1831). У том случају *откриће* је било већ то да се наглим увлачењем магнета у завојницу (или извлачењем) индукује струја у завојници. То је заиста било епохално *откриће* за научну заједницу. Међутим, откриће у том облику само по себи није довољно. Као прво оно мора бити препознато као такво, и као друго, уопштењем емпиријских резултата треба добити закон у математичком облику. Историјска је чињеница да је Ампер већ 1821. године, одмах након Ерстедовог огледа, експериментално постигао електромагнетну индукцију, али то није препознао као нешто важно јер се није уклапало у његове теоријске идеје. Стога тај резултат није ни објавио. Тако је Фарадеј тај ефекат заправо по други пут открио. У том случају, генерализација добијене заонитости и формулисање закона у математичком облику захтевали су знатну дозу креативности, па и увођење нових концепата, магнетног поља и његовог флукса. Стога би се у Фарадејевом примеру закон електромагнетне индукције могао третирати не само као откриће (што сигурно јесте) него у одређеном смислу и као проналазак. У настави физике, међутим, ради се о познатим појмовима (већ уведеним пре формулисања Фарадејевог закона) *магнетног поља* и *флукса магнетног поља* па се тај закон третира као откриће а не проналазак. Да из емпиријских резултата није једноставно генерализовати закон електромагнетне индукције лако се је уверити у учионици. Када се у експерименту постигне појава индукције, можемо да замолимо ученике да покушају да конструишу математичко уобличење тог резултата. Показаће се да је то за њих јако тешко и да то могу да ураде само уз помоћ наставника.

9.11 Стицање знања истраживањем

Данас се у свету захтева да учење садржаја природних наука буде засновано на истраживачком приступу и да се при томе улога наставника у процесу наставе и учења помери из улоге предавача у улогу онога који води и усмерава ученике у процесу сазнавања. Важан део у учењу природних наука **јесте стицање знања и умења за примену једноставних истраживања у школским условима**. Извођење научног истраживања веома је сложена вештина која обухвата читав низ фаза и једноставнијих знања и умења. Да би могли да изведу једноставно истраживање, ученици би требало да буду способни да:

- користе научни језик (термине, физичке величине, јединице мере);
- уоче и/или формулишу питање или проблем;
- поставе хипотезу или предвиђање;
- планирају истраживање;
- препознају или осмисле адекватну процедуру за истраживање;
- препознају или осмисле одговарајуће инструменте (апарате) и материјале (узорке, супстанце) који су им потребни за конкретно истраживање. Ово укључује и евалуацију предвиђених процедура и инструмената;
- да га временски и просторно испланирају, да у извођењу прате неопходну логику корака, да умеју да рукују одговарајућим инструментима и апаратуром, да умеју да реше проблем и донесу одлуке;
- изведу истраживање;
- правилно сакупе податке;
- изврше њихову селекцију и организују их;
- добијене податке сумирају и анализирају, интерпретирају, генерализују, закључе и дају научно објашњење. Затим да подрже своје објашњење доказима. У оквиру ових активности ученици ангажују читав низ сложенијих мисаоних процеса, као што су поређење, класификација, генерализација, анализа грешке, аргументовање и слично. У оквиру ове фазе важна је флексибилност у мишљењу, односно спремност да се модификују почетне хипотезе у складу са накнадно сазнатим информацијама;
- да презентују добијене резултате и научне информације уопште, да у тој презентацији умеју да издвоје важно од мање важног и да умеју да излагање прилагоде циљној групи којој је та информација намењена.

Ученици се за овакав рад у лабораторији оспособљавају директним радом под благом контролом и уз упутства наставника. Овакав приступ раду у лабораторији мора да буде присутан од првих разреда у којима се изучава физике (па чак и раније, у млађим разредим кроз изборне предмете типа

„Рука у тесту“), кроз једноставније огледе, па све до завршних разреда и комплекснијих експеримената. У даљем тексту ће укратко бити приказана два таква експеримента који су осмишљени тако да мобилишу и интегришу ученичко знање из више области.¹⁵⁷

9.11.1 Мерење коефицијента површинског напона течности дифракцијом ласерског снопа на капиларним таласима

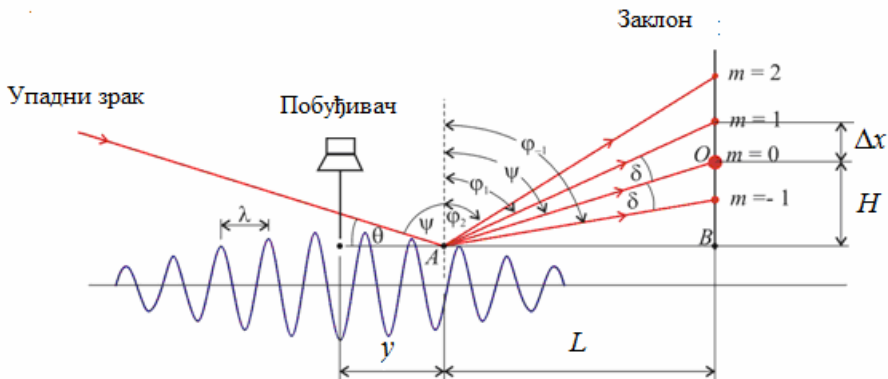
Док је код таласа у чврстом телу реституциона сила, сила еластичности, код механичког таласа у течностима то је сила Земљине теже или сила површинског напона. Општа релација која повезује фазну брзину таласа c на површини течности са њеним површинским напонам σ , таласном дужином таласа λ и убрзањем Земљине теже g је

$$c = \sqrt{\left(\frac{g\lambda}{2\pi} + \frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda}\right) \tanh \frac{2\pi h}{\lambda}} \quad (11.1)$$

(h – дубина воде). За мале таласне дужине, у води тако плиткој да је дубина приближно једнака талсној дужини, брзина простирања таласа је

$$c = \sqrt{2\pi\sigma / (\rho\lambda)}. \quad (11.2)$$

Пошто је у овом граничном случају утицај гравитационе силе занемарљив у односу на силу површинског напона, таласи се зову капиларни. Капиларни таласи, будући да представљају уређену структуру, за светлост се понашају као рефлексиона дифракциона решетка.



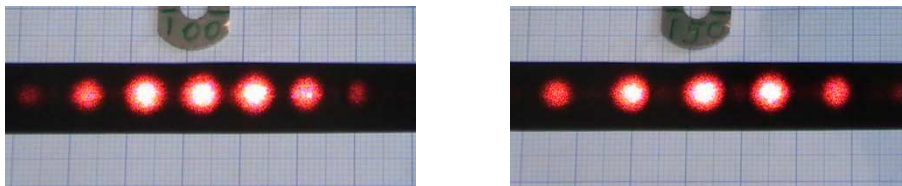
Слика 9.9 Дифракција светлости на капиларним таласима.

¹⁵⁷ Прецизни технички детаљи везани за реализацију ова два експеримента могу се наћи у радовима: D. Nikolic and Lj. Nestic, „Determination of surface tension coefficient of liquids by diffraction of light on capillary waves“, European Journal of Physics, 33, (2012) 1677-1685 и D. Nikolic and Lj. Nestic, „Verification of the uncertainty principle by using diffraction of light waves“, European Journal of Physics, 32, (2011) 467-477 и D. Nikolic.

Капиларни таласи у течности могу се генерисати танком металном иглицом која врхом додирује њену површину (слика 9.9). Неопходно је да побуђивач буде танка и заострена иглица да би се смањило повлачење воде при њеном ритмичком померању.

На основу релације (11.2) дисперзиона релација је $\omega^2 = k^3 \sigma / \rho$. Да би из ње могао да се одреди коефицијент површинског напона, погоднo ју је записати у облику

$$\sigma = \frac{\rho \cdot \omega^2}{k^3} = \frac{\rho v \lambda^3}{2\pi}. \quad (11.3)$$



Слика 9.10 Дифракционе слике добијене He-Ne ласером (632,8 nm) за фреквенцију капиларних таласа од 100 и 150 Hz.

9.11.2 Провера Хајзенбергове релације неодређености

Нека се ласер налази на таквом месту да је правац снопа фотона правац у осе (слика 9.11) тако да они падају у средину пукотине ширине D . Како је ширина монохроматског снопа фотона већа од ширине пукотине, сваки од њих се може представити таласном функцијом раванског таласа

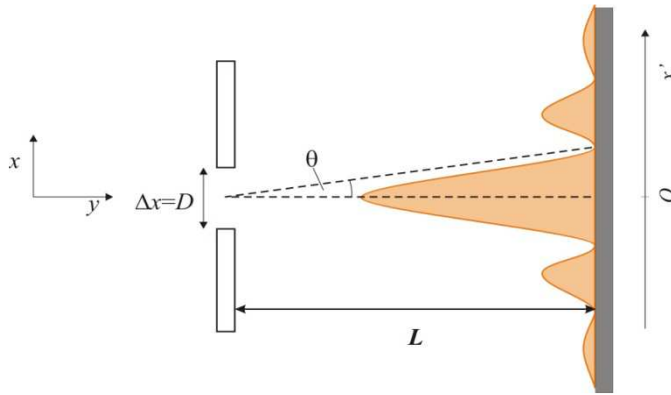
$$\Psi(x, y, z) = C e^{\frac{py}{h}} \quad (11.4)$$

где је C нормализациона константа, а p импулс фотона у правцу у осе.¹⁵⁸ У тренутку када снап фотона стигне до пукотине, таласна функција се мења услед „одсецања“ од стране ивица пукотине и може се описати изразом

$$\Psi(x) = \begin{cases} 1/\sqrt{D}, & \text{za } |x| \leq D/2 \\ 0, & \text{za } |x| > D/2 \end{cases}. \quad (11.5)$$

То значи да су фотони равномерно распоређени у правцу x осе унутар пукотине ширине D (Слика 9.12а).

¹⁵⁸ Услед усмерености ласерског снопа, преостале две компоненте импулса су једнаке нули.



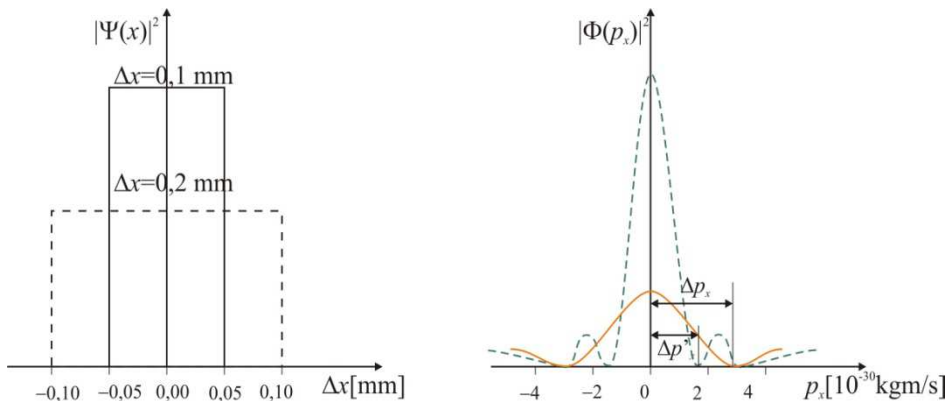
Слика 9.11 Експеримент дифракције на пукотини

Фуријеова трансформација таласне функције (11.5) је функција

$$\Phi(p_x) = \sqrt{\frac{D}{2\pi\hbar}} \frac{\sin(p_x D / (2\hbar))}{p_x D / (2\hbar)}, \quad (11.6)$$

дефинисана у простору импулса чији квадрат одређује расподелу импулса фотона у правцу ширине пукотине (Слика 9.12б).

Фотон који има у пукотини импулс p_x , креће се ка екрану у правцу одређеном углом $\theta(p_x) \approx p_x/p$, у односу на у осу. Имајући у виду слику 9.11, овај угао може да се представи преко x' координате на екрану као $\theta(p_x) \approx x'/L$, на основу чега се за везу импулса p_x и координате x' на екрану добија релација $x' = Lp_x/p$ (Фраунхоферова дифракција).



Слика 9.12 Квадрат модула таласне функције за фотон (а), и расподела импулса на пукотини (б) у правцу x -осе.

Ова веза показује да се расподела импулса фотона у прорезу линеарно пресликава у њихову просторну расподелу на екрану, а како важи једнакост елементарних вероватноћа

$$|\Psi(x')|^2 dx' = |\Phi(p_x)|^2 dp_x, \quad (11.7)$$

за расподелу на екрану се добија

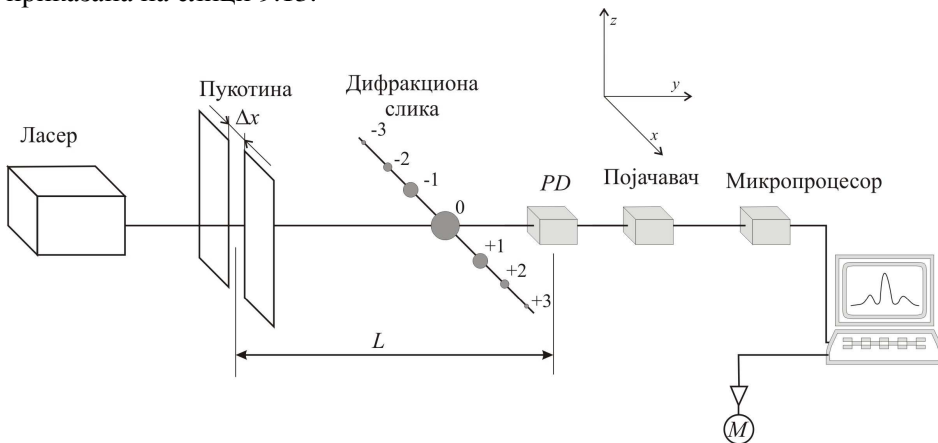
$$|\Psi(x')|^2 = \frac{pD}{hL} \left(\frac{\sin(\pi D p_y / (hL))}{\pi D p_y / (hL)} \right)^2. \quad (11.8)$$

Уколико се са N означи укупан број фотона који у јединици времена стижу на екран, а сваки њему предаје $E = pc$ енергије, у случају великог броја фотона, погодније је релацију (11.8) записати преко интензитета фотона који падају на екран, односно

$$I(x') = EN |\Psi(x')|^2. \quad (11.9)$$

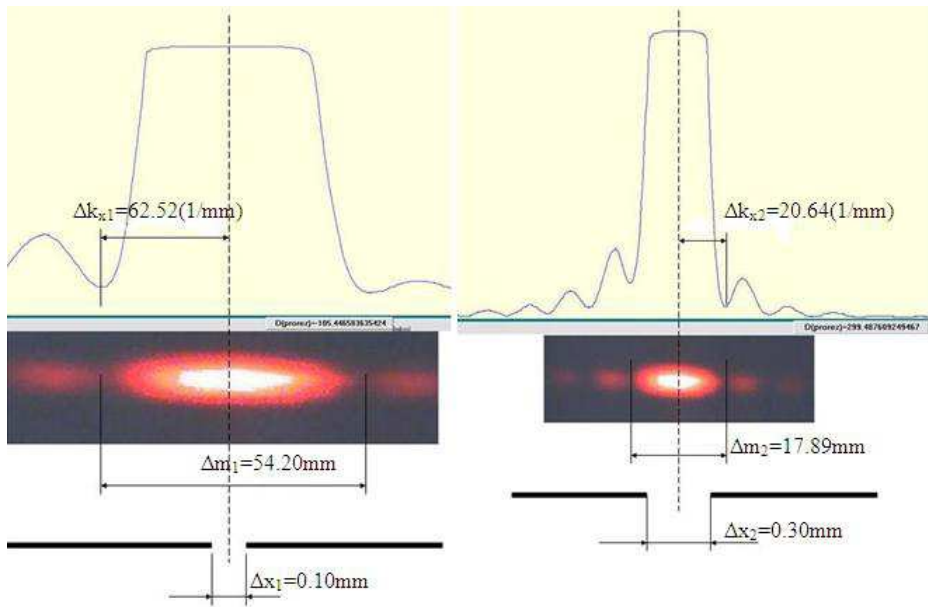
Потребан прибор чине: He - Ne ласер, пукотина променљиве ширине, уређај за померање фотодиоде, степ мотор, појачавач и лаптоп.

Шема уређаја за мерење положаја дифракционих, минимума (максимума) интензитета при Фраунхоферовој дифракцији на пукотини је приказана на слици 9.13.



Слика 9.13 Шема експерименталне поставке за приказ дифрактограма и мерење ширине централног максимума помоћу ласерског снопа (PD-фото детектор, M-степ-мотор)

Пукотина се формира у вертикалној равни помоћу два жилета постављена међусобно паралелно на носач. Жилети су добро позиционирани што омогућава fino подешавање ширине пукотине D , у опсегу (0,05 - 0,60) mm, са кораком 0,05 mm.



Слика 9.14 Експериментално добијене вредности за две ширине пукотина Δx .

За снимање дифракционе слике на пукотини и мерење ширине централног дифракционог максимума, фотодиода осетљива на црвену ласерску светлост може се користити као фотодетектор. Диода је постављена на посебно конструисан рам по коме може да се помера транслаторно у правцу x -осе. На предњој (чеоној) страни фотодиоде направљена је пукотина $0,2\text{ mm}$, реализована помоћу две паралелне црне траке. Степ мотор M се компјутерски води транслаторно,¹⁵⁹ сталном брзином, и носи фотодиоду дуж x -правца преко дифракционе слике. Аналогни сигнал са фотодиоде се помоћу A/D конвертора претвара у дигитални сигнал и USB каблом води у компјутер. Компјутер овде има двоструку функцију, прво, у њему се врши аквизиција и меморисање података у посебне фајлове, и друго, касније се обрађују фајлови и врши израчунавање и цртање графика. На основу резултата мерења, могуће је одговарајућим програмом генерисати одговарајуће слике као оне на слици 9.11.

¹⁵⁹ За вођење степ-мотора као и за касније мерење ширине дифракционог максимума, написан је програм у C^{++} .

10. ПРОВЕРАВАЊЕ И ОЦЕЊИВАЊЕ У НАСТАВИ ФИЗИКЕ

Утврђивање и евиденција нивоа стечених знања, степена развијених радних способности и квалитета усвојених васпитних вредности веома је битна и деликатна компонента наставног процеса. Наставник при томе *проверава, оцењује и вреднује* постигнућа ученика.

Проверавање је систематско прикупљање података о томе колико се и како ученици (и наставници) приближавају жељеним постигнућима и како остварују васпитно-образовне циљеве. Може да се спроводи у усменом облику, писмено, посматрањем психомоторних радњи и на друге начине.

Оцењивање је квалитативна анализа чији је циљ да одреди степен остварености одређених циљева. Оно представља разврставање одговора у квалитативне категорије, а затим одређивање њихове квантитативне вредности (оцене). То је процес проверавања и мерења постигнућа ученика и доношења педагошких одлука. Представља саставни део и наставе и учења, а не само кулминацију наставног процеса.

Вредновање је одређивање до ког су степена остварени васпитно-образовни циљеви уз уважавање услова у којима су ти резултати постигнути.

На свим нивоима школовања (основна школа, средња школа, факултет) је процедура оцењивања уређена и одговарајућим прописима,¹⁶⁰ због значаја овог аспекта наставног процеса. Иако су постојале и постоје тенденције да оцењивање и оцене, као стресне за ученика, треба укинути, наставни процес без оцењивања практично се не може замислити. Хипотетичко укидање оцењивања би такође у значајној мери онемогућило и остваривање неких задатака наставе. Може се ипак очекивати да ће доћи до модификовања и усавршавања метода и критеријума оцењивања ученика у школи.

Откад постоји настава, постоји и проверавање и оцењивање ученика. Прва провера/испитивање документована је 1205. године п.н.е. Забележено је да је у то време, у Кини, цар Сун сваке треће године вршио проверавање својих службеника. У Европи је термин „испитивање” ушао у употребу тек у 17. веку и односио се само на усмене испите. Први писмени испит је уведен 1702. године на Тринити Колеџу – Кембриџ.¹⁶¹

¹⁶⁰ Правилник о оцењивању ученика у основном образовању и васпитању, Службени гласник РС, 74/2011.

¹⁶¹ Крајем 19. века писмено испитивање све више потискује усмено па је тако и данас у већој мери заступљено у односу на усмено.

У оквиру педагогије и психологије развијена је читава нова област – *докимологија*, која се бави проблемом оцењивања.¹⁶² Појам докимологија је први пут употребљен 1922. године.¹⁶³ Докимологија се бави оцењивањем у ширем смислу, а за нас је овде значајна тзв. школска докимологија. У оквиру школске докимологије идентификују се и проучавају утицаји фактора који, посебно у субјективном начину испитивања и процењивања знања, кваре објективну вредност школских оцена. На основу тако добијених резултата, ради се на томе да се пронађу начини и поступци што објективнијег и поузданијег испитивања и мерења ученичких знања и других васпитно-образовних постигнућа.¹⁶⁴

10.1 Педагошке, психолошке и социјалне функције оцењивања у школи

Реч оцењивање у школској пракси означава скуп више различитих и међусобно повезаних активности наставника, који има улогу оцењивача, и ученика, који има улогу оцењиваног. У техничком смислу, под оцењивањем се подразумева:

- успостављање ситуације у којој ученик треба да покаже своја образовна постигнућа (давањем серије задатака, постављањем низа питања, задавањем посебно припремљеног теста),
- посматрање, регистровање и анализирање учениковог понашања и учинка оствареног у тој ситуацији,
- процењивање учениковог постигнућа на одређеној скали вредности (оцена) и
- саопштавање и образлагање оцене која ученику показује какав је учинак његовог рада у савладавању дела наставних садржаја који је био предмет оцењивања.

Оцењивање ученика се према томе може описати као *скуп педагошких поступака којим се ваљано, објективно, поуздано и прецизно утврђује у ком*

¹⁶² Реч докимологија је грчког порекла. Кованица је речи *dokime* што значи покушај, проверавање и *logos* што значи наука. У нашој литератури се обично наводи да проучава технике спровођења и организације испита као и питања објективности и адекватности оцена у школи. Незнатно другачија дефиниција би била да је реч о дисциплини (педагошке психологије) у оквиру које се систематски проучава тачност, систематичност, објективност и поузданост испита, оцењивања, различитих метода такмичења и сл.

¹⁶³ Први га је употребио француски психолог *Henri Piéron*.

¹⁶⁴ Више детаља о вредновању и оцењивању ученика у настави физике могу се наћи у магистарској тези Љиљана Костић-Стајковић, *Вредновање и оцењивање ученика у настави физике*, Природно-математички факултет, Ниш, 2004.

степену одређена активност ученика или исход те активности има својства која су постављена као циљеви васпитно-образовног рада. У школи се, у складу са тиме, оцењују: знања, умења и вештине; способности и залагање; радне навике и однос према обавезама; и понашање на настави и изван ње.

Оцењивање у школи има педагошке, психолошке и социјалне функције. Три основне *педагошке* функције оцењивања су:

- информативна,
- евалутивна и
- инструктивна.

Уколико су оне добро постављене, оцењивање добија још две функције, по свом садржају углавном *психолошке*, које су тесно повезане са квалитетом и дометом образовних и развојних постигнућа. То су:

- мотивациона и
- развојна функција.

Оцењивање има и одређене *социјалне* функције које могу бити формалне и неформалне. Формалне се односе на улогу оцењивања ученика у праћењу ефикасности школског система, конкретне школе, појединих наставних предмета и наставника, а неформалне на социјално-психолошке импликације успеха и неуспеха који оцене симболизују.

10.1.1 Информативна функција оцењивања

Саопштавајући оцену ученику, наставник му даје повратну информацију о оствареном учинку/постигнућу. Оцена/информација може да се односи на одређен ученички одговор или на све што је током школске године постигао из једног предмета. Оцене су такође показатељ и самом наставнику јер су слика и његове успешности. Према томе, оцењивање пружа и ученику и наставнику ваљане, поуздане и објективне информације о савладавању образовног програма и представљају ефикасну контролу над током и ефектима образовног процеса.

10.1.2 Евалутивна функција оцењивања

Евалутивна функција оцењивања темељи се на унапред постављеним стандардима или јасно дефинисаним критеријумима. У том смислу је у Правилнику о оцењивању у члану 20. дефинисана и обавеза наставника да о

овоме информише актере образовног процеса.¹⁶⁵ Оцене показују како остварени образовни резултати стоје у односу на задати стандард или утврђени критеријум. Ваљаност и прецизност оцене зависе од јасноће и квалитета стандарда и критеријума на којима се темеље. У оцењивању ученика обично се користе три врсте стандарда: аутономни, интерперсонални и објективни.

Аутономни стандард упоређује садашње постигнуће ученика са његовим претходним постигнућем. Критеријум успеха је остварени напредак, па је информативна вредност такве евалуације висока, а сама евалуација веома конструктивна и подстицајна за ученика.

Интерперсонални стандард огледа се у међусобном упоређивању постигнућа ученика у некој активности. Оцена представља његов „ранг“ у односу на друге ученике. У односу на овако одређен критеријум, информативна вредност такве евалуације је ограничена, а може бити и проблематична. Наиме, није исто бити први у слабијој конкуренцији или заузети било које место у некој напреднијој групи.¹⁶⁶ Сем тога, оваква евалуација може да помери пажњу ученика са циљева и садржаја учења на поређење са другима, што може да подстакне ривалитет у међусобним односима у групи и да изазове многе негативне последице.

На овом стандарду оцењивања је заснован статистички критеријум. Његова основа је статистичка (Гаусова) расподела ученика по способности-ма и радним навикама. Полазећи од тога да одељења нису формирана диригованим одабиром, већ случајним сврставањем, оправдано је сматрати да приближно две трећине укупног броја ученика у одељењу су просечних способности, а остатак одељења у подједнаком броју чине они који су изнад, односно испод, просечних способности.¹⁶⁷ Примена овог критеријума оцењивања омогућује само унутар једног одељења исте оцене за исто знање.

Објективни или **објективизовани стандард** упоређује постигнуће сваког ученика са унапред постављеним и очекиваним исходом који се изражава неком објективном мером (успех у виду броја решених задатака,

¹⁶⁵ „На почетку школске године ученици, родитељи, односно старатељи се обавештавају о критеријумима, начину, поступку, динамици, распореду оцењивања и доприносу појединачних оцена закључној оцени“.

¹⁶⁶ У таквим случајевима, права вредност ученика, односно квалитет њихових знања и умења се, обично испољава у њиховом даљем учењу, нпр. на студијама. Типичан пример су „просечни“ или чак слабији ученици *Математичке гимназије* или *Одељења за ученике са посебним способностима за физику* који на факултетима обично постижу много боље резултате од најбољих ученика стандардних гимназијских одељења.

¹⁶⁷ Једна од сугестија заснованих на оваквом приступу је да наставник на бази расподеле треба да формира свој критеријум оцењивања тако што ће у одељењу имати 7% одличних, 24% врло добрих, 38% добрих, 24% довољних и 7% слабих оцена. Током рада, напредовањем ученика ова расподела се мења тако да у одељењу, у идеалном случају, нема више ученика са slabим оценама.

брзином рада у виду времена за које треба урадити задатак и сл.) или објективизованом мером (успешним решавањем одређених типова задатака). Једини критеријум успеха је подударност оствареног учинка са унапред јасно и прецизно постављеним условом. Информативна вредност такве евалуације веома је висока, искуствено увек конструктивна и подстицајна за даље учење.

Из овако дефинисаног стандарда произилази тзв. априорни критеријум оцењивања, којим је унапред утврђено шта и колико ученик треба да зна за коју оцену. По овом критеријуму, не само у истом одељењу већ и у свим школама истог типа, у сваком месту и у свако доба, иза исте оцене треба да стоји и исто знање. Недостатак априорног критеријума, који подразумева постојање „јединице мере – норму” јесто то што су дефинисане норме идеализоване и претпостављају постојање једнаких услова рада у свим школама. Сасвим је сигурно да то у пракси није испуњено јер немају све школе једнако стручан кадар, опрему, једнаке просторне и друге услове.

Лако се уочава да су образовни и васпитни потенцијали наведених стандарда и критеријума који се користе при оцењивању ученика веома различити. Стога је њихово комбиновање и примена у пракси веома важан педагошки задатак наставника. Ваљаности оцена знатно доприноси наставничково познавање образовних стандарда као и Правилника којим су у члану 9. описно дефинисани критеријуми за додељивање бројчаних оцена. Ови критеријуми су такође изражени и преко нивоа стандарда датог предмета.

10.1.3 Инструктивна функција оцењивања

Оцене које је наставник доделио откривају шта је то што он тражи од ученика, какве одговоре цени, шта воли да види и чује када испитује. Пратећи како наставник оцењује, ученици пре или касније откривају у којем правцу треба да усмере своје напоре да би добили жељену оцену и у којем обиму треба да се ангажују да би на наставника оставили добар утисак. У том смислу оцењивање је моћно средство у рукама наставника за усмеравање пажње ученика на најважније садржаје као и на начине учења које он сматра ефикасним. Приликом оцењивања и образлагања оцене¹⁶⁸ наставник још једном, из новог угла, истиче која знања имају високу вредност за даље образовање, самообразовање и практичну примену. Образлажући оцене, он саопштава ученику шта је добро, а шта евентуално лоше у његовом начину учења. Наставник који тако поступа, већ приликом планирања програмских садржаја идентификује битне елементе и током излагања отворено саопштава ученицима шта сматра важним и од чега ће зависити да ли су постигли оптималан успех.

¹⁶⁸ Образлагање оцене је такође обавеза наставника према Правилнику (члан 4.).

Тек када је у функцији указивања на оно што је битно, оцењивање има изгледа да буде конструктиван образовни акт. Кроз оцењивање ученици практично увиђају шта јесте, а шта није постигнуће, и шта је потребно за одређени ниво успешности. Тиме се и сами ученици оспособљавају да процењују брзину и ниво свог напредовања. Необразлагање оцене у терминима садржаја и нивоа знања погодује мистификовању оцењивања, што умањује рационалност и етичност укупног педагошког рада. Неблаговремено саопштавање, изостављање образлагања оцене или чак њено прикривање поуздани су знаци непознавања или свесног нарушавања елементарних начела педагошког рада.

10.1.4 Мотивациона и развојна функција

Оцењивање је не само средство саопштавања ученицима како напредују и шта је битно у ономе што уче, већ и средство подстицања или мотивисања ученика за рад и учење. Распон вредновања, који се огледа у скали могућих оцена, представља неку врсту опција, изазова или подстицаја ученицима да изаберу свој лични ниво аспирација. Висока оцена је информација ученику да је његова претходна активност била успешна. Таква оцена добија значење похвале или награде. Она му директно саопштава да је успешан, а индиректно да је способна и вредна особа. Ниска оцена указује ученику да је исход његове претходне активности мањкав или недовољан. Иако је доживљава као покуду или казну, ниску оцену би, под одређеним околностима могао да схвати и као знак да је потребно више да се залаже, да боље користи своје способности и да промени начин рада и учења.

Оцењивањем наставник доводи ученика у ситуацију да повремено или трајно доживљава успех или неуспех, што покреће врло сложене процесе самооцењивања и самопреиспитивања. Начином оцењивања наставник усмерава те процесе, а ако није свестан њих или их занемарује он не може разумети ни последице које стални неуспех или стални успех има по однос ученика према предмету, школи и образовању.

Стални неуспех је веома критичан, колико за однос ученика према школи и образовању уопште, толико и за развој његове личности. Хронични неуспех доводи до промена у емоционалној сфери. Ученик који мора да се помири са slabим оценама не мора и не може да се помири и са значењем које тим оценама придаје наставник. Он се од негативних импликација slabих оцена брани равнодушношћу, порицањем њиховог значаја, окретањем неким активностима које су далеко од школе и оцењивања. Став према школи постаје негативан, дистанца у односу на наставника се повећава, настава губи сваки значај. При томе, треба имати у виду да су неуспешни ученици хетерогена скупина, било са становишта њихових способности, мотивације за учење, актуелног понашања или животних аспирација.

Стални успех такође није идеална околност за развој личности, чак указује на постојање неких неприродних околности. Услови који доводе до сталног успеха стога увек захтевају преиспитивање. У питању су или лаки, могућностима ученика непримерени програми, или ниски захтеви, неадекватни стандарди успешности, пристрасно и неиздиференцирано оцењивање и сл.

Учење је развојни процес који тај свој развојни аспект испољава у пуној мери само уколико се на захтеве који су у складу са развојним нивоом на којем се ученик налази надовезују и захтеви који су у складу са следећим развојним нивоом. Услед тога је природно да се ученик повремено суочава са захтевима на које не може сам и одмах ефикасно да одговори. Уколико су пак захтеви који се постављају пред ученика испод његових способности и актуелних знања, неће доћи до пуног ангажовања његових радних капацитета. Таква ситуација не делује подстицајно на развој, сазревање и обликовање тих способности. Слично спорту, подстицајно је да се сваки ученик, па и онај најуспешнији, сусреће са захтевима који подразумевају значајно повећање напора. Ти захтеви га суочавају са неуспехом, дају мотив за његову анализу и објективно сагледавање даљих корака ка успеху.

Све наведене функције оцењивања престављају разне аспекте једне опште развојне или **формативне функције оцењивања**. Уколико се оцењивање изврши тако да је у потпуности педагошки осмишљено, оно ће редовно имати конструктивну улогу у унапређењу ученичке зрелости. Свака оцена наиме, било да је показатељ успеха или неуспеха, подстиче ученика да одговори на питање: зашто је добио баш ту оцену. Оцена се увек опажа као последица једног или више узрока које ученик настоји да открије. Од начина оцењивања и тога како је оцена образложена, ученик ће узроке успеха и неуспеха тражити у себи (својим способностима и труду) или у спољашњим околностима (обиму и тежини задатка, ставу наставника, ситуацији у породици, неким случајним околностима и сл.).¹⁶⁹

10.1.5. Формалне социјалне функције

Сведочанство са списком наставних предмета и оценама из тих предмета у формалном смислу је исказ сведока (потписаних на том документу) да је ученик у време завршавања школовања у наведеној мери владао програмским садржајима. Сведочанством школа потврђује да је ученик постигао образовни ниво исказан оценама. Само сведочанство даје ученику одређена права, као што су упис у одређене школе следећег образовног

¹⁶⁹ При томе ће ученик, као и свака друга особа, гледати да успех припише својим личним особинама, а неуспех деловању неповољних околности, тј. спољашњим чиниоцима. Добро постављено оцењивање, међутим, омогућује ученику да временом објективније и зрелије процењује вредност оствареног учинка и чиниоце од којих учинак зависи.

нивоа или обављање одређених послова за које се законски регулише врста и степен образовања. Висина школских оцена може да обезбеди разне олакшице и повластице нпр. при упису на виши ниво школовања, на конкурс за стипендију и сл. Ваљаност оцена са којима ученик излази из једне школе временом школи даје одговарајућу репутацију.¹⁷⁰

10.2 Врсте оцењивања ученика

Праћење развоја, напредовања и остварености постигнућа ученика у току школске године обавља се формативним и сумативним оцењивањем.

Формативно оцењивање се своди на редовно проверавање постигнућа и праћење владања ученика у току савладавања школског програма, садржи повратну информацију и препоруке за његово даље напредовање и, по правилу, евидентира се у педагошкој документацији наставника.

Сумативно оцењивање јесте вредновање постигнућа ученика на крају програмске целине или за класификациони период из предмета. Оцене добијене сумативним оцењивањем су, по правилу, бројчане и уносе се у прописану евиденцију о образовно-васпитном раду (дневник).

10.3 Основни захтеви ваљаног оцењивања у настави физике

У пракси се могу уочити велике разлике у оцењивању између појединих наставника, група наставника који предају различите предмете и међу школама. Неке разлике су неопходне јер их условљавају нпр. наставни програми, расположиво време за рад, доминатни облици и методе рада, узраст и број ученика у одељењу. Разлике у оцењивању могу бити изазване и неадекватним методичким образовањем наставника. Ваљаност, поузданост, објективност и прецизност су карактеристике оцењивања као метријске процедуре. С обзиром на то да је оцењивање део наставног процеса, оно мора да задовољи неколико основних организационо – методичких захтева.

Доступност. Главни педагошки квалитет ваљаног оцењивања је његова потпуна отвореност или доступност за ученике. Ученицима треба да буде приступачно све што се тиче оцењивања. Ако се пође од становишта да је оцењивање део наставног процеса, онда оно треба да буде планирано

¹⁷⁰ Потпуна суштинска униформност вредности свих диплома истог ранга скоро је неостварив циљ. Познато је да ни у свету све школске дипломе немају исту тежину.

заједно са свим другим наставним активностима. При томе, наставник треба да саопшти ученицима план рада за одређени временски период. Тако ће ученици сазнати и када и колико ће бити испитивања, на који начин ће испитивања бити вршена итд. Битно је да се отклони сваки извор мистификовања, тајновитости и непредвидивости у оцењивању.

Учесталост. Да би обезбедили континуитет у информисању ученика о њиховој ефикасности, оцењивање треба да буде редовна и учестала активност. Учесталост оцењивања треба да произилази из плана рада, и да у односу на ток и трајање наставног процеса буде оптимална.

Благовременост. Оцењивање као извор информација о оствареном учинку постиже пун ефекат само уколико се обавља током самог процеса учења, или непосредно по завршетку рада на некој тематској целини. То значи да између саопштавања оцене и активности на коју се оцена односи временски размак треба да буде што мањи.

Разноврсност и свестраност. Коришћењем различитих врста оцењивања повећава се ваљаност, поузданост и објективност оцена. Оваквим комбиновањем отклањају се мањкавости које се редовно јављају ако је поступак оцењивања једностран. У настави физике остварује се мноштво дидактичких циљева и задатака који се могу сврстати у три целине:

- усвајање теоријских знања,
- упознавање метода и средстава експерименталног рада и
- примена теоријских знања у решавању рачунских и других задатака, и у експерименталном раду.

Због тога се у настави физике проверавање мора вршити свестрано, тј. проверавати усвојеност знања из сваке од ових целина. Занемаривање неке од њих и инсистирање на другима указује на једностраност у оцењивању и има сасвим јасне негативне последице.

Инструктивност. Оцењивање током школске године у првом реду има значај информисања ученика о ефектима уложеног рада. Оцена која је правилно саопштена подстиче ученика да анализира чиниоце који су условили такав резултат и усмерава га да стави тежиште на оне који су доступни његовој контроли.

Јавност. Оцена губи свој смисао уколико се не саопшти ученику и то у што краћем времену од испитивања. Оцене за које су ученици сазнали после дужег времена, имају веома ограничену педагошку вредност. Оцена која се пак држи у тајности губи сваки педагошки смисао.

Разговор. Посебно је питање да ли оцене треба саопштити пред целим одељењем или понекад ученику насамо. Уобичајено је да се оцене саопштавају јавно, пред одељењем. Саопштавање оцена у посебном разговору¹⁷¹ веома је користан педагошки поступак, било да се ради о успешним или неуспешним ученицима. Тежиште тог разговора не би било на саопштавању глобалне оцене, него на описној оцени и анализи начина учења и рада ученика. Посебан разговор је неопходан ако се ради о ученику који је неуспешан или који има тешкоће у учењу.

Систематичност. Квалитет и квантитет знања ученика и ниво постигнутих умења не зависе само од начина обраде које наставник примени, већ и од систематичности проверавања. Стално проверавање свих ученика у обиму који је функција карактера и значаја градива, може знатно да допринесе постизању бољег успеха ученика. При томе, потребно је проверавати сво градиво, а не само оно које је обрађено на претходних неколико часова. Проверавање само непосредно обрађеног градива не обезбеђује довољно поуздан увид у владање знањима из физике с обзиром на то да је већина садржаја сасвим јасно хоризонтално и вертикално повезана.

Економичност. Битан захтев о коме наставник треба да води рачуна приликом проверавања и оцењивања ученика је економичност при извођењу ове активности. Када се врши припрема питања, задатака и сличног материјала за проверавање као и код организовања часа проверавања и оцењивања, мора се размишљати о томе колико времена ће се утрошити на обављање овог процеса укључујући и каснији преглед и утврђивање његових резултата.

10.4 Неки недостаци у оцењивању

Проверавање и оцењивање је врло сложен и деликатан део рада наставника у школи. Основна слабост је **релативни карактер оцене**. Иако постоје теоријска правила и прописи о оцењивању, веровање у потпуну апсолутност оцене је најчешће илузија. Разлог је што у овом процесу постоји сувише много утицаја који се не могу у потпуности контролисати. Критеријум оцењивања у доброј мери одређује човек као личност, његов темперамент, пол, старост, искуство. Расподела ученика по одељењима изазива сасвим субјективну примену релативизовања његове оцене унутар датог одељења, о чему је већ било речи. Поред оваквих сталних фактора, на

¹⁷¹ Наставник би требало да има такав разговор макар једном у току полугодишта и то са сваким учеником.

критеријум којим се долази до оцене утичу и многи променљиви фактори као што су: тренутно расположење и здравствено стање наставника, умор, породични живот, дневна догађања и други.

Фактори који доводе до релативизовања оцене у тесној вези су са личношћу и наставника и ученика. Неки од таквих фактора су:

- моментално расположење наставника (радостан догађаја, умор, нека конфликтна ситуација у којој је учествовао...) може бити узрок блажег или строжег оцењивања,
- закон контраста – при узастопном оцењивању слаби одговори претходно испитиваног ученика утичу тако да је наставник блажи према ученику који је незнатно бољи, и обрнуто,
- „хало“ ефекат – утицај претходног успеха, добре или слабе оцене, већ формирано мишљење о ученику, могу имати утицај на став и критеријум приликом оцењивања,
- персерверативна стереотипија – наставник форсира иста питања чиме оцењивање чини суженим и једностраним,
- говорне способности ученика,
- тренутно стање ученика.

10.5 Методе оцењивања ученика у настави физике

Методе проверавања и оцењивања рада и успеха ученика у настави физике могу бити различите. При томе, што је више циљева у настави једног предмета, то је већи број метода које се морају примењивати у настави али и приликом проверавања и оцењивања. Проверавања могу бити фронтална, групна и појединачна. Која ће се врста провере употребити зависи од конкретних циљева, постојећих услова и датих наставних садржаја. По форми, у настави физике се користе *усмено, писано и практично (експериментално) проверавање*. Неки аутори наводе као посебну форму проверавања и *проверавање путем тестова*, које је у ствари само посебна врста писаног проверавања. При томе је могуће користити неколико различитих поступака.

Усмено проверавање „пред таблом“ има дубоке и широке дидактичке циљеве. Оваквим проверавањем може да се код ученика оцени ниво стечених знања, умења за примену тих знања, смисао за експериментални рад и способност мишљења.

Усмено проверавање има смисла и даје добро резултате само онда када је методички добро организовано и вођено. Поступак би могао да буде следећи. Након што наставник припреми текст задатка комплексне садржине и изврши потребну материјалну припрему (слајдове за видео

пројектор, средства за демонстрацију и мерење и сл.) наставник одмах на почетку часа издиктира комплетан задатак, на пример, следеће садржине:

1. Наведи ефекте узајамног деловања тела непосредним додиром.
2. Какве врсте деформација постоје?
3. Покажи огледом како промена дужине опруге l зависи од величине силе (тежине тегова) која је истеже.
4. Скицирај зависност издужења опруге од тежине тегова којима је она истегнута.

Пошто су ученици записали задатак, наставник тражи да са текстом задатка изађе испред табле онај ученик кога је планирао за овако темељито проверавање. Остали су дужни да, сваки за себе, одговарају на питања под 1. и 2. Исто то ради и ученик који је прозван у својој свесци у току првих 10-ак минута. За то време наставник не комуницира са учеником који је изабран за проверавање. Наставник се креће између редова и надгледа рад осталих ученика и формира своје мишљење о појединцима дајући им у својој евиденцији прелиминарне оцене. После тога захтева од ученика у разреду да прекину даљи самостални рад и да саслушају објашњења и виде решења задатака које је на табли припремио изабрани ученик. Док ученик излаже одговор на прво теоријско питање сви га ученици контролишу, коригују и допуњују. Након одговора на прва два питања, користећи расположива наставна средства реализује одговарајућа мерења (питање број 3) а резултате записује у одговарајућу табелу која ће му послужити да реши дати задатак под 4.

Оваквом методиком проверавања и оцењивања ученика ученици су током целог часа били запослени, вежбали су, утврђивали своја знања и стицали умења. Наставник је успео детаљно да провери једног ученика и да такође прибележи неколико прелиминарних оцена.

Добра страна усменог проверавања је у томе што омогућава успостављање позитивног односа наставник – ученик. Оно пружа прилику да се ученици уче изражавању језиком физике и уопште стичу навике доброг усменог комуницирања. Лоша страна оваквог вида проверавања и оцењивања је велики утрошак времена и могућност испољавања субјективног прилаза код оцењивања. Припремање оваквог часа је приметан посао и захтева пуно уложеног труда. Уколико је час, или део часа посвећен усменом проверавању, лоше организован може да се деси да велики број ученика буде пасиван.

Писано проверавање се обично примењује у виду домаћих, школских, контролних и других писаних задатака. *Домаћи писани* задаци се најчешће примењују у настави матерњег језика, страних језика и математике, али и у другим наставним предметима. Њихова мањкавост је у томе што не могу да покажу потпунији и реалнији увид у самосталност рада ученика. *Писани задаци* који се раде у школи дају поузданији увид у самосталан рад ученика али њихово организовање није предвиђено у оквиру физике. Наредна форма писаног проверавања су *есеји* на задату тему.

Есејско проверавање знања обухвата учениково самостално писање и обраду одређене теме. Лоша страна овакве провере знања је што је тешко одвојити процену усвојености и обраде наставног садржаја од процене стила и способности писања. Посебан вид писаног проверавања представљају *писани контролни задаци*. Обим и карактер ових задатака зависи од циља контроле и проверавања. У погледу обима, они се могу односити на ужи или шири део наставног градива, а у погледу карактера могу утврђивати: степен разумевања, обим запамћених чињеница, примену одређених знања, решавање проблема, практично извођење задатака и слично, а зависно од карактера предмета и врсте школе. Писано проверавање има више предности у односу на усмено. Оно је економичније и рационалније јер омогућава да се за краће време утврди знање и припремљеност ученика целог разреда, тј. свих ученика из било ког предмета. Омогућава да се оствари јединство захтева, али и индивидуализовани прилаз различитим групама ученика, темељнија и детаљнија анализа њихових радова и тачнија процена квалитета и обима знања, као и утврђивање и анализа типичних грешака и слабости. Могућност да се више пута прегледају и анализирају писани радови ученика даје потпунији увид у реализацију наставе и достигнућа од стране разних ученика. Контролним задацима се обично проверава познавање битних делова обрађених наставних садржаја.

Низови задатака објективног типа,¹⁷² као начин писаног проверавања, састоје се од бројних питања на које ученици кратко одговарају. Начин и техника одговарања предвиђена је самом формулацијом питања. Питања могу бити *отвореног* и *затвореног* типа, тј. ученик сам формулише свој одговор или између неколико датих одговора према свом знању и процени бира тачан одговор.

Треба истаћи да и поред изложених предности писаног проверавања, њему недостаје непосредан, живи контакт наставника са ученицима, који има вишеструки значај. Овај контакт може бити подстицајан за ученике, а осим тога он испуњава и неке шире педагошке захтеве у погледу начина вођења разговора, утиче на садржај и форму одговора, пружа могућност да се образложе ставови и мишљења, да ученици шире и слободније изложе оно што се од њих очекује. Због тога је неопходно целисходно спајање и допуњавање метода писаног и усменог проверавања.

За физику је веома значајно **практично проверавање** стечених знања и умења. Ученицима се могу задавати појединачни задаци или серија практичних радова, израда модела итд. Практично проверавање је, по правилу, комплексног карактера и укључује теоријска знања, расуђивање и критичко мишљење, практична знања, културу рада. У том смислу, практично проверавање може да се третира као део усменог проверавања као што је и било наведено у горњем примеру. Практично проверавање у настави физике, међутим, може да буде везано и за писано проверавање

¹⁷² Неки аутори низове задатака објективног типа убрајају у тестове.

уколико од ученика захтевамо да изврши одређена мерења и поднесе извештај о њима.

10.6 Тестови знања¹⁷³

Тест је мерни инструмент састављен од низа задатака или проблема, систематски одабраних, помоћу којих се на објективан начин испитују/мере способности, особине личности и знање појединца.

Основни критеријум диференцирања тестова је степен објективности. У настави могу да се користе стандардизовани тестови знања (тзв. прави тестови) и нестандардизовани тестови знања, тј. низови задатака објективног типа. Наставници у пракси најчешће користе низове задатака објективног типа које самостално креирају.

Према садржају тестови су класификовани у три основне групе: тестови способности, тестови личности и тестови знања. Посебну групу чине тестови готовости или спремности (нпр. тест готовости за полазак у школу).

Тестови знања, понекад називани и наставни тестови, јесу тестови помоћу којих се одређује колико је знања појединац стекао кроз одређену активност или одређени период учења. Састоје се од низа задатака, датих у посебним облицима, којима се мери знање.

Основне функције тестова знања у наставном процесу су:

- контролна функција – тестовима се утврђује степен остварености циљева, ниво ученичког постигнућа, квантитет и квалитет знања;
- инструктивна функција – тестови усмеравају учениково учење у будућим ситуацијама, потпомажу развој стратегија учења са разумевањем и вештине селектовања битних порука и њиховог уређивања у хијерархијску структуру.

10.6.1. Метријске карактеристике тестова знања

Да би тест знања био употребљив, мора испунити метријске карактеристике које важе и за школску оцену: ваљаност, објективност, поузданост, осетљивост и нормираност.

Ваљаност (валидност) теста. Тест је валидан ако заиста мери оно чему је намењен.

¹⁷³ Назив потиче од латинске речи *testum* – проба, испитивање, којим се нешто мери или проверава.

Објективност теста подразумева да резултати примене теста искључиво зависе од стеченог знања испитаника, а не од субјективне интерпретације онога који тест примењује и оцењује. Ако је тест знања објективан, различити испитивачи испитујући исте испитанике доћи ће до истих резултата.

Поузданост представља мерну карактеристику теста која се огледа у истој или сличној вредности резултата два узастопна мерења истих величина. Доследност мере указује да нема утицаја неконтролисаних фактора, што омогућује даљи рад и употребу мера (резултата).

Осетљивост представља карактеристику теста помоћу које можемо разликовати ученике с обзиром на њихова знања која представљају предмет мерења. Уколико је тест осетљивији, утолико даје већи број различитих резултата.

Нормираност подразумева да се резултати теста знања изражавају бројчаним вредностима разврстаним у категорије, тако да резултати могу бити просечни, изнад или испод просека, што чини индивидуални резултат релативним, зависним од резултата чланова групе.

Тестови знања су економични и њима се може истовремено испитати знање већег броја ученика, што је у пракси наших школа и те како важно. Исто тако, битан захтев обликовања теста знања је да морају имати одговарајући естетски изглед.

Тестови знања/постигнућа у основи су стандардизовани поступци који покрећу различите когнитивне процесе ученика (памћење, мишљење и сл.) и чији су резултат такве ученикове реакције које су показатељи знања стеченог учењем у различитим васпитно-образовним институцијама.

10.6.2 Врсте тестова по облику

Према облику задатака тестови знања могу бити:

- тестови репродукције – тестови отвореног типа захтевају да ученик сам тражи, репродукује и напише одговор на постављено питање;
- тестови рекогниције (препознавања) – тестови затвореног типа захтевају да ученик од понуђених одговора изабере (или уреди) исправан.

Тестови репродукције захтевају да ученик сам тражи и репродукује одговор на постављено питање. Основни типови овог облика теста знања су:

- **есејски тестови**, где се ученицима постављају широка питања на која они одговарају у облику описа захтеваног и сл.
- **тестови допуњавања** или присећања у којима се питања састоје од једне или две речи или из реченице у којој су неке речи изостављене, а од испитаника се тражи да попуни изостављене речи.

Тестови рекогниције или препознавања, захтевају од ученика да од понуђених одговора одабере и препозна онај који је тачан. Основни типови овог облика теста знања су:

- **алтернативни тестови** или тестови двочланог избора где се од ученика тражи да одреди да ли су тврђења тачна или нису тачна.
- **тестови вишеструког избора** где се од ученика захтева да од више понуђених одговора изабере један или више тачних одговора.
- **тестови сређивања и упоређивања** где се од ученика захтева да уради на одређени начин или међусобно повеже један или два низа података.

Према истраживањима, тестови алтернативног типа су најмање поуздани (коэффициент поузданости 0,31).¹⁷⁴ Код тестова вишеструког избора, могућност случајног погађања је знатно смањена и на основу добијених резултата коэффициент поузданости износи 0,64. Од наведених типова тестова, највећи коэффициент поузданости од 0,69 поседују тестови сређивања и упоређивања.

10.6.3. Врсте тестова знања према функцији

Према намени/функцији тестови знања могу бити:

- **нормативни** (класични) **тестови** помоћу којих се утврђују индивидуалне разлике у постигнућу ученика (не користе се за утврђивање ефикасности неког наставног поступка);
- **критеријски тестови** знања омогућавају да се утврди шта и до ког нивоа су ученици научили у неком предмету.

Предуслов израде критеријских тестова су унапред формулисани васпитно-образовни циљеви наставе или одређеног наставног програма. У циљевима се мора дефинисати до ког нивоа ученици треба да савладају градиво, при чему се користе различите таксономије¹⁷⁵ (систематике) васпитно-образовних циљева. Најчешћа је већ помињана Блумова таксономија. Блум је наине приметио да 95% питања на тестовима захтева од ученика да мисле само на најнижем нивоу на коме се понављају информације. Везано за усвајање знања у наставном процесу, Блум је идентификовао шест нивоа учења, које је поређао хијерархијски - од најједноставнијег (понављања чињеница) до највишег нивоа (евалуације). Ови нивои носе називе који одговарају дубини усвајања садржаја и прегледно су дати у следећој табели.

¹⁷⁴ Разлог овоме треба тражити у високој могућности погађања исправних одговора, чиме се умањује поузданост теста.

¹⁷⁵ Таксономија (tassein-сврстати, помос-закон, наука) је научна дисциплина која таксономске јединке на бази сличности и разлика категоризује и разврстава у групе.

Компетенције	Тип очекиваног мишљења	Типови активности/захтеви којима се проверава остварност исхода на датом нивоу
Знање (препознавање, запамћивање)	Памти претходно научени садржај	Опиши, наведи, кажи, понови, препознај, идентификуј, именуј, пронађи, наведи, допуни низ
Разумевање	Демонстрирање разумевања материјала, трансформисање, реорганизација или интерпретирање садржаја	Преведи, организуј, скрати, изради на другачији начин, дефиниши, интерпретирај, закључи, предвиди, објасни, покажи
Примена	Користи научено у новим ситуацијама / у решавању проблема	Уопшти, реши, пренеси, дај сопствени пример, прилагоди, уради на другачији начин, препознај на примеру, прошири, упореди, класификуј
Анализа	Критичко мишљење, идентификовање разлога и мотива, извођење закључака који се заснивају на одређеним подацима, анализирање закључака да би се утврдило да ли се заснивају на доказима	Разликуј, препознај на типовима примера, потврди, скицирај, направи дијаграм или табелу, наведи све могуће последице, категориши, разграничи, организуј, преведи

Синтеза	Формулише и гради нове структуре од постојећих знања и вештина	Креирај, измисли, елаборирај, сажми, направи, представи сликом, замисли, модификуј, повежи, дефиниши претпоставке, предвиди, одреди кључне речи (основну тезу, наслов), комбинуј, сведи на најмању могућу мери
Вредновање (евалуација)	Просуђује о вредности садржаја за дату сврху, процењује вредности идеја, изнетих мишљења, примењује критеријуме	Процени, докажи, оповргни, дебатуј, процени тежину, разреши нејасноћу, вреднуј, мери, направи приоритете, просуди

Поред дефинисања нивоа постигнућа које се тестом испитује, таксономија нас упућује и како да се формулишу захтеви у задатку, као и како да формулишемо задатке најпогоднијег облика. Наведени глаголи (типови активности) представљају и могуће захтеве у задацима - наставник може да формулише задатке помоћу њих (наведи делове електромотора; разврстај делове рачунарске опреме у излазне, улазне и излазно-улазне уређаје итд.)

10.7 Самовредновање ученика у настави физике

Већа мотивисаност ученика за наставу може се постићи квалитативним променама у њиховој улози у целом наставном процесу а тиме и у делу оцењивања. Мотивисанији ученици неизоставно имају и боље резултате у настави. У делу оцењивања то се може постићи *самооцењивањем и кооперативним, односно међусобним оцењивањем.*

Самооцењивање је пре свега намењено самосталном праћењу и оцењивању напретка у учењу и ученицима омогућава широко сагледавање и оцењивање процеса учења (не само ефеката). Важно је да ученици унапред

тачно знају шта се од њих очекује и с којим циљем се самооцењивање користи.¹⁷⁶

Ефекти самооцењивања за ученике огледају се у томе што: вежбају интелектуалну аутономију (омогућава виши степен саморегулације понашања); уче ефикасније; преузимају одговорност за сопствено учење; учествују у формирању критеријума оцењивања, уче из самог процеса оцењивања.

Улога наставника у самооцењивању ученика може да буде посредујућа, са првенственом наменом да усмерава процес самооцењивања и коментарише само поступак а не ученикову самооцену.

Кооперативно међусобно (вршњачко) оцењивање ученика (процес неформалног формативног оцењивања када ученици оцењују друге ученике), пре свега је процес увежбавања оцењивања и развоја критеријума за процену ефеката, ангажовања (уложеног труда) и предности и недостатака постигнућа вршњака.

Ефекти међусобног оцењивања ученика: ученици одељења/групе стичу знање и разумевање; учествовање у процесу оцењивања умањује досаду, побољшава концентрацију и мотивацију; ученици чешће изражавају сопствене ставове (мишљења) у вези са постигнућима и очекиваним исходима; задовољни су могућношћу поређења сопствених постигнућа; уверени да ће им будући резултати бити бољи; олакшан је и процес самооцењивања; повећано поверење у процес оцењивања; повећано ангажовање ученика у свим сегментима наставног процеса и учења.

Нека ограничења овог поступка су: тешко је избећи личне предрасуде и личне преференције између вршњака; постоји несигурност у сопствену способност оцењивања; тешкоће при интерпретацији критеријума; отпор да се укључе у процес међусобног / вршњачког оцењивања (јер многи ученици оцењивање схватају као казнени и дискриминативан поступак, а не као могућност унапређивања својих вештина и знања); неприпремљеност ученика за овакву форму оцењивања.

¹⁷⁶ Татјана Мишић, Љубиша Нешић, „Утицај самовредновања ученика на ниво постигнутих резултата у настави физике у основној школи“, Настава и васпитање, број 2, 2011, 206-219 и магистарска теза Татјана Мишић, *Утицај листи самовредновања ученика на ниво постигнутих резултата у настави физике у основној школи*, Природно-математички факултет, Ниш, 2011.

11. ПЛАНИРАЊЕ ВАСПИТНО-ОБРАЗОВНОГ РАДА

Ретке су области људске делатности у којима је припрема за рад толико значајна као што је то случај код наставног процеса. Из тог разлога је и предвиђени број часова непосредног образовно-васпитног рада наставника са ученицима скоро дупло мањи¹⁷⁷ од укупног броја радних сати у седмици, при чему је остатак управо предвиђен за припремање за наставу.

11.1 Планирање наставе

Планирањем наставе обезбеђује се равномерна обрада градива која је предвиђена наставним програмом за једну школску годину. При том треба имати у виду следеће: претходна знања ученика, њихове могућности, услове у којима живе и раде, локалне и специфичне услове рада школе и сл. Планирањем се, такође, обезбеђује и систематичност у раду, тј. редослед обраде градива. Од овога се понекад мора одступати када се ради о повезивању једног предмета са другим (поготову сродним), или када је познавање одређеног садржаја из неког предмета (наставног подручја, теме или наставне јединице) услов и претпоставка за разумевање градива из другог предмета. Планирање служи наставницима и за благовремено припремање одређених наставних средстава чија примена и употреба може утицати на ефикасност и квалитет наставе као и разумевање и усвајање појединих наставних садржаја.

Нека од начела којих се треба придржавати приликом планирања су:

1. план треба да буде реалан и остварив и треба да одговара условима у којима ће се спроводити и субјективним могућностима реализатора – наставника и ученика;
2. основе плана су наставни програм предмета (задат одговарајућим Правилником) и календар васпитно-образовног рада (дефинисан

¹⁷⁷ У члану 136. Закона о основама система образовања и васпитања стоји: „У оквиру пуног радног времена у току радне недеље наставник изводи наставу 20 часова и четири часа других облика непосредног образовно-васпитног рада са ученицима (допунски, додатни, индивидуализовани, припремни рад и други облици рада, у складу са посебним законом) – 60 одсто радног времена, а наставник практичне наставе 26 часова“.

Правилником о календару васпитно-образовног рада за дату школску годину);

3. треба утврдити количину и сложеност градива, обим делова програма који чине целину, као и обим појединих наставних јединица. Програм из једног предмета, предвиђен за школску годину, не може се механички делити на полугодишта, месеце, седмице и дане. Уместо тога потребно је водити рачуна о томе да све наставне јединице нису једнаке по свом значају, сложености, тежини и обиму па је за њихову обраду неопходно различито време. За неке наставне теме и јединице и њихову адекватну припрему и обраду, потребно је знатно више времена него за обраду других.

Током планирања потребно је водити рачуна и о:

1. редоследу којим ће се обрађивати наставно градиво. Редослед тема и наставних јединица у програмима не подудара се баш увек са наставним захтевима и не држи се принципа поступности (пример наставне теме Мерења у програму 6. разреда која се не налази на почетку програма). Мора се имати у виду како повезаност градива у оквиру једног предмета, тако и његова повезаност са другим, пре свега сродним предметима;
2. сви месеци у току школске године нису једнако продуктивни. Тако, на пример, септембар је месец када почиње школска година па је неопходно обновити знања из протекле године, док је јануар месец када почиње зимски распуст након кога такође треба подсетити ђаке на градиво обрађено пре њега и наново их мотивисати за физику. Такође, нарочито ученици млађих разреда од јуна до септембра забораве око половине наученог градива. Због тога током септембра, а у мањој мери и током јануара, треба обрадити мањи део новог градива. Остали месеци су у овом погледу знатно продуктивнији иако не у истој мери;
3. природи и специфичности наставних садржаја из појединих предмета. Градиво из неких предмета може се обрађивати утврђеним редоследом (нпр. природне науке и математика), док је градиво неких других предмета флексибилније и могуће је његово померање без негативних последица (обрада литературе, музичка и ликовна култура и др.).

Треба предвидети да се планом прегледно прикаже ток наставног рада и то како у глобалу тако и у појединостима, како би се могло указати на значајне елементе на које ваља обратити посебну пажњу у наставном процесу.

Успешност планирања и остваривање предвиђених мера зависи од сагледавања услова, који су често сложени. Ту се пре свега мисли на способности наставника да сагледају и анализирају путеве наставног рада школе али и појединих разреда и одељења, стручних служби и услова у којима школа ради, а евентуално и локалних услова. Одлучујући значај у

планирању представља оцена квалитета знања ученика, рада наставника, иновативних поступака, школских и ваншколских активности, социјално-животне средине, специфичног састава ученика по разредима и одељењима (важно је узети у обзир и евентуално постојање ученика са посебним образовним потребама).

У целини, школска година представља период у коме ученици треба да заврше један од разреда у основној или средњој школи. Колико ће њих прећи у следећи разред у великој мери зависи од квалитета планирања рада за целу школску годину, а у оквиру њега и планирања за поједине периоде па и дане (часове). Годишњи план рада омогућава увођење додатних активности (додатног рада) за најспособније ученике, допунских активности (допунског рада) за оне који заостају у раду и учењу, као и слободних активности за заинтересоване ученике.

Темељито и озбиљно припремање за наставу захтева постојање планова у оквиру три врсте планирања

- 1) глобално-годишњег,
- 2) тематско-оперативног и
- 3) актуелно-дневног везаног за планирање одговарајућих наставних јединица које треба реализовати.¹⁷⁸

11.2 Годишњи план рада

Глобално припремање и планирање за предстојећу школску годину наставник врши на крају текуће школске године или непосредно пред почетак нове школске године. Ово планирање обухвата:

- упознавање наставног програма,
- упознавање садржаја актуелних уџбеничких комплеката и њихов избор,
- набавку нове стручне литературе,
- планирање и набавку нових наставних средстава и поправку постојећих,
- набављање потрошног материјала,
- упознавање предстојећих послова у вези са школском администрацијом, као и
- израду годишњег, односно глобалног, плана рада.

Глобални план рада прави се на основу побројаних активности. Овим планом се врши расподела укупног фонда часова на посебне типове часова у складу са важећим наставним програмом и теоријом наставе која обезбеђује успешно остваривање свих задатака наставног процеса.

¹⁷⁸ Дневном планирању неће бити посвећена пажња у овом материјалу с обзиром на то да је оно саставни део програма предмета физика у школи.

Основно у годишњем плану рада је расподела укупног расположивог фонда часова на посебне типове часова, како би се савладао цео програм, обавила потребна утврђивања, понављања, проверавања, израда рачунских задатака, обавиле демонстрације предвиђених огледа или дидактичког материјала, извршило извођење лабораторијских вежби, извршило оцењивање ученика, систематизација и испунили одговарајући захтеви везани за стандарде за крај датог нивоа образовања.¹⁷⁹ У глобалном плану могу се навести и иновације, контролни задаци, тестови, излети и екскурзије.

Годишњи план се израђује на основу актуелног наставног плана и програма из Просветног гласника за сваки разред посебно. Приликом прављења глобалног плана рада мора се водити рачуна о томе да наставне теме нису исте ни по сложености ни по обиму, па је тако за њихову обраду потребно различито време.

11.3 Оперативни план рада

Оперативно или тематско припремање подразумева дубље сагледавање задатака које ће наставник остваривати у току обраде дате наставне теме. Некада се ово планирање поклапа са месечним па се у литератури може наћи и под тим називом. Овај ниво планирања наставе се углавном састоји у раду на поступном приближавању, потпуној спремности, да се часови посвећени датом наставној теми успешно реализују. То значи да се оперативним планом на време остварује садржајна *макроструктура* датих наставних јединица и њима припадајућих типова часова. На бази такве структуре, на наредном нивоу планирања, остварује се актуелно-дневно припремање наставника којим се предвиђа *микроструктура* сваке етапе часа. Са тог становишта ово планирање има веома велики дидактички значај. Потреба за израду оперативног-тематског плана постоји због тога што свака наставна тема има своје специфичности и зато представља посебну целину која се, у зависности од значаја и обима градива, може обрађивати на мањем или већем броју часова.

На основу глобалног плана праве се оперативни планови, најчешће за сваки месец посебно. Оперативним (тематским) планом обухватају се теме, односно наставне јединице, које ће се у току месеца обрађивати. За сваку наставну јединицу даје се преглед:

- типа датог часа,
- облика рада који ће се примењивати,

¹⁷⁹ Образовни стандарди представљају квалитативан и квантитативан опис знања и вештина које ученици треба да задовоље на одређеном нивоу постигнућа и у одређеној фази свог образовања.

- предвиђених наставних метода и наставних средстава,
- стандарда који треба да буду испуњени,
- хоризонтална, вертикална и дијагонална корелација.

11.4 Допунска, додатна настава и слободне активности

При планирању ових активности важно је водити рачуна о узрасту ученика, предзнању, постављеним циљевима одређеног вида наставе, могућностима ученика, мотивисаности ученика, техничкој опремљености школе за дате видове наставе, динамици реализације планираних садржаја ...

Планови допунске наставе треба да буду у корелацији са месечним плановима рада наставника, као и са текућим наставним јединицама. При томе треба водити рачуна да се план допунске наставе заснива на могућностима и потребама ученика, појашњењу и стицању базичних знања, како би наставник омогућио ученицима каснију успешнију надоградњу знања.

О разлозима за увођење допунске наставе, планирању и реализацији било је пуно речи у делу главе б. посвећеном посебним облицима наставе. На овом месту треба истаћи да постоје две негативне тенденције (крајности) у њеном планирању – *одсутству било каквог планирања и планирању за цео месец или чак целу годину унапред*. У првом случају реализација се импровизује јер „план није ни потребан“ а други одликује формално планирање без сагледавања реалних потреба и услова који су променљиви. Овакво *априорно* планирање потпуно је неприменљиво и обично се ради само на (погрешан) захтев управе школе. Планирање допунске наставе је могуће за конкретну групу ученика и за конкретан временски период. Након што се одреди састав групе за допунску наставу и број часова за реализацију потребно је одредити садржај рада. Један од примера планирања садржаја неколико кључних наставних јединица градива физике 7. разреда основне школе би могао да буде:

1. час: Тренутна и средња брзина тела; Зависност брзине и пута од времена при равномерно променљивом праволинијском кретању;
2. час: Сила као узрок промене брзине тела; Појам убрзања;
3. час: Успостављање везе између силе, масе тела и убрзања; Други Њутнов закон. Писмена провера.

У овом плану још увек није извршена индивидуализација садржаја. У оквиру ње потребно је за сваког ученика из групе одредити садржај рада у писаној припреми за час, односно у њеном саставном делу – индивидуализираним материјалима (наставним листићима, изабраним задацима или програмираном материјалу).

План рада допунске наставе, пре реализације, предаје се директору школе који, уз мишљење стручних сарадника, план усваја или га враћа на дораду. Добро је да се са планом допунске наставе упознају и родитељи уз њихову пожељну сагласност.

Планови додатне наставе треба да буду усмерени ка развијању индивидуалних могућности ученика, њихових интересовања, способности, као и развијању самопоуздања ученика и њихове унутрашње мотивације. Ови планови треба да буду и у складу са глобалним плановима, будући да додатна настава подразумева и припрему даровитих ученика за такмичење, и са планом стручног друштва коме одређени наставни предмет припада.

Планови слободних активности треба да буду усклађени са интересовањима и могућностима ученика, потребама текућег градива и друштвене заједнице, како би се повећала мотивација ученика за учешће у њима.

11.5 Контрола извршења плана

Планирање има сврху само уколико суштински утиче на ток предвиђеног рада и ако је повезано са контролом обављених активности. Акцент међутим не би смео да буде на формалној контроли коју обављају: разредни старешина, стручна служба школе, директор или школска управа. Потребно је да контрола буде суштинска и да се њоме проверава у којој су мери и колико ученици успешно усвојили одговарајуће информације, вештине и навике, и колико су оне утицале на развој њихових сазнајних способности, ставова и убеђења. Најважнија контрола плана је она коју спроводи сам наставник. Циљ ове контроле је провера постигнутих резултата учења ученика и поређење са резултатима која су дала претходна планирања. Највећа вредност и значај самоконтроле огледају се у анализи обављеног рада, путем објективног сагледавања пропуста и недостатака, тражењем средстава и могућности за побољшавање облика, поступака, метода и организације.

Поставља се питање: да ли план рада треба да буде строго поштован или се могу дозволити одступања од њега? План се прави због ефикаснијег и рационалнијег наставног рада, његове оптимализације, и представља неку врсту норми за наставнике. Њиме се регулише и усмерава рад наставника током одређеног временског периода и од њега не треба одступати ако за то нема стварних разлога. Међутим, одступања су могућа, ако се анализом одређене ситуације могу пронаћи могућности целисходнијих, рационалнијих и ефикаснијих решења од оних која су била планом предвиђена.

11.6 Различити приступи планирању образовног процеса

У образовном процесу учествују ученици и наставници, а карактер образовног процеса и односе међу њима одређују: циљ учења, садржај учења и метод учења. Циљ учења даје одговор на питање – зашто се учи; садржај, на питање – шта се учи; а метод на питање – како се учи.

За све образовне системе карактеристично је да имају ове основне елементе и да у планирању наставе решавају ова три основна питања, а разликују се у односу на то – *које се од ових питања сматра најважнијим* – од чега се полази у планирању наставе. На основу тога разликују се три основна приступа планирања образовног процеса:

- садржајно планирање које полази од садржаја учења (шта се учи),
- процесно - развојно планирање - полази од метода учења (како се учи),
- циљно планирање - полази од циљева учења (зашто се учи).

11.6.1 Садржајни приступ планирању

Образовни процес у нашој земљи углавном почива на садржајном приступу планирања наставе. Према овом, у основи бихевиористичком моделу, знање и културни развој детета настају као последица директног подучавања и зависе искључиво од *спољашњих чинилаца* – од садржаја и наставника. У свим варијантама трансмисивна настава почива на претпоставци да се знање може, у готовом и унапред припремљеном облику, непосредно преносити од наставника на ученика, па су у центру наставе *садржај и наставник*, а теорија наставе тражи одговоре на два, за њу кључна питања: који садржаји су вредни учења и како наставник најуспешније може да пренесе ове садржаје. У овој подели, друштво треба да одабере шта треба да се учи, а да наставник путем предавања подучи дете таквим когнитивним информацијама и моралним правилима. Учење је схваћено као представљање материјала од стране наставника и подстицање (награђивање) тачних одговора ученика.

Описани приступ учењу даље се преноси на све његове важне аспекте: на образовни програм и његову структуру; на садржај иницијалног образовања наставника; на то како наставник разуме сопствену улогу у школи; на припрему наставника за час; на улоге и активности ученика и наставника на часу; на односе у учионици; на начин проверавања и оцењивања знања ученика; и коначно, на начин евалуације наставног процеса.

Наставни програм написан по овом моделу садржи листу тема и наставних јединица (лекција) и говори о томе шта наставник у настави треба да обради. Циљеви, а ни исходи учења, често нису довољно операционализовани у програму. Циљеви су дати у форми универзалних, општељудских вредности, попут свестраног развоја, и више говоре о жељеном, него о реално могућем постигнућу ученика у школи. Најчешће нигде у програму нису дефинисани исходи учења и није јасно шта ће ученик на крају учења знати, па је праћење и вредновање образовног процеса

практично сведено на праћење и вредновање реализације наставе. Методе учења, и принципи на којима учење треба да се заснива, нису дефинисани у програму. Они се виде као део опште, дидактичко – методичке обуке наставника и препуштени су појединачној иницијативи и индивидуалном схватању наставе сваког од наставника.

Садржајни приступ планирања наставе препознаје се и у начину припремања наставника за рад у школи. У иницијалном оспособљавању наставника доминантно је његово стручно образовање (образовање за садржај). У школи, наставник себе доживљава као представника струке, бави се: математиком, физиком, хемијом итд. а мање се интересује за ученика и његов однос према дисциплини коју учи.

Планирање образовног процеса са становишта садржаја има следеће карактеристике:

- Програм доминантно одговара на питање шта се учи. Садржи листу тема и говори о томе шта наставник у настави треба да предаје. Циљеви учења су уопштени, нису јасно истакнути, и реално нису помоћ наставнику приликом организовања наставе.
- Када је реч о припремању наставе, наставник планира своју активност – предавање. Полази од конкретне тема из програма и планира начин на који најбоље може да је представи (пренесе) ученику.
- На часу је доминантна активност наставника. Наставник предаје, показује, објашњава, систематизује тему о којој је реч, док је ученик, са друге стране, мање-више пасиван прималац информација (слуша, памти, записује, понавља итд).
- Под мером реализације програма, сматра се да је наставник реализовао, тј. испредавао све теме које су програмом предвиђене. Шта су стварни исходи, тј. стварни резултати наставе, остаје мање-више непознато.
- Наставник себе доживљава као стручњака за област коју предаје. Његов задатак је предавање и тумачење садржаја програма, а задатак ученика је учење.

11.6.2 Процесно-развијни приступ планирању

За процесно – развијни приступ основно питање није садржај, већ *начин учења*. Разлике између ова два приступа учењу производ су различитог схватања природе и порекла знања. У првом случају порекло знања се види као резултат активности наставника а у другом случају оно је последица активности ученика. Док је за први најважније шта ће на часу да ради наставник, за други је пресудно шта на часу ради ученик. Први случај подразумева одвијање наставе у виду предавања, тј. представљања наставног градива ученику, док је она у другом случају одређена

проблемским ситуацијама и реакцијама ученика на те проблеме. Кључна разлика између наставе схваћене као процеса преношења знања и наставе схваћене као процеса конструкције знања је у томе што ова друга наставна концепција поистовећује циљ образовања са самим процесом образовања. У првом случају није се схватило да је оно што дете ради на часу, то како учи, узидано и у резултат учења. Учење је истовремен процес стицања знања, али и процес развијања способности за стицање знања (развојни приступ). Учећи тако, ученик истовремено стиче знање, али и овладава продуктивним техникама за самостално стицање знања (усваја технике и развија способност учења).

Неке од основних карактеристика процесно-развојног приступа планирању су:

- истакнута улога **активности ученика у процесу учења**. Знање није могуће непосредно преносити (трансферисати) у готовом и унапред изграђеном облику. Учење је пре акт “открића” онога који учи, него што је акт преузимања готових знања.
- истакнута вредност **процеса учења – Како се учи?** Учење је истовремено процес стицања знања, али и процес развијања способности за стицање знања.
- истакнута важност односа: **активност учења - циљ учења**. Оно што ученик ради на часу, и како учи (активност учења) саставни је део резултата учења. Основна веза у планирању наставног процеса је веза: циљ учења – метод (активност учења). Ако је циљ учења нпр. развој критичког мишљења онда и активности учења морају бити одређене тим циљем.

11.6.3 Циљни приступ планирању

За циљно планирање образовног процеса најважније питање је *циљ* - тј. разлог делатности учења у школи. Циљ учења се временом мењао и у различитим периодима друштвеног развоја, у школу се ишло из различитих разлога. Оспособљавање за рад, оспособљавање за живот у заједници, лични развој итд. представљају различите изразе тренутка у коме се неко школовао.

Циљни приступ као полазиште има потребу актуелног тренутка и живота човека у реалном окружењу. У први план истичу се знања, вештине и вредности које су неопходне за успешан лични, друштвени, али и професионални развој појединца. Једна од основних порука УНЕСКО-овог извештаја *Способност учења – наше скривено благо* односи се на питање циљева образовања.¹⁸⁰ Основна улога школе, каже се у овој књизи, није само

¹⁸⁰ Основни елементи овог документа се могу наћи на веб страни http://www.dadalos.org/frieden_sr/grundkurs_1/unesco-bericht.htm

да деци преноси знање. Савремена школа почива на четири стуба: *учење ради стицања знања, учење да би се живело у заједници, учење за практичну примену наученог и целоживотно учење.*

Савет Европе је 2000. године поставио нови стратешки циљ за Европску Унију: *да постане најконкурентнија и што се знања тиче најдинамичнија економија на свету.* Радна група која је том приликом формирана имала је два задатка: да идентификује кључне компетенције које су данас (и сутра) потребне човеку и да предложи мере како се оне могу интегрисати у образовне системе земаља ЕУ. Идентификовано је осам, тзв. кључних компетенција о којима је већ било пуно речи.

Кључне компетенције нису замишљене као садржаји појединачних предмета, већ се очекује да се оне развијају кроз све предмете у школи. На пример, језичка писменост је један од основних циљева наставе језика, али то не значи да се настава језика може одрећи циљева као што су: учење учења, културолошка експресија, дигитална писменост итд. Исто тако предмети: математика, физика, ликовна уметност итд. не могу се дистанцирати од намере да утичу на развој језичке писмености код ученика. Дакле, ради се о интеркурикуларним циљевима који су обавеза школе, сваког наставника и садржај свих предмета.

Друга препорука, важна за образовне системе, произилази из саме природе развоја компетенција. Компетенције су *производ* знања, вештина и вредности и није их могуће директно преносити, нити претежно зависе од садржаја предавања наставника. Компетенције настају у *процесу учења* и углавном зависе од активности учења (процесно-развијни приступ).

Ова препорука се препознаје кроз: померање нагласка са *подучавања* (онога шта ради наставник на часу) на *учење* (оно шта ради ученик на часу); промену улоге ученика у настави; проширени репертоар метода у настави. Поменуте промене представљају кључне одреднице савремене наставе.

Основне карактеристике циљног планирања су:

- Полазиште за планирање наставе су циљеви учења (зашто се учи) и исходи учења (шта ће ученик на крају знати/моћи);
- циљеви учења укључују три компоненте: знања (информативна улога школе); вештине (формативна улога школе); вредности (социјализацијска улога школе). Важно је да школа истовремено делује на све три компоненте циља. Уколико се занемари једна од њих не може се говорити о остварености циљева школе;
- припремајући наставу наставник полази од циља учења и планира, не своју, већ активност ученика на часу. Садржај припреме часа у суштини подразумева повезивање циља учења са активностима ученика. Наставник полази од циља и планира активности учења које обезбеђују остваривање предвиђеног циља;
- на часу је доминантна активност ученика. Улога наставника је да ствара прилике за учење, да осмишљава активности учења, да води и усмерава ученикову активност учења;

- праћење и вредновање образовног процеса подразумева праћење и вредновање исхода учења;
- како би реализовао наставу, наставник поред познавања садржаја треба да познаје и методе учења – треба да зна које активности учења обезбеђују остваривање предвиђених циљева/исхода образовања.

11.7 Сличности и разлике планирања у традиционалној и савременој настави

Ранији програми су углавном припадали тзв. садржајном приступу планирања наставе, док савремени заступају *циљни и процесно - развојни* приступ. Ранији образовни програми доминантно су одговарали на питање шта наставник треба да предаје, док нови говори о томе: зашто и како ученик треба да учи. У ранијем образовном програму навођени су садржаји учења, а у новом: циљеви и активности учења, корелације и исходи.

Традиционална настава	Савремена настава
<ul style="list-style-type: none"> • Настава оријентисана на реализацију садржаја програма. • Нагласак је на наставнику и процесу подучавања. • Праћење и вредновање квалитета образовања своди се на праћење и вредновање реализације програма. 	<ul style="list-style-type: none"> • Настава оријентисана на реализацију циљева и исхода образовања. • Нагласак је на ученику и процесу учења (активна настава). • Праћење и вредновање квалитета образовања усмерено је на мерење степена остваривања исхода образовања.

Савремени образовни програм треба да одговара на четири основна питања:

- шта су циљеви учења одређеног предмета,
- шта је садржај учења,
- како треба учити дати предмет,
- шта су очекивани исходи учења (дефинисање стандарда знања и начина вредновања њихове остварености).

Сваки од основних елемената новог програма има посебну намену и важну улогу приликом планирања и припремања наставе у школи. Програм одговара на сва кључна питања која би наставник себи требало да постави када припрема час. На питање, *шта је циљ часа*, одговарају општи и

оперативни циљеви програма. На питање *садржаја учења*, одговарају теме и појмови програма. На питање, *како треба учити дати предмет и шта ученици већ знају о ономе што се учи*, одговарају дидактичке препоруке и корелације програма. И коначно, на питање, *како знамо да су остварени циљеви часа*, одговарају стандарди, тј. исходи програма.

На основу ове анализе може се рећи да програм физике у Србији данас, у формалном смислу, одговара по многим аспектима програмима савремене наставе. У будућности ће вероватно доживети садржајне и неке друге промене али је његова данашња структура задовољавајућа.

11.8 Децентрализација образовања и национални курикулум

Смисао децентрализације састоји се у давању аутономије, али и у преношењу одговорности за квалитет образовања на школу, наставника и локалну заједницу. На националном нивоу доноси се *оквирни курикулум*,¹⁸¹ а свака школа доноси свој – школски курикулум. Курикулум донет на националном нивоу спада у отворене курикулуме,¹⁸² а наставници имају аутономију и професионалну слободу у његовој реализацији.

Курикулум при томе обухвата све садржаје, процесе и активности које су усмерене на реализацију циљева и исхода образовања и које су прописане и регулисане како на општем - националном нивоу, тако и на школском - локалном нивоу. На националном нивоу прописано је оно што је заједничко за све школе, а на нивоу школе оно што је карактеристично и специфично за сваку од појединачних школа.

Садржај националног (општег и оквирног) курикулума чине:

- општи циљеви и исходи образовања;
- образовне области са циљевима и исходима образовања;
- обавезни предмети у појединим разредима и циклусима образовања;
- изборни предмети за поједине разреде и циклусе образовања;

¹⁸¹ Реч курикулум има корен у латинској речи *currere* која значи трчати, трчати трку, трка, тркалиште (у облику овалне стазе на којој су се одвијале трке римских борних кола). Кључни параметри који су одредили значење касније изведене речи *курикулум* су време, путања, правила, норме и критеријуми (трчања). Отуда је, у свом првобитном облику реч курикулум имала значење тока и редоследа учења, серије „препрека и препона“ (предмета) у учењу које се морају савладати за одређено време.

¹⁸² Република Србија у моменту писања овог материјала (крај 2014. године) још увек нема усвојен документ под овим насловом већ се он налази у процесу израде у оквиру ИРА 2011 пројекта *Подришка развоју људског капитала и истраживању – развој општег образовања и људског капитала* (<http://www.razvionica.edu.rs/>).

- обавезујући (минимални) и максимални фонд часова за сваки предмет и сваки разред.

Школски курикулум је лична карта школе. У његовој изради учествују наставници, стручни сарадници, управа школе, а подразумева и активно учешће родитеља и ученика. У процесу његове израде полази се од испитивања и анализирања потреба и интересовања ученика, родитеља и локалне заједнице, као и од могућности саме школе.

Део курикулума који креира школа садржи:

- део програма (циљеви и исходи) у оквиру сваког од обавезних предмета (отворени део програма);
- листу изборних предмета;
- организацију и реализацију факултативне наставе;
- организацију и реализацију додатне, допунске наставе и слободних активности ученика у школи.

Наставник полазећи од циљева програма, бира методе, облике, поступке и начин остваривања предвиђених исхода образовања у чему се испољава његова аутономија.

Део курикулума који креира наставник:

- организација и реализација наставних садржаја кроз предмете или кроз интегралне теме (тематски приступ);
- избор дидактичко – методичке концепције наставног рада (избор метода, облика и поступака наставног рада);
- избор организације наставног рада, уз могућност превазилажења ограничења предметно - часовне организације.

11.9 Планирање наставних облика, метода, временске динамике у односу на опште стандарде постигнућа

Наставне активности, облици, методе рада и образовни стандарди. Приликом планирања наставе, у односу на образовне стандарде, неопходно је имати у виду аспекте поменуте у наслову. При томе је кључно питање које наставне активности (наставника и ученика), облици и методе рада треба да се примене да би ученици остварили постигнућа описана у стандардима.

Временска динамика и образовни стандарди. Кључна питања су:

1. Колико времена (и када) треба посветити појединим деловима наставног програма како бисмо били сигурни да ће ученици остварити жељена постигнућа?
2. Како направити најоптималнији распоред рада у току године узимајући у обзир стандарде?

Годишњи план може на више начина садржати податке који су у вези са образовним стандардима:

- на постојећој листи стандарда наставник обележава/издваја стандарде чијем ће остваривању посветити посебну пажњу у одређеном разреду; наставник може да дода одређене напомене за остваривање ових стандарда
- наставник може писати стандарде/шифре стандарда чијем ће остваривању посветити посебну пажњу у оквиру наставне теме
- ако се неки стандарди односе на више тема/области у неком предмету, може се уопштити ова веза и бележити на једном месту.

У годишњем плану рада наставници могу и на неки други начин да опишу или представе стандарде које ће посебно остваривати у одређеном разреду.

Оперативни план рада наставника такође би требало да садржи стандарде којима ће се актери наставног процеса највише бавити у том месецу, на различите начине, на пример у напомени или поред наставних јединица.

Оцењивање ученика. Иако су образовни стандарди у тесној вези са праћењем постигнућа ученика, не би требало да се поистовећују. То значи да се не може успоставити директна веза између нивоа образовних стандарда и висине оцене (на пример, основни ниво не одговара аутоматски оцени довољан (2)). Разлог је у томе што је оцењивање много комплекснији процес (оцењивање других аспеката рада, контекст у коме се врши оцењивање, мотивација и лични развој ученика) и не сме се свести на једноставну везу између стандарда и неке од оцена.