

## 5. ОБРАЗОВНИ КОНСТРУКТИВИЗАМ У НАСТАВИ ФИЗИКЕ

Један од предуслова за успешно извођење наставе је и познавање савремених идеја филозофије природних наука. Чак и уколико наставник у припреми не размишља о филозофском аспекту поучавања, он у учионици увек заступа неко филозофско становиште. При томе, уколико није добро упознат са филозофским аспектима садржаја које обрађује, може да се догоди да поруке упућене ученицима садрже становишта која су у филозофији природних наука одавно превазиђена и неприхватљива.

### 5.1 Кратак осврт на филозофију природних наука

Филозофија природних наука покушава да нађе одговор на нека кључна питања као што су:

- Како настаје научно знање?
- Да ли научник при истраживању природе мора да следи одређену процедуру? Да ли постоји научни метод, и ако постоји, како изгледа?
- Који услови морају да буду задовољени да би научно објашњење неке појаве или процеса било коректно?
- Који је епистемолошки<sup>58</sup> (сазнајни) статус природно-научног знања?
- У чему се научни приступ неком проблему разликује од ненаучног?

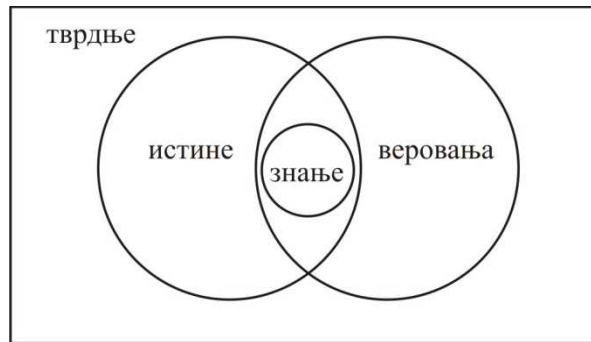
#### 5.1.1 Природа научног знања

Постоји више дефиниција знања. По једној од њих знање је објективно заснована увереност у исправност неког суда или става.<sup>59</sup> Појам

---

<sup>58</sup> Епистемологија (грчки *επιστημη* - знање и *λογος*—начело, закон) или теорија сазнања је грана филозофије која се бави природом, коренима настанка и крајњим диметима људског сазнања. Израз је увео шкотски филозоф Џејмс Фредерик Ферџе (1808-1864). Питања којима се бави епистемологија је „Шта је знање?“ и „Како се долази до знања?“.

знање није идентичан појмовима истине и тврдње, што је још Платон утврдио. Овај став је приказан на слици 5.1, према којој је знање подскуп скупа тврдњи које су истовремено истините и у које се верује. Да би тврдња била знање неопходно је да буде истинита и да се у њу верује, али то није и довољно (пресек тврдњи, истина и веровања је већи од круга који репрезентује знање). У такве тврдње могу да верују појединци нпр. те стога оне не припадају знању.



Слика 5.1 Однос знања, истина, веровања и тврдњи по Платону.

За наставу физике најзанимљивије је питање природе научног знања и различити специфични облици знања који посебно долазе до изражаја у процесу учења, поучавања и наставног процеса у школи.

У другој половини 20. века било је неколико школа мишљења о природи научног знања, а најважнија становишта су: субјективистичко, консензуално и објективистичко.

По *субјективистичком* становишту, научно знање има веома једноставну дефиницију – то је скуп уверења која подржавају научници. Оно постоји у свести појединаца и за њих они могу да, на неки начин, нађу оправдање. Оправдање се налази на основу опажања или размишљањем. Аргументи који се сматрају довољним за прихватање неке теорије зависе од епистемолошке оријентације оног ко треба да је прихвати. На пример, индуктивисти ће, за разлику од модерних реалиста и конструктивиста, захтевати да се научно знање изведе из чулног искуства и опажања. По заговорницима субјективиста, коперниканска револуција није се десила зато што се Коперникова теорија боље слагала са астрономским подацима, него зато што је била интелектуално супериорна, елегантнија и, у правом смислу, лепша. На тој линији је и тврдња Макса Борна да је специјална теорија

<sup>59</sup>Подсетимо се да је у глави 1. дата и следећа дефиниција (која није у колизији са овом): *Знање је систем или логички преглед чињеница и генерализација о објективној стварности које је човек усвојио и трајно задржао у својој свести.*

релативности била прихваћена пуно пре него што су је подржали резултати експеримената јер је учинила науку лепшом и значајнијом.

По *консензуалном* становишту, идеје појединачних научника саме по себи нису довољне. Оне подлежу критичком разматрању других научника унутар научне заједнице. Научно знање је оно што научна заједница прихвати консензусом. Ово је, иначе, једна од основних поставки конструктивизма. Научно знање није прост збир појединачних резултата истраживања, нити је компилација бројних неповезаних чињеница, опажања и теорија. Научно знање је друштвени производ чланова научне заједнице. При томе, научно знање се разликује од других облика знања. Научно знање се, наиме, изражава јасним и недвосмисленим језиком који омогућује или прихватање знања или, у случају неслагања, упућивање добро аргументованих примедби. Циљ науке је постизање максималног нивоа консенсуза унутар научне заједнице. У идеалном случају, корпус научног знања требао би да се састоји од чињеница и принципа који су чврсто утемељени и које је, без озбиљних сумњи, прихватила већина компетентних и добро информисаних научника.

По *објективистичком* становишту научно знање, након што је створено, постоји аутономно и независно од мишљења појединаца, иако су они одговорни и за његово стварање и за његов даљи развој. Научне идеје, принципи, модели и теорије узајамно су повезани у комплексну мрежу научног знања, која постоји објективно и независно од мишљења појединца. Објективност се ту не сме мешати са истинитошћу јер је научно знање погрешиво и подложно променама.

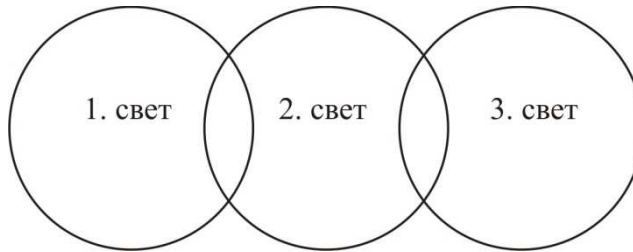
Најкомплетнији опис тог становишта дао је Карл Попер<sup>60</sup> у књизи *Објективно знање* увођењем трију светова. Први свет (свет 1) јесте реални свет, тј. свет физичких објеката и физичких стања, који постоји независно од наших сазнања и идеја о њему. Други свет (свет 2) је свет менталних стања. Та прва два света била су уведена у филозофију још раније. Попер уводи и трећи свет (свет 3), свет објективног садржаја научних идеја, поетске мисли и уметничких дела. Постулирајући свет 3, настојао је да реши један од главних филозофских проблема – одређивање објективних карактера људског знања.

Три Поперова света шематски су приказана на слици 5.2. За потребе методике и наставе природно-научних предмета, Поперова идеја трију светова је посебно прихватљива и корисна јер омогућује усклађивање различитих приступа. У науци, креативни појединци проучавањем првог света уз помоћ већ постојећег трећег света, унапређују свој други свет, а њихове нове спознаје након прихватања консензусом од страна научне заједнице, постају саставни део трећег света. У настави, ученици имају директан контакт са првим светом преко експеримената и опажања, а главни

---

<sup>60</sup> Карл Рејмонд Попер (1902-1994) британски филозоф аустријског порекла. Сматра се оснивачем савремене филозофије науке.

део поучавања односи се на конструисање знања из трећег света (концепти, мреже концепата, принципи, модели, теорије). Наставник мора да буде свестан да ће резултат проучавања бити унапређење других светова његових ученика. Тај се процес не дешава једнако за све ученике па ће резултат бити, донекле различити, њихови други светови. Да је то заиста тако, потврђују бројне ученичке алтернативне идеје и њихови различити ментални модели о физичким појавама. У традиционалној, предавачкој, настави директним излагањем, преносе се одређени садржаји трећег света, па њени заговорници имплицитно претпостављају да ће резултат бити објективно знање, тј. мање-више подједнако научени садржаји трећег света. То је, наравно, погрешно. Конструктивистички приступ поучавању посебно је усмерен на што успешнији развој другог света ученика (ученичких менталних стања) у настојању да разуме и сазна одговарајуће делове трећег света (објективног знања) који су прописани школским програмом.



Слика 5.2 Поперова три света.

### 5.1.2 Различити типови знања важни за наставу

У литератури се може наћи дефинисано више типова знања које је корисно разликовати у процесу учења и поучавања. Најважнији од њих су:

*Декларативно знање* које означава шта особа зна о наученим ситуацијама (чињенице, дефиниције, описи, ...), али не подразумева и способност примене тог знања у разрешавању нових проблемских ситуација. То је статичко и недовољно структурирано знање. Припада Поперовом другом свету. Основни елементи или структурне јединице декларативног знања су концепти, пропозиције и шеме. Структурна организација повезује различите концепте у мреже концепата. Резултат тога су закони, принципи, модели и теорије.

*Експертско знање* је знање карактеристично за експерте у одређеној дисциплини. Одлике су:

- заснива се на општим принципима,
- структурирано је,

- апстрактна репрезентација проблема повезана је са општим начелима на којима се заснива добијање решења,
- хијерархијски је уређено,
- укључује и декларативно и процедурално знање.

*Формално знање* је продукт планског традиционалног поучавања, обично у школском амбијенту. Формално знање је интерпретација света коју даје неко други. Примарни извор и обележје формалног знања је ауторитет. На процес стицања формалног знања нарочито утиче спонтано знање особе. У ширем контексту постоје одређене подврсте формалног знања: познавање програма, школско знање, научно знање.

*Јавно знање* је знање које се налази у књигама, научним и стручним часописима, уџбеницима. Састоји се од тврдњи и алгоритама. Припада Поперовом трећем свету.

*Курикуларно знање* је садржано у школском курикулуму и у уџбеницима. Припада такође Поперовом трећем свету.

*Наивно знање* (интуитивно, спонтано, претконцепције) је знање које особа стиче у интеракцији са окружењем, стицањем сопственог искуства, информацијама путем медија, разговором са родитељима и познаницима итд. Припада Поперовом другом свету. Неке карактеристике овог знања су:

- процес стицања наивног знања није усмерен, збива се насумично током дужег раздобља,
- најчешће није у складу са јавним знањем,
- за дату особу означава стварност у коју она верује.

*Почетничко знање* карактеристично је за почетнике, ученике, након што се први пут сретну са одређеном проблематиком. Припада Поперовом другом свету. Карактеристике су му:

- концепти су слабо диференцирани,
- тврђења су непрецизна,
- објашњавајуће шеме не произилазе из општих принципа него су специфичне за разматрану ситуацију што значи да наивне апстрактне репрезентације нису применљиве на већи број различитих ситуација,
- овакво знање је у најбољем случају декларативно, тј. није достигло процедурални ниво.

*Прећутно знање* је лично знање у таквом облику да га особа не може јасно формулисати, не мора га чак ни бити свесна, али га интуитивно употребљава када јој је потребно. Прећутно знање јој омогућује да делује на начине које не може да објасни. На пример, може течно да говори матерњи језик без познавања граматике и правила о конструкцији реченица. Или, познато лице препознајемо међу хиљадама других, али не можемо речима да искажемо како то радимо. Прећутно знање постоји и у науци и код особа на свим степенима образовања.

*Приватно знање* је лично знање. Код ученика је оно резултат комбинације наивног и школског знања. Веома је важно јер особа у животу делује у складу са својим приватним знањем.

*Процедурално знање* је структурирано, опште стратегијско знање. Оно означава да особа зна да одговори на питање како нешто функционише и како треба применити неко знање. То је оперативно, активно динамичко знање које је одговорно за све наше унутрашње и спољње активности. Виши је ниво знања од декларативног. Укључује разумевање и способност особе да у разрешавању сасвим нових проблема примени одговарајуће поступке. Знати нешто у науци значи разумети везу међу различитим концептима а то нужно уноси и процедуралну компоненту знања. Данас преовладава мишљење да би у савременој школи ученици требало да стекну знање које је што ближе процедуралном.

*Школско знање* је термин који описује како многи ученици схватају оно што на традиционалан начин уче у школи. То је нешто што треба да се научи и репродукује да би се добила добра оцена, а нема много додира са стварним светом. Такво стање се може поправити савременим интерактивним облицима наставног процеса у коме долази до интеграције школског и приватног знања ученика.

*Научно знање* настало је истраживањем креативних појединаца и група а консензусом га је прихватила научна заједница. Поруке су толико одређене и јасно формиране да прималац тог знања има могућност да се са њима сложи или да понуди добро засноване примедбе, чиме се достиже максимални степен консензуса. Научно знање нужно је шематско и теоријско и састоји се од чињеница, општих принципа и мреже међусобно повезаних концепата. Припада Поперовом трећем свету. За разлику од ненаучног знања, заснива се на два битна принципа: принципу репродуцибилности и принципу равноправности посматрача. До шездесетих година 20. века превладавао је такозвани хијерархијски модел раста научног знања по коме се ново научно знање једноставно придодавало већ постојећем. Тај модел пренаглашава успехе наука, завршни облик научног знања и улогу консензуалних активности у науци. Савременије становиште је да се битне промене и раст научног знања дешавају у раздобљима револуција у науци када постоји неслагање о централним теоријама дате дисциплине.

### **5.1.3 Поређење наивног, почетничког и експертског знања**

За потребе наставе физике посебно је занимљиво упоредити неке од наведених типова знања. Разлог је у томе што се они дефакто појављују приликом поучавања.

Наставник би требало да буде свестан да ученици пре поучавања располажу почетничким знањем а сврха поучавања јесте да се њихово знање

помакне што више – од почетничког знања ка експертском. На самом почетку када преовладава наивно учениково знање, главни циљ је идентификовање претконцепција и структурирање процеса концептуалних промена. Након што је обављена прва фаза поучавања у којој су уведени научни концепти којима се посматрана појава може успешно описати, наставник мора да буде свестан да ученици располажу само почетничким знањем. Такође треба да буде свестан који су недостаци таквог знања код ученика. Ти недостаци се могу отклонити тек у дужем процесу тзв. дозревања знања.<sup>61</sup> Делотворан је начин да се од ученика тражи примена тог знања у решавању нових проблемских ситуација које се појављују у следећим садржајима. Наставни процес би стога морао да буде што више интерактиван. На тај начин ученичко почетно знање може доживети разне трансформације и приближити се експертском знању.

Трансформације, односно промене у карактеристикама знања непоучаваног ученика, почетника и експерта могу да се прате на разним примерима. Овде ће то бити урађено у вези са знањем које ученици имају у области физичких концепата и симбола (они се још називају и својствима другог реда<sup>62</sup>). Ту спадају идеализације физичких објеката (моделовање аутомобила као материјалне тачке), конструкти или ентитети (енергија, сила) и конвенционална репрезентација физичких ентитета (нпр. компоненте вектора).

Код непоучаваног ученика концепти постоје, али су слабо диференцирани. Значење термина је њихово свакодневно значење, а не техничко значење.

Ученик који поседује почетничко знање поседује неке конвенционалне репрезентације физичких ентитета. У репрезентацији проблема уме да користи идеализацију физичких објеката. Присутни су такође и концепти и термини повезани са објектима који доминирају у шеми решавања конкретне проблема. Почетници при опису узимају термине директно из формулације питања и траже једначину којом би се користили приликом решавања проблема који има је постављен.

Код експертског знања наглашена је репрезентација физичких објеката у идеализованом облику. Садржај репрезентације је у складу са конвенцијом области. У знању постоји директна веза између својстава другог реда и основних принципа физике. Присутни су релевантни концепти, а сваком концепту су придружене везе са другим концептима и важнијим физичким законима.

---

<sup>61</sup> О овом веома важном појму ће касније бити више речи у овој глави.

<sup>62</sup> Својства првог реда су везана за објекте и физичке услове типа положаја и стања њиховог кретања.

### 5.1.4 Каквом знању треба тежити у поучавању физике?

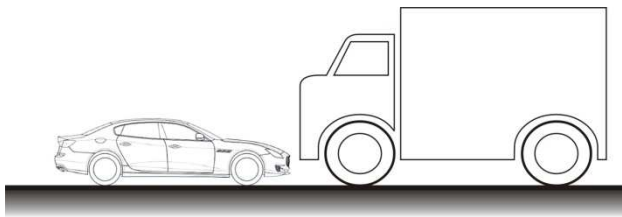
Традиционална настава физике у школи предавачка је и, на тај начин, једносмерна. У таквој ситуацији сматра се добрим резултатом ако ученик стекне декларативно знање о садржајима који су наведени у школском програму. То значи да је он у стању да репродукује научено знање (онако како га је научио и за ситуације које су разматране на часовима), опише, дефиниције, законе, моделе, математичка извођења. Слабим резултатом се сматра мањкаво декларативно знање, тј. ситуације када ученик неке од тих ствари није у стању да репродукује, јер их није научио.

Данас су промене на технолошком плану веома брзе, технолошки циклуси све краћи, пораст укупног знања све бржи, тако да се не може предвидети какве ће конкретне проблеме ученици морати да решавају у блиској будућности. Декларативно знање, тј. чиста репродукција научног, не може, стога, да послужи као чврст темељ за суочавање са тим, сасвим новим, проблемима. У духу таквих стремљења је и изрека Дениса Габора, изумитеља холографије, да се будућност не може предвидети већ се мора креирати. У настави физике би такав корак, који би значео припремање за ближу и даљу будућност, могао бити помак са декларативног ученичког знања ка процедуралном знању. Тај циљ се може остварити увођењем интерактивног наставног процеса и проблемски усмерене наставе, односно наставе засноване на образовном конструктивизму о коме ће бити више речи касније у овој глави.

За илустровање разлике између декларативног и процедуралног знања, а и као аргумент да само декларативно знање није добар основ за суочавање са непознатим (ненаученим) ситуацијама, као примери могу да послуже питања са једног, у светским оквирима, чувеног теста.<sup>63</sup>

Једно од питања гласи:

*Велики камион се судари чеоно са малим аутомобилом. Током судара:*



*а) камион делује на аутомобил већом силом него аутомобил на камион.*

*б) аутомобил делује на камион већом силом него камион на аутомобил.*

<sup>63</sup> Ради се о тесту који је познат под скраћеницом FCI. FCI је скраћеница од енглеског назива теста Force Concept Inventory који је смишљен ради утврђивања ученичких претконцепција у механици.



в) ниједно возило не делује силом: аутомобил је здробљен зато што се нашао камиону на путу.

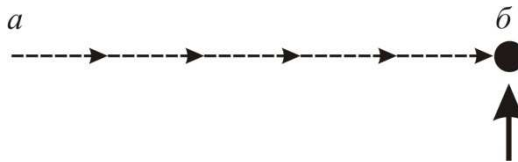
г) камион делује силом на аутомобил, али аутомобил не делује силом на камион.

д) камион делује на аутомобил једнаком силом као и аутомобил на камион.

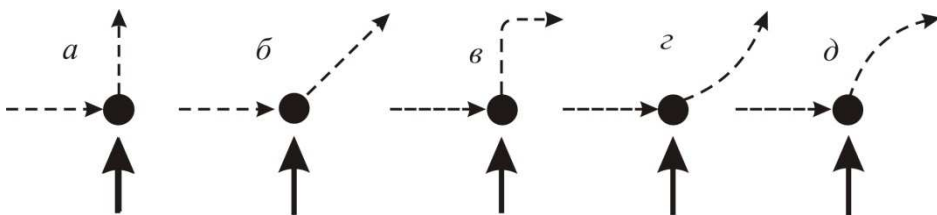
У једној средњој школи у Србији, чак 70% ученика, одговорило је да камион делује на аутомобил већом силом него аутомобил на камион. Тачан одговор је дало 19% ученика, што показује неразумевање Њутновог концепта сила акције и реакције. Ученици поседују декларативно знање о Њутновим законима, али у једној релативно непознатој ситуацији, већина њих не даје тачан одговор.

Ево још једног питања.

Слика приказује хокејашку плочицу (пак) која клизи праволинијски без трења по хоризонталној површини. Плочица се креће сталном брзином  $v_0$  од тачке "а" до тачке "б". Силе којима ваздух делује на плочицу су занемарљиве. Гледате плочицу одозго. У тачки "б" плочица добија краткотрајни хоризонтални ударац у смеру назначеном дебелом стрелицом. Да је плочица мировала у тачки "б", ударац би је покренуо на хоризонтално кретање брзином интензитета  $v_u$  у смеру ударца.



Којом путањом ће се плочица кретати након ударца?



У овом питању тачан одговор, под б, који је у сагласности са Другим Њутновим законом изабрало је 50% ученика. Размишљање 28% ученика у сагласности је са претконцепцијом да последња сила којом се делује одређује кретање.

И овде се може изрећи коментар истоветан оном код претходног задатка. Ученици могу да дају тачан одговор на питање како гласе Њутнови закони и могу чак и да наведу примере које су чули на часу или прочитали у књизи. Ипак, при сусрету са новим проблемима у којима би требало да

примене своје знање, ученици у великој мери греше, па се на основу тога види да они поседују само декларативно знање.

## 5.2 Правци у филозофији природних наука

Данас, у филозофији природних наука, преовладавају идеје конструктивизма мада још увек постоји и велики број заговорника модерног реализма. Да би се боље разумео развој и основе данашњих филозофских идеја, треба их повезати са претходним јер се неке, иако превазиђене, појављују и данас у наставној и научној пракси.

*Контovski позитивизам* је основао француски филозоф из 19. века Огист Конт. Он сматра да је основна карактеристика науке тзв. *научни метод* који се састоји у концентрисању на опажљиве величине и појаве које се могу објективно одредити и измерити. По њему, научни метод може се применити и на друштвене и хуманистичке науке. Науке треба да се баве *опсерваблама* односно објективно одредивим појавама и величинама. Све науке су узajамно повезане и чине низ који историјски почиње математиком, а наставља се преко астрономије, физике, хемије, биолошких наука итд. Конт је значајан и по томе што је увео/засновао социологију као научну дисциплину. По Конту, свака наука у развоју пролази кроз три стадијума: теолошки, метафизички<sup>64</sup> и научни. Са временом су неке идеје Контовог позитивизма напуштене, али су се задржале и постале популарне у образовној пракси. Такав је случај са рецимо веровањем у универзални научни метод који се одвија кроз низ прописаних корака.

*Емпиризам* је на становишту да је наше укупно знање засновано на искуству које имамо преко чула. То значи да је знање утемељено на неинтерпретираном искуству на које се примењује формална логика. Емпиристи сматрају да не може постојати научни метод који са сигурношћу води од резултата опажања до скривених узрока. У складу са тиме наука се мора ограничити на феномене који су опажљиви, а не може се говорити о суштини, унутрашњим узроцима и механизмима које се не могу директно опазити. Сво знање, сем можда логичко-математичког, засновано је на искуству. Емпиризам је средином 20. века у филозофији превазиђен, али је, слично Контовском позитивизму, и даље присутан у образовној пракси. Насупрот емпиризму, савременије гледиште је да резултат опажања и наша перцепција света, битно зависе од наших уверења, очекивања и контекста у коме су се десили. То је за осавремењивање образовања из области

---

<sup>64</sup> Метафизика (на грчком мета-иза) је филозофска дисциплина која проучава појаве и процесе изван света реалног опажања. То су питања о смислу постојања, настанка, живота итд.

природних наука веома важно – експеримент и опажање и надаље остају један од битних сегмената у процесу учења и поучавања, али у склопу са предвиђањима, хипотезама и моделима који омогућују целовито разрешавање разматраних проблемских ситуација.

*Логички позитивизам* (или логички емпиризам) специфичан је облик емпиризма, развијен двадесетих година 20. века у такозваном бечком кругу.<sup>65</sup> Припадници бечког круга су из разних наука Мориц Шлик и Филип Франк (физика), Рудолф Карнап и Фридрих Вајцман (математика и филозофија), Ото Неурат (социологија), Курт Гедел и Ханс Хан (математика) а касније су значајни припадници постали Рајхенбах, Хемпел и Ајерс. Логички позитивизам је као организовани покрет престао да делује када је дошло до Хитлеровог успона, али су његове идеје живеље и развијале се и даље у радовима који су објављивани у четрдесетим и педесетим годинама 20. века.

Главне карактеристике логичког позитивизма су:

- Веома одобојан и непријатељски став према метафизици, чиме се настојао елиминисати утицај који је до тада метафизика имала на континенталну филозофију. Припадници овог правца су у ствари у потпуности одбацивали метафизичке идеје у наукама.
- Као центар логичког позитивизма, које заиста елиминише метафизику, уводи се принцип верификације по коме је неко тврђење смислено, ако и само ако је, емпиријски проверљиво. Верификација треба да буде заснована на једноставним, елементарним, директним и несумњивим описима чулног искуства. Поједностављена верзија тог принципа је да, ако се нешто не може видети или измерити, тада о томе нема смисла расправљати. Ова идеја је била јако присутна у природним наукама средином 20. века па и након тога. И данас су те идеје присутне у образовној пракси што чини баријеру усвајању савременијих и успешнијих модела наставе природних наука.

У настави се наслеђе логичког позитивизма најчешће манифестује на један од следећа два непожељна приступа:

- Обрада одређене појаве започиње експериментом, а да се не зна шта је заправо проблем који се третира, и без икаквих ученичких предвиђања о могућем резултату експеримента. Ученици следе чисто индуктивистички приступ не знајући шта тачно раде и зашто.
- Тежиште је на верификацији. Најпре се разматрани проблем третира апстрактно и аналитички се долази до решења. Након тога се добијено решење верификује експериментом. Тако апстрактна

---

<sup>65</sup> Бечки круг је асоцијација филозофа окупљених око Универзитета у Бечу, двадесетих година прошлог века којом је управљао Мориц Шлик. Бечки круг је познат такође под именом Удружење Ернест Мах.

генерализација долази пре стицања физичког искуства<sup>66</sup> па је ученици углавном не могу пратити.

Логички позитивизам је, с развојем наука, наишао на велике тешкоће. Према Карлу Поперу, оне су се заснивале на чињеници да су припадници бечког круга покушавали да нађу критеријум према којем ће метафизику учинити безначајном и бесмисленом у поређењу са науком. Сваки од таквих критеријума је, међутим, доводио до потешкоћа, јер су метафизичке идеје често претходнице научних идеја.

Други тип потешкоћа је проблем верификације теоријских ентитета (на пример, у физици микросвета би то били неутрини, кваркови, итд.). Њих, као што добро знамо није могуће верификовати директно преко чулних искустава. Из таквих разлога је логички позитивизам напуштен као филозофски смер.

Заједничко становиште свих варијанти *научног реализма* су да ентитети (реалан свет) постоје независно од тога опажамо ли их или не и независно од наших теорија о њима. Теорије описују свет на начин на начин који је врло близак истини. Сукцесивне научне теорије све боље описују стварни свет и све се више приближавају истини. То је заједничко становиште традиционалног и модерног реализма, док се у неким другим идејама мало разликују.

Традиционални реализам садржи неке идеје Контовог позитивизма. Наука је фундаментална и може на основу ограниченог броја основних начела објаснити феномене на дубљем нивоу реалности. Постоји добро дефинисана научна метода која води од опажљивих феномена до скривених узрока и суштине. Научни принципи, методе и резултати су универзални и могу се применити у свим подручјима па и у подручју вредности и норми. Важи монистичка концепција по којој на најдубљем нивоу постоји само један свет који се састоји само од једне врсте супстанце и који се може комплетно описати физиком. Научне дисциплине се у принципу могу хијерархијски уредити, при чему се на основном нивоу налази физика.

Модерни научни реализам разликује се од традиционалног реализма у неким битним становиштима:

- Одбацује се идеја о постојању добро дефинисане научне методе као низа корака које треба предузети у проучавању неког проблема. Научни прогрес се заснива на креативном процесу покушаја и грешки.
- Најважнији задатак науке није описивање опажљивих ентитета него њихово тумачење.

---

<sup>66</sup> Становиште које је данас прихваћено је да треба да се ради управо обрнуто – физичко искуство мора да дође пре апстрактне генерализације.

- Значење свих научних термина (и опажљивих и неопажљивих) зависи од теоријске позадине па је свако научно опажање вођено теоријом.
- Наука одсликава структуру света, али не открива норме и вредности.

И надаље су актуелне расправе о монистичкој концепцији, у новије време у физици познатој под називом „теорија свега“. Модерни реализам данас сасвим добро коегзистира са већином идеја умереног конструктивизма.

### 5.3 Конструктивизам и његов значај за наставу физике

Конструктивизам као филозофски покрет у модерном облику настао је у другој половини 20. века. У оквиру њега се одбацује апсолутистичка традиција емпиризма и позитивизма. Конструктивизам се заснива на два принципа:

- Знање се не може пренети пасивном слушаоцу. Свака особа активно конструише своје знање.<sup>67</sup> Све постојеће знање продукт је људске конструкције. У процесу стварања знања битну улогу има конструктивна активност свести у стварању и интерпретацији искуства. Улазни подаци се процесуирају и трансформишу путем низа когнитивних структура, а коначни резултат тог процесуирања информација и искуства јесте знање. Ми не можемо преточити идеје ученицима директним преношењем, него ученици морају за себе конструисати њихово значење.<sup>68</sup>
- Функција когниције је адаптивна и служи за организовање искуственог света, а не за откривање онтолошке стварности. То је различито од филозофске традиције да знање треба да буде истинита репрезентација реалности. Термин *истина* у конструктивизму је замењен термином *вијабилност* (одрживост, преживљивост). Конструктивизам прихвата постојање реалног света (први свет), али за разлику од реалиста тврди да ми не можемо да спознамо како тај реални свет заиста изгледа. Истина је чин веровања. Конструктивизам не барата традиционалним концептом „истине“ која захтева да знамо да је одређена идеја, теорија или концептуални конструкт, тачна репрезентација нечега у нашем искуственом подручју.

<sup>67</sup> У овом тврђењу се могу препознати основне поставке тзв. активног учења.

<sup>68</sup> Овај принцип потиче од Ж. Пијажеа па се он сматра утемељивачем модерног конструктивизма. У литератури се за Пијажеову варијанту конструктивизма може срести и назив *психолошки конструктивизам*.

Став да је оно што говоримо и мислимо реплика света баш онаквог какав јесте, заснован је на веровању да можемо да га визуелизујемо и представимо себи на тај начин. Другим речима тај свет постоји засебно, и пре него што га опажамо, перципирамо и мислимо о њему. Међутим ми не можемо да придамо никакво значење изразу „постојати“ изван сфере нашег искуства. Научне хипотезе тестирамо у том искуственом свету. Искуствени светови припадају појединцима, а ти појединачни светови због друштвене интеракције се узајамно адаптирају и стварају консензуални домен.

У основама конструктивизма налазе се и неке Контове идеје, на пример да ми стварамо познати свет креирањем концепата, и да је независни свет „ствар по себи“ и изван нашег схватања. Савремени конструктивизам у филозофији наука, развио се у другој половини 20. века, а главни допринос дали су Карл Попер, Томас Кун, Имре Лакатош, данас водећи конструктивиста Ернст вон Гласерфелд и други.

Неки критичари конструктивизма оптужују конструктивисте да не признају постојање реалности, што за већину конструктивиста није тачно. Конструктивизам признаје постојање реалности и по томе је близак модерном реализму. Међутим, конструктивисти тврде да наше знање о реалности може бити само личне/субјективне природе. Конструктивизам тврди да ми, бића која знају, никада не можемо спознати како та реалност стварно изгледа. Апсолутна реалност постоји, али ју појединац никада не може сазнати до краја као истину.<sup>69</sup>

За конструктивизам питање знања није проблем истините репрезентације стварности. Конструктивизам интересује начин на који онај који зна, конструише такозвано *вијабилно* знање, тј. знање које особи омогућује бављење проблемом у контексту у којем се он појављује, и постигнуће циљева.

Научно знање није настало откривањем већ је продукт људске менталне конструкције и стога је увек субјективно. Постигнућа науке не значе истину о објективном свету и нису апсолутна; она су привремена и погрешива, али дају најбољи приказ природних појава и ситуација у одређеном времену. Научне теорије су творевине креативних појединаца и истраживачких група. Историја наука то уверљиво показује, а у физици се може пратити кроз све области. Као конкретан пример из физике, који одговара градиву седмог разреда основне школе и другог разреда гимназије, навешћемо представе о топлоти. За топлоту се некада мислило да је флуид који се прелива из тела у тело, а данас знамо да има везе са интензитетом и начином кретања честица које чине систем.

---

<sup>69</sup> Ова ситуација подсећа на мерење физичких величина у експерименту. Као што је познато, при мерењу се никада не добија тачна или права вредност физичке величине, већ резултати који су, са неком грешком, расути око њихове средње вредности.

Конструктивизам у филозофији наука није монолитан (најчешће су разлике између природних и друштвених наука), али се ипак сви његови заговорници слажу у следећем:

- Научно знање је недоказиво и непотврдљиво.
- Научне теорије су креативно конструисане спекулације. Научно знање настаје тако што научници и научна заједница конструишу најбоље могуће одговоре на постојећа научна питања.
- Класични термин *истинито* у конструктивизму замењује се, као што је већ речено, термином *вијабилно*.

### 5.3.1 Различити правци у конструктивизму

Постоји широк спектар различитих облика конструктивизма, од оних који су блиски модерном реализму до оних који су блиски постмодернизму. За методикку наставе физике значајни су следећи правци.

*Радикални конструктивизам* је епистемолошки екстремнији облик конструктивизма. Радикални конструктивисти сматрају да наука не само да не открива истину о реалном свету већ да та истина не постаје ближа са развојем науке. Данас је главни протагониста те струје Ернст вон Гласерфелд. По његовом мишљењу раст знања односи се на знање како направити ствари. На пример, данас умемо да пошаљемо човека на Месец, али то не значи да су концептуалне структуре и програм деловања развијенији у презентовању онтолошке стварности. Научили смо много о томе како да користимо корисне правилности (законе) у нашем искуственом свету и знамо много више ствари које нам свет омогућује него раније. Илузија је, међутим, да је оно што ми можемо права слика стварног света. Конструктивизам описује искуствену стварност онако како је ми доживљавамо, а оно што доживљавамо обликовано је и координисано у складу са концептима и концептуалним релацијама којима се користимо у датој ситуацији.<sup>70</sup>

*Друштвени конструктивизам* је варијанта конструктивизма према којој научна слика света и научне теорије одражавају у првом реду друштвене релације између научника који их конструишу. Заговорници овог правца сматрају да радикални конструктивисти не узимају довољно у обзир улогу друштвене интеракције у процесу конструисања знања. Почетак оваких идеја везује се за Томаса Куна<sup>71</sup> и његову тезу о пресудном утицају друштвених, психолошких и историјских вредности које превладавају у

<sup>70</sup> Интересантно је да је вон Гласерфелд констатовао да већина савремених физичара прећутно верује да су све ближе разумевању стварног света, што по њему значи да интуитивно не прихватају екстремни правац у конструктивизму.

<sup>71</sup> Томас Кун (1922–1996), амерички физичар, историчар и филозоф природе. Његово најпознатије дело је *Структура научних револуција* из 1962. године.

датом друштву, на науку. По његовом мишљењу, научно знање мора, као вијабилно, да прихвати научна заједница. Научно знање се са временом мења јер се мењају циљеви и проблеми друштва,<sup>72</sup> настају нова искуства, технологија омогућује нове начине стицања искустава и сл. Количина знања расте непрекидно и експоненцијално, а и особе које се баве природним наукама непрекидно се мењају. Научно знање је резултат процеса преговора између научника, у коме веома важну улогу игра престиж, ауторитет и моћ. У прилог овом ставу говоре бројне епизоде које су нам познате из историје науке. На пример, крајем 17. и почетком 18. века научна заједница је могла да бира између две теорије о природи светлости. То су добро познате Хајгенсова таласна теорија и Њутнова честична теорија. Превладала је Њутнова теорија, јер је научна заједница била импресионирана великим Њутновим ауторитетом. Њутнова честична теорија је тако била доминантна током целог 18. века иако су већ постојали експериментални резултати са типичним интерференционим појавама.<sup>73</sup>

Екстремни облици друштвеног конструктивизма који не признају готово никакав утицај унутрашњих критеријума дате научне области на развој науке, такође су заступљени у данашњој социологији наука данас, али се научници из области природних наука са њом углавном не слажу. Научницима је прихватљивија умеренија варијанта друштвеног конструктивизма, која, осим узимања у обзир улоге друштвених фактора прихвата и рационалност научника у конструисању чињеница и ограничења која на могућност конструкција поставља сама природа.<sup>74</sup> Уз то, знање се ствара тако да креативни доприноси појединаца и група морају проћи

---

<sup>72</sup> Државе, наиме, креирају своју образовну и научну политику – у домену образовања прописујући програме и основне вредности којима теже, а у домену наука бирајући која ће истраживања да финансирају преко научних пројеката. У том погледу нема великих разлика између неразвијеног и развијеног света. Европска Унија, наиме, приликом позива за пријављивање пројеката, обично дефинише приоритетне области које ће финансирати. Међу приоритетне области спадају, уз неке друге, данас веома актуелне, производња хране и алтернативни извори енергије. Ситуација је слична и у САД, где се у области теоријске физике високих енергија највише пара даје на развој теорије струна, јер су физичари који се баве њоме најутицајнији.

<sup>73</sup> Њутнови прстенови, боја танких листића, Грималдијева и Њутнова теорија дифракције, итд.

<sup>74</sup> Дobar пример за открића која нису диригована друштвеним интересом су Ајнштајнови радови из 1905. године када је још увек био службеник патентног бироа у Берну. На том радном месту није био финансиран за истраживања, али их је свеједно обављао јер су му била лично интересантна. Као што је познато, ти његови резултати су направили праву револуцију у областима којима припадају.



процес верификације да бих их консензуално прихватила друштвена заједница.<sup>75</sup>

Неки критичари радикалног друштвеног конструктивизма погрешно наводе да су, по конструктивистичком становишту, све конструкције једнако вијабилне. Такве идеје су засноване на уверењу да је лична конструкција срж конструктивизма, при чему занемарују друштвену компоненту знања. Она се односи на то да знање мора бити вијабилно, не само лично, већ и у друштвеном контексту. Конструктивисти, наиме, не сматрају да су све конструкције једнако вредне. Другим речима конструкција знања нема потпуно слободу – неки наши концептуални конструкти и теорије функционишу, а неке не. Ако се, на пример, разматра заједница ученика на нивоу одељења, конструктивizam не сугерише да ученици могу опстати при својим претконцепцијама, наивним теоријама и некоректном знању. Дужност је наставника (који у наставном процесу заједно са ученицима чини субдруштвену заједницу) да им помогне у учењу (конструисању) онога што друштво сматра актуелним вијабилним знањем. Конструисање тог и таквог знања одвија се кроз процес оспоравања и преговарања, а не једносмерног преношења знања ученику од наставника. Постизање одговарајућег консензуса веома је важно у подучавању у школи, где улогу друштвене и научне заједнице преузимају одељење и наставник.

*Тривијални конструктивizam* је облик конструктивизма у коме се не инсистира на оштрим епистемолошким захтевима екстремних варијанти конструктивизма. Након што се конструктивистички приступ показао као веома плоносан у образовању, термин тривијални конструктивizam уведен је ради придобијања оних наставника које привлачи конструктивистички приступ настави, али нису спремни да промене своју епистемолошку оријентацију. У овој варијанти конструктивизма и даље остају основне одреднице конструктивизма које су за наставни процес и битне и довољне. Али, за примену у настави комплетнији је облик који се зове образовни конструктивizam.

## 5.4 Образовни конструктивizam

*Образовни конструктивizam* је облик конструктивизма који се односи на процес образовања. Он се најчешће своди на тривијални конструктивizam комбинован са неким блажим аспектима друштвеног конструктивизма. У њега нису укључена екстремна епистемолошка становишта радикалног и друштвеног конструктивизма. Најважније карактеристике образовног конструктивизма су:

- Знање није могуће пренети пасивном слушаоцу.

---

<sup>75</sup> Верификација има више нивоа. Прва се одвија преко рецензије радова који се пишу за часописе. Након објављивања, ови резултати пролазе масовнију верификацију јер постају доступни најширој научној заједници.

- Знање је резултат личне конструктивне активности.
- Наставник-конструктивист не сматра да је оно чему он поучава ученика коначна истина. У природним наукама једино што се може рећи је да је то најбољи начин разматрања дате ситуације (на данашњем степену развоја дате науке).

Тако, на пример, у математици може се показати да дати резултат произилази из примењене логике на основу одређених премиса. Премисе, међутим, нису априорне карактеристике објективне стварности већ наша концептуална одлука. То се нарочито јасно види ако се има у виду избор система бројева који употребљавамо. Децимални систем наине, са свим својим импликацијама (правила за сабирање, множење, дељење...) је концептуални систем, односно мисаона конструкција, јер не постоји у објективној реалности. Историја нас учи да су нека друштва користила друге системе (хексадецимални, октални), а знамо да рачунари функционишу на бази бинарног система.

Стога можемо закључити:

- Данашња наука је оно о чему се данашњи научници слажу. За конструктивисте то слагање не значи да су концепти и концептуалне релације за различите људе идентичне у њиховим другим (личним) световима. Различитости међу ученицима у одељењу још су веће и о томе треба водити рачуна у наставном процесу.
- Атмосфера у учионици треба да буде таква да ученицима омогућује конструктивистички начин учења, тј. конструктивистичко размишљање, односно конструисање идеја и координисану дискусију у којој се размењују мишљења и постиже некакав облик консензуса. Један од најбољих начина на који је то могуће остварити јесте да се нови садржаји дају у облику занимљивих и проверених проблемских ситуација у чијем разрешавању ученици активно учествују.
- Наставни процес мора бити наглашено интерактиван. Излагања наставника могу по правилу трајати највише пет минута у току једног школског часа, не рачунајући његово учествовање у расправи.
- Улога наставника је да припреми и подстиче одговарајућу проблемску ситуацију и да има улогу координатора расправе у учионици. Примарни критеријум прихватљивости одређене ученичке конструкције је њена вијабилност, а након тога долазе и секундарни критеријуми: једноставност, економичност, елеганција, итд.
- Застарело је и несврсисходно уводити нове концепте и концептуалне релације формалним дефиницијама (вербалним

или представљеним у облику закона изражених формулама). Треба их уводити на операциони начин, тј. кроз проблемске ситуације у којима ученици (најчешће на основу експеримента) у току расправе сами увиде да је у циљу прецизнијег описивања појаве пожељно увести нови концепт или нову релацију која повезује неколико концепата.

- Тврдња да ученици изграђују своје лично знање нужно води до закључка да они на почетку образовног процеса организованог у школама нису без икаквих знања (нису *tabula rasa* како се обично каже). Знање којим већ располажу је једини основ на коме се може дограђивати ново знање. Због тога је за наставника веома битно да има идеју о томе колико је знање ученика, односно којим концептима они располажу и како их повезују. Другим речима треба утврдити њихове претконцепције.

Шта год да ученик каже у одговору на неко питање за њега је у том моменту смислено и треба поштовати такав одговор. Чак и уколико је он сасвим чудан и погрешан, учениковом одговору се мора приступити озбиљно и потребно је од ученика затражити да га потпуно образложи и објасни. Брзоплето рећи да је ученикова изјава погрешна није добро јер ће ученика вероватно потпуно обесхрабрити. Искуство показује да, уколико се уђе дубље у ученикову интерпретацију питања, може се чак закључити да је његов одговор добар.

- Никада не треба претпоставити да је учеников начин размишљања једноставан и транспарентан. Питати ученике како су дошли до одговора је добар начин откривања путева којима иду њихове мисли и концепата на којима се базирају закључци. То омогућује наставнику дијагнозу ученичких претконцепција, што је од кључне важности за успешно дизајнирање и спровођење процеса концептуалних промена.
- Да би разумео и прихватио учениково размишљање наставник мора да буде увек флексибилан. Познато је наима да ученици, поготову у млађим разредима, полазе од премиса које су за наставника тешко докучиве без дискусије са учеником који их је изнео.
- У погледу програма, образовни конструктивizam заговара такво структурирање програмских садржаја у коме су различити садржаји узајамно повезани и чине једну заокружену целину. Једно од правила које се промовише последњих година (оно се истиче и на већини скупова наставника и методичара физике у Европи и свету) у погледу програма је *дубина на рачун ширине*.<sup>76</sup>

<sup>76</sup> То правило је први пут постављено као закључак једног скупа методичара 1959. године у САД под руководством Церома Брунера.

Ова парола се потпуно уклапа у конструктивистичко виђење поучавања и учења.

Идеја *дубине на рачун ширине* значи да треба давати предност ужем избору садржаја приликом којих треба ићи у већу дубину. Наиме, за учениково конструисање знања у учионици и за учење са увиђањем смисла до кога се долази залажењем у дубину датог проблема, треба више времена. Тај захтев за више расположивог времена (с обзиром на то да је дужина времена предвиђеног за часове у школи ограничена одговарајућим прописима) мора да се компензује мањом ширином садржаја програма. Већина традиционалних програма и уџбеника направљени су обрнуто од ове идеје. Углавном се ради о енциклопедијама физике, са мноштвом садржаја који су обрађени навођењем дефиниције и мање-више неповезаних информација и закључака. Такви материјали су неприкладни за учење са разумевањем и за стицање процедуралних знања.

## 5.5 Пијажеове идеје и методика наставе физике

Иако је Пијаже своје резултате почео да објављује још 1927. године, са неким од њих се шири јавност упознала тек када су његове књиге 50-их година преведене на енглески језик. Веома брзо је уочено да резултати његових истраживања дају корисне смернице за методике природних наука.

Централни појам Пијажеове теорије је *ментална структура*. Она представља мање-више чврсто организован ментални систем који омогућује ефикасно функционисање особе у датој средини, управља понашањем појединца, контролише како и шта он мисли и како се понаша. Тако дефинисана ментална структура је модел који је конструисан на основу ученог понашања великог броја људи, углавном деце различитог узраста. Према овом моделу, укупно знање појединца одређено је његовом менталном структуром. Како се понашање људи и њихово знање мења током времена и њихове менталне структуре су подложне променама. Циљ образовања, према томе, би могао да се дефинише као постизање одговарајуће менталне структуре.

У вези са менталним структурама, битно је знати како оне настају и по којим законитостима се мењају? Такође, уколико се учење састоји од конструисања, доградње и реконструисања постојећих структура одакле долазе почетне менталне структуре појединца? Ту су постојале две крајности у ставовима. Платонисти су сматрали да су менталне структуре урођене а временом се развијају са растом мозга. Класични емпиристи су имали гледиште да структуре нису урођене већ настају искључиво под дејством околине. Истина је обично негде између крајње супротстављених ставова.

Пијаже је сматрао да рођењем јединка има само неке базичне менталне структуре, а да нова искуства и информације изазивају измену менталне структуре. За настајање и развој одређене структуре међутим нису довољна само чула већ и ментална обрада информација. Другим речима човек/дете није у стању да уочи ствари и појаве док његова свест не развије структуру која му то омогућује. Ова тврдња је у складу са резултатом неуронаука да се стицање знања и развој свести на молекуларном нивоу своди на развој неурона, успостављањем све комплекснијих веза међу њима. Број неурона особе не мења се са временом, али се они развијају и међусобно повезују. Развој менталне структуре се при томе догађа у динамичком међуделовању особе са околином у процесу који се зове уравнотежавање (еквилибрација). При томе су могућа два начина реакција и процеса развоја менталних структура који се називају *асимилација* и *акомодација*.

Уколико су нови подаци, искуство или информација у складу са постојећом менталном структуром, особа их усваја/асимилира и ментална структура се не мења уочљиво. Тако нпр. асимилирањем нове информације у школи она постаје део знања ученика. Уколико се пак добије информација која не може да се објасни на основу постојеће менталне структуре долази до когнитивног конфликта односно неравнотежног стања система менталне структуре. Да би се добило ново равнотежно стање ментална структура мора да се преструктурира и надогради. Процес усклађивања менталне структуре са конфликтним ситуацијама и информацијама назива се акомодација, а процес успостављања новог равнотежног стања је уравнотежавање или еквилибрација. Укупан процес прилагођавања и доградње менталних структура који укључује и акомодацију и асимилацију назива се саморегулација. У процесу саморегулације особа активно истражује односе, узајамне везе и начине за разрешење настале контрадикције и уношења кохеренције у новостечено искуство. Може се рећи да се учење управо своди на саморегулацију менталне структуре коју поседује ученик.

Уколико је учење у ствари саморегулација поставља се питање разумевања фактора који утичу на њега. Пијаже је утврдио да на процес учења саморегулацијом менталних структура утичу:

- искуство,
- друштвена трансмисија (интеракција),
- дозревање.

Постоје две врсте *искуства* и то физичко и логичко-математичко. Физичко се стиче стварном интеракцијом са објектима – након неког времена не виде се само објекти већ и нека врста реда, односно законитости. Логичко-математичко се развија на бази физичког, и представља рефлективну апстракцију ученика. Одавде следи закључак и порука да

школски експеримент<sup>77</sup> у одељењу, по правилу, треба извести на почетку посматрања одређене појаве. Тек након стицања физичког искуства може да се уради аналитичко извођење и апстрактна генерализација одговарајућих математичких релација и појмова. За когнитивни развој појединца битно је његово активно ментално учешће у решавању проблемских ситуација. Когнитивна структура може да се развије само на основу већ постојеће, њеном даљом доградњом у раније описаним процесима асимилације и акомодације.

Дете све посматра, посебно мања деца, из веома егоцентричног референтног система (познато тврђење да их нпр. Сунце прати док ходају). Да би се уклонио овај егоцентризам неопходна је *интеракција* детета са другом децом и наставником у којој долази до *друштвене трансмисије*. Ако нема ове интеракције неће ни бити промене менталних структура, или се могу десити промене које могу бити неадекватне. Друштвена трансмисија идеја у учионици остварује се координираном отвореном дискусијом у којој учествују ученици. На основу до сада реченог јасно се намеће закључак да би наставни процес у коме се уважавају Пијажеове идеје требало да буде увелико другачији од традиционалне предавачке наставе.

Процес развоја менталних структура је поступан, за акомодацију је потребно време. Из тог разлога су садржаји физике у програму и уџбенику распоређени тако да се иста основна знања у њима стално понављају, али не у једнаким, већ у сличним, али и сасвим новим ситуацијама. Континуирана примена већ познатих фундаменталних појмова, закона, модела и теорија на нове ситуације, осим што продубљује и проширује њихово значење, у самом прилазу новим ситуацијама захтева од ученика присећање неких њихових својстава као и процедуре њихове употребе.

Примери узимања у обзир *дозревања* су присутни на многим местима у програму и уџбеницима физике. Тако се нпр. Други Њутнов закон уводи у 7. разреду и примењује се на различите механичке системе. Практично током целог школовања и учења градива физике ученици ће примењивати овај закон у разним областима (кинетичка теорија гасова, кретање наелектрисаних честица, хармонијско кретање, механички таласи, звук, ...). Чињеница да је сила еластичних деформација опруге сразмерна њеној деформацији уведена је у 6. разреду, даље ће бити развијана код обраде осцилација у 8. разреду а након тога у 1. разреду гимназије код добијања израза за рад и енергију код опруге и поново у 3. разреду гимназије када се, са више детаља, раде осцилације и таласи.

У оквиру Пијажеове теорије когнитивног развоја детета сматра се да оно пролази кроз четири фазе/стадијума: стадијум *психомоторичког развоја/сензомоторни* стадијум (до 2. године), *предоперациони* стадијум (од 2. до 7. године), стадијум развоја *конкретних операција* (од 7. до 11. године)

---

<sup>77</sup> Изазивање физичке појаве у функцији остваривања задатака наставе физике чини школски експеримент из физике.

и стадијум развоја *формалних (апстрактних) операција* (од 11. године па надаље).<sup>78</sup> У стадијуму формалног мислиоца ученик је у стању да размишља апстрактно. Почетна Пијажеова тврдња била је да се овај стадијум постиже до 15. године, али пажљивија анализа показује да то није случај у свим подручјима<sup>79</sup> нити је истовремено за све ученике. Пијаже је касније кориговао своје тврђење и претпоставио да се овај стадијум достиже до 20. године.<sup>80</sup> Свака од фаза је окарактерисана могућностима, али и ограничењима мишљења деце. За наставу физике, која се у Србији изводи од 6. разреда основне школе, важне су карактеристике последње две фазе: фаза конкретног мислиоца која се у просеку достиже са 11 година старости и фаза апстрактног мислиоца која се развија на даље. То значи да су ученици који у основној школи уче физику, у прелазној фази између конкретног ка формалном начину размишљања. Сазнања овог типа неопходно је имати у виду приликом осмишљавања програма предмета. Она такође усмеравају ауторе програма, уџбеника и наставнике да треба водити рачуна о следећа два аспекта:

- наставни садржаји морају да буду презентовани на нивоу који је примерен датој старосној доби ученика,
- наставне садржаје треба структурирати и разрадити тако да они у процесу учења повољно делују на развој когнитивних структура ученика.

Наредни важан корак је учачавање чињенице да велику улогу у учењу имају ученичке интуитивне идеје или претконцепције. Наиме, још је Пијаже тврдио да дечији ум пре формалног образовања ипак није без икаквих знања. Другим речима, свако учење заснива се на доградњи већ постојећег знања. Пошто се у оквиру учења усвајају одређени научни концепти, представе које ученици имају о њима пре формалног учења у школи називају се интуитивне идеје или претконцепције.<sup>81</sup> Претконцепције веома често чине јаку препреку у процесу учења физике у школи. Зато је за процес учења у школи важно *идентификовање претконцепција* и потом њихово *реструктурирање*.

<sup>78</sup> Когнитивни развој сваке особе одвија се неједнаком брзином, али увек по одређеном редоследу, од мање ефикасних до ефикаснијих начина мишљења.

<sup>79</sup> То значи да посматрана јединка може бити нпр. у стадијуму конкретног мислиоца за природне, а у стадијуму формалног мислиоца за друштвено-хуманистичке науке.

<sup>80</sup> Истраживања су тако показала да у САД чак 50% одраслих није достигло стадијум формалног мишљења, док у Енглеској мање од 20% ученика достиже тај стадијум на крају обавезног школовања (са 16 год.).

<sup>81</sup> У литератури на нашем језику наилази се и на термин предпојам иако, у духу процеса са слике 5.1 и анализе извршене на основу ње, постоји разлика између термина појам и концепт.

### 5.5.1 Претконцепције у механици

Механика је основна област у физици, чије је разумевање нужно и за остале гране физике. Сем тога, кроз обраду садржаја из механике, ученици се уводе у методу целе физике. Из тог разлога је ученичко разумевање појмова у механици веома битно за њихово даље разумевање физике.

Део ученичких претконцепција има основу у информацијама које су они усвојили на основу свог непосредног искуства и културног окружења. С обзиром на то да су ученици седмог разреда једно значајно време провели у школи, њихове *алтернативне идеје* су међутим последица како неформалног тако и формалног образовања.

Претконцепције у области механике су бројне и релативно добро истражене. Неке од њих су:

- за било какво кретање потребно је деловање силе,
- за кретање константном брзином потребна је константна сила,
- кретање се одвија у смеру деловања силе,
- тело које мирује не може да на друга тела делује силом,
- тежа тела падају брже, итд.

При утврђивању постојања претконцепција ученицима се задају проблеми у којима не постоји потреба за рачунањем. У поступку њиховог решавања ученици не користе Њутнове законе већ се при налажењу одговора служе сопственом интуицијом. Упркос томе што ученици декларативно знају Њутнове законе, такве њихове идеје спадају у предњутновско раздобље у коме је доминирао аристотеловски приступ физици. Разлог је једноставан – аристотеловска механика је ближа интуицији јер свет посматра око нас без идеализација. Њутнова механика је у том смислу контраинтуитивна, јер кретања разматра у идеализованом свету (нпр. без трења).

У циљу процене заступљености алтернативних концепција и процене ученичког разумевања одређених концепата у Америци је 1992. године развијен тест Force Concept Inventory (FCI). Ради се о концептуалном тесту из механике који је састављен као тест вишеструког избора који кроз 30 питања испитује ученичко разумевање њутновског концепта силе без икакве употребе формула и рачунања. При томе су понуђени одговори базирани на познатим ученичким алтернативним концепцијама. На том наизглед једноставном тесту, готово тривијалном са становишта професора физике, ученици и студенти углавном су постизали врло лоше резултате, и то чак и након што би одслушали и положили уобичајене уводне предмете из физике на факултетима.



### 5.5.2 Концептуални тестови из механике – пилот истраживања у Србији

Концептуални тест из механике је преведен на више од 20 језика и реализован је у пуно земаља. У земљама у окружењу, у Хрватској је школске 2006/07. урађено тестирање на узорку од 12 366 ученика гимназија. У Црној Гори је, такође, рађено слично истраживање, док у Србији за сада није извршено тестирање репрезентативног узорка ученичке популације на систематичан начин.

#### *FCI тест*

У Србији је тестирање FCI тестом реализовано само на веома малом узорку од 47 ученика другог разреда гимназије у Смедереву у поступку израде једног мастер рада, тако да се у овом случају радило о својеврсном пилот истраживању као уводу у израду теста на већем узорку који би покрио целу Србију. Резултати истраживања су слични онима у суседним земљама и углавном потврђују закључке самих аутора теста:

- 1) Математичке вештине нису важан фактор за постизање резултата на FCI тесту.
- 2) За ученике и студенте који тек почињу да уче физику пред-тест<sup>82</sup> резултати су увек ниски.
- 3) Код уобичајене предавачке наставе не долази до великог повећања резултата од пред-теста до пост-теста.
- 4) Постоји концептуални праг од близу 60% бодова на FCI тесту. Испод тога је ученичко разумевање њутновских концепата недовољно за ефикасно решавање проблема из механике.

Пошто FCI покрива основне појмове Њутнове механике, низак резултат на том тесту поуздан је индикатор озбиљних недостатака у ученичком разумевању њутновских концепата. Један од најважнијих података који су утврђени у овом истраживању је да резултати пред-теста код средњошколаца нису зависили од социјално-економског статуса ученика, њихове расе или географског подручја на коме живе. С друге стране резултати пост-теста су у великој мери зависили од компетенција наставника, као и од заинтересованости ученика који су изабрали да слушају наставу физике.

Иако се FCI тест односи само на механику, тешко је очекивати да ће ученици који нису развили концептуално разумевање механике бити много бољи у другим областима физике, које су још апстрактније и концептуално захтевније. Може се претпоставити да лош резултат на FCI тесту упућује на уопште слабо разумевање физике код ученика.

---

<sup>82</sup> Пред-тест – тест који ученици раде пре слушања курса механике, пост-тест – тест урађен после одслушања курса.

### *Тестирање разумевања фундаменталних основа трења*

По узору на FCI тест у Србији су вршена пилот истраживања у циљу провере разумевања трења.<sup>83</sup>, који има 10 питања са понуђеним одговорима. Тестирање је спроведено међу ученицима друштвено-језичког смера гимназије у Косовској Митровици и смера ветеринарски техничар пољопривредне школе у Лешку. Тестирано је 50 ученика четвртог разреда (наставна тема везана за трење се слуша у првој години). Како су у питању ученици четвртог разреда који су у првом разреду слушали о трењу, овај тест се може сматрати неком врстом пост-теста. На основу резултата анализирани су основни типови ученичких погрешних представа. На већи број питања ученици су дали погрешне одговоре што указује на недостатке у ученичком разумевању трења.

### **5.5.3 Концептуална промена**

Уколико је систем алтернативних идеја чврсто усађен у главе ученика, шта учинити да би ученик одустао од тих идеја? Обећавајућа могућност за промену концепција су идеје аналогне промени парадигми у наукама и процесу акомодације у Пијажеовој теорији. Главни радови у вези са концептуалним променама настали су 80-их година прошлог века, чиме је дат велики допринос приближавању конструктивизма наставној пракси и њеним проблемима. Концептуална промена је когнитивни процес у коме је истакнута карактеристика трансформација основних концепција у процесу учења. Могуће је при томе разликовати *револуционарну* и *еволутивну концептуалну промену*. Револуционарна промена је аналогна промени парадигме у филозофији наука, а еволутивна научним активностима унутар одређене парадигме и (блаже) акомодације. Основни услови за успешно остваривање концептуалне промене у учионици су:

- Мора се показати да је постојећа погрешна концепција незадовољавајућа, јер ученик неће напустити концепцију која заузима значајно место у његовом размишљању све док не увиди да она заиста није функционална.
- Нова идеја мора да буде макар донекле разумљива, кохерентна и конзистентна.

---

<sup>83</sup> Детаљи везани за ово истраживање могу се наћи у магистарској тези: Вера Прокић, *Сила трења – од фундаменталних процеса до макроскопских закона*, Природно-математички факултет, Ниш, 2014. и чланку Љубиша Нешић, Вера Прокић, „Истраживања у методици наставе физике и њихов значај за физику“, *Зборник радова са научног скупа Наука и глобализација*, Пале, 17-19. мај, 2013, 207-218.

- Нова идеја мора да од почетка делује уверљиво. Битни фактори који доприносе почетној уверљивости су могућност разрешавања неких битних проблема и конзистенција са већ усвојеним знањем.
- Нова идеја мора да делује плодносније од старе по успешности, елеганцији, ширини и снази.

Набројани услови укључују претпоставку да се учење одвија у одговарајућем концептуалном контексту. Овај став се понекад назива *концептуална екологија*. Основа је у томе што се ментална структура и развој личног знања сагледава као метафора екологије у којој су идеје и концепти резултат процеса природне селекције. Интелектуално окружење у коме особа живи (културна уверења, језик, прихваћене теорије,...) фаворизују развој неких идеја, а коче развој неких других. Тако интелектуално окружење делује као еколошка ниша. Концептуална екологија укључује динамичку интеракцију између структура знања особе и интелектуалног окружења у коме она живи. Састоји се од бројних елементарних когнитивних ентитета, али и од различитих когнитивних творевина, као што су аномалије, аналогije, метафоре, разна веровања, знање из других области, знање о концепцијама... Ти су аспекти концептуалне екологије важни за наставу из два разлога:

- донекле је могуће предвиђање таквих ученичких когнитивних творевина;
- њихова примена у настави олакшава процес концептуалне промене.

Новија верзија процеса концептуалне промене садржи неколико модификација а све се односе на концептуалну екологију:

- за описивање ученикове концептуалне екологије треба узети у обзир што шире подручје фактора;
- постојеће научне концепције и претконцепције нису само ентитети на које делује концептуална екологија него чине и део ученикове концептуалне екологије и морају се сагледавати у интеракцији са осталим компонентама.
- Концепције и претконцепције могу постојати у различитим модовима репрезентације и са различитим степеном артикулисаности. Могуће је чак и да не постоје унапред у менталној структури ученика него се у датој проблемској ситуацији створе под утицајем различитих елемената концептуалне екологије.

Укључивање ученика у процес подстицања концептуалне промене у току часа сматра се најбољим начином суочавања са ученичким претконцепцијама. Цео процес мора бити интерактиван (расправа и „преговарање“) и мора да се заснива на низу пажљиво припремљених

проблемских ситуација. У почетној фази наставник идентификује битне ученичке претконцепције. Оне које нису у складу са научним становиштима замењују се, у процесу концептуалних промена, новим, научно коректним концепцијама. Такав наставни процес организује наставник, али ученик је тај који доноси личну одлуку хоће ли реконструисати своје претконцепције, идеје и уверења. Циљ је интеграција учениковог приватног и школског знања у интегрално ученичко знање које је у складу са научним знањем.

Данас преовладава становиште да ученици могу колективно да стану уз исправну теорију једино преговорима, при чему је неопходно да им се током расправе предоче прихватљиви аргументи. Тиме се уједно наставницима пружа прилика да илуструју карактеристичности научног приступа у поређењу са конкурентним интерпретацијама. Тежиште је на потешкоћама које ученици имају са сасвим одређеним садржајима, на каталогизирању њихових типичних грешака и сугерисању њиховог отклањања. Није довољно само утврдити дечије грешке, него и од деце тражити и њихово тумачење сопствених грешака.

Битна особина смисленог учења при томе је интеракција нових захтева за учење са постојећом когнитивном структуром. Стога се настава мора усредсредити на оне стратегије које деци највише помажу у тешком прелазу од свакодневног мишљења ка научном начину мишљења. Тежиште истраживања преноси се са садржаја појмова на начин њиховог функционисања у свести детета.

Проблематика концептуалних промена је веома актуелна и данас, што се види из великог броја истраживачких радова на ову тему. Данас је конструктивизам, као много шири и филозофски утемељен покрет, успео да повеже проблематику ученичких претконцепција и концептуалне промене у кохерентну слику о проблематици учења.