

Ученичке претконцепције у механици

Љубиша Нешић

Природно-математички факултет, Вишеградска 33, 18 000 Ниш

Апстракт. Ученици долазе на наставу физике са већ успостављеним системом физичких концепата заснованих делом на сопственом искуству, а делом на знањима стеченим у претходном школовању. Како је физика својим добрим делом апстрактна и често није у сагласности са уобичајеном интуицијом, ученичке идеје (претконцепције) често су у супротности са физичким идејама. На тај начин оне могу представљати препреку усвајању физичких идеја. Да би настава била ефикаснија потребно је, након утврђивања, радити на њиховом елиминисању, и замени правим научним концептима.

УВОД

Велики број школских предмета листу кључних компетенција (специфичних за предмет) може да развије на основу листе кључних појмова који се уводе у оквиру самог предмета. У физици то није случај, поготову у основној школи, где се физика углавном бави једноставним моделима феномена у природи, за чији опис најчешће већ постоје усвојене речи. Снага, сила, брзина, ... речи су из свакодневног говора и веома је битно утврдити на који начин су ученици усвојили одговарајуће концепте који се крију иза сваког од тих термина, и у којој мери се они поклапају са њиховим физичким значењима.

Значај концепата за наставу физике (и наставу уопште) је у томе што је сво наше знање на свим нивоима, од перцепције света у коме живимо до високих нивоа апстракције, концептуално. Сваки концепт је људска креација и начин организовања наших искустава. Концепти обухватају правилности (сличности и разлике) или везе међу објектима, догађајима и другим концептима између којих наши умови препознају или успостављају одговарајуће релације. Значај концепата је, између осталог, у томе што различите особе могу узајамно да успешно комуницирају и разумеју једна другу једино ако се преклапају њихове концептуално-когнитивне структуре.

Концепт не треба мешати са дефиницијом, јер за дати концепт може бити више дефиниција. Дobar пример је нпр. *концепт силе у Њутновој механици*. Њу је могуће дефинисати, на нивоу шестог разреда, као величину која описује међуделовање тела са последицама: покретање, заустављање и промена брзине тела, деформација тела, трење при кретању тела по подлози и отпор при кретању тела кроз воду и ваздух.¹ Друга дефиниција *силе* (истог концепта) следи из

¹ Преузето из Правилника о наставном програму за шести разред основног образовања и васпитања.

Другог Њутновог закона кретања, задатог формулом $\vec{F} = m\vec{a}$, који је у програму седмог разреда. Сила је, у складу са њим, дефинисана као векторска величина којој је пропорционално убрзање тела.² У првом разреду гимназије је природније дефинисати је као величину која изазива промену импулса³, итд.

Ученик ствара свој лични ментални модел одређеног концепта у сложенем процесу под утицајем различитих извора. Ти извори се могу сврстати у три међуделујуће категорије, шематски приказане на слици 1.



СЛИКА 1. Три извора стварања индивидуалног концепта.

Ученик спонтано ствара личне концепте на основу перцепирања појава у свом окружењу, и то *концептуализовањем директног искуства* и на основу информација и података које је добио различитим облицима комуникације у свом *културном окружењу*. У школи пак, у процесу *формалног образовања*, ученик се среће са научним значењем разних концепата. Често се спонтано формиран концепт не подударају са њиховом научном верзијом, што отежава учење. У учењу и поучавању физике ученичке претконцепције имају веома важну улогу, па их треба веома пажљиво утврдити и анализирати.

Интуитивне идеје које ученици имају о физичким концептима и појавама су комплексне и умногоме зависе од ситуације и контекста. Такође нису ни сасвим кохерентне. Ако нису у складу са физичким знањем (што је чешћи случај), чине озбиљну препреку у учењу физике. Ако јесу у складу са физичким знањем представљају мост у учењу физике. Личне ученичке концепције развијају се и мењају током времена, али су врло тврдокорне и тешко их је елиминисати.

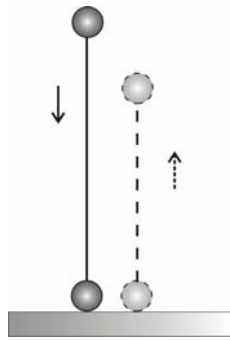
Када је реч о терминологији, у овој области треба разликовати претконцепције и алтернативне идеје. *Претконцепције* или *интуитивне* идеје се изворно односе на ученичке идеје о неком феномену пре формалног учења

² Оваква дефиниција силе је блиска изворној Њутновој: *Сила је деловање на тело којим се мења његово стање, било мировања, било једноликог кретања по правцу.*

³ У домену Ајнштајнове теорије релативности се дефиниција силе мора надоградити док у квантној механици пак концепт њутновске силе губи смисао.

тога феномена у школи. *Алтернативне идеје* пак могу постојати или као претконцепције, или као мешавина претконцепција и формалног учења у школи.

Овакву ситуацију добро илуструје следећи пример. Замислимо оглед у коме се испушта челична куглица са неке висине на металну плочу. Посматрањем се утврђује да се куглица након пада на плочу одбија на висину која је нешто мања од почетне (слика 2).



СЛИКА 2. Челична куглица пада на металну плочу и одбија се.

Физичар ће за интерпретацију ове појаве да употреби низ концепата као што су: *гравитациона сила, убрзање, кинетичка енергија, еластична деформација, унутрашња енергија, еластична одбојна сила, потенцијална енергија еластичне деформације*, итд. Ниједан од ових концепата не може директно да се региструје чулима, нити је на тај начин регистрован и откривен у физици. Сви они су део *мисаоних конструкција* које су се догодиле током развоја физике, а олакшавају опис, тумачење и предвиђање физичких појава.

Ученик, који још није у школи учио механику, исту ће појаву протумачити без употребе наведених физичких концепата (за њих и не зна), а у тумачењу ће употребити своје личне конструкције које су настале интуитивно, на основу његовог свакодневног искуства односно *претконцепције*. Претконцепције чине често веома јаку препреку у процесу учења физике у школи. Зато је за процес учења у школи важно *идентификовање претконцепција* и потом њихово *реструктурирање*.

ПИЈАЖЕОВА ТЕОРИЈА КОГНИТИВНОГ РАЗВОЈА

Почетак великих промена у приступу проблематици наставе физике половином двадесетог века директно је повезан са утицајем Пијажеове теорије когнитивног развоја детета.⁴ Централни појам Пијажеове теорије је *ментална структура*. Она представља мање-више чврсто организован ментални систем који организује ефикасно функционисање особе у датој средини, управља

⁴ Осим Пијажеове теорије постоје још неколико мање-више равноправних приступа истој проблематици (Виготски, Брунер, Чомски). Свеједно, на истраживања у методици наставе физике, највише су утицале Пијажеове идеје. Један од главних разлога је тај што је Пијаже, за своја истраживања о развоју мишљења код деце, користио тестове са физичком проблематиком. Стога су и његови резултати и поруке физичарима били блиски, и у складу са тиме најприхватљивији.

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 управо 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.

Процес развоја менталних структура

Уколико се прихвати да се учење састоји од конструкције, доградње и реструктурирања менталних структура, природно је запитати се одакле долазе оне почетне менталне структуре појединца? Такође је битно утврдити законитости по којима се мењају менталне структуре особе.

Различите филозофске школе дају различите одговоре. По *платонистима*, менталне структуре су урођене, а развијају се током времена са растом мозга. *Класични емпиристи* тврде да структуре нису урођене, већ настају искључиво под деловањем околине.

Пијаже је пак имао мишљење да јединка рођењем има само неке базичне менталне структуре. Овај став је у складу и са резултатима савремене молекуларне биологије и неуронаука. При томе, за настајање и развој одређене структуре нису довољна само чула (није довољно само држати очи у уши отвореним) већ и ментална обрада података које она региструју. Ово важи за разликовање објеката⁵, али тим пре и код разумевања неког апстрактног садржаја из физике (нпр. закон одржања количине кретања), или разумевања неког физичког процеса (судар два тела, осциловање математичког клатна, ...).

Према Пијажеу човек није у стању да уочи ствари и појаве док његова свест не развије структуру која му то омогућује. Егзактну потврду за то дају неуронауке. Развој хипотетичких менталних структура аналоган је чињеници да се стицање знања и развој свести на молекуларном нивоу своди на развој неурона, успостављањем све комплекснијих веза међу њима. Развој менталне структуре догађа се у *динамичком међуделовању* особе са околином у процесу који се зове *уравнотежавање (еквилибрација)*. Број неурона које поседује особа се наине не повећава током времена, али се они развијају и међусобно повезују.

Како дете реагује на нова искуства и информације до којих долази приликом међуделовања са околином? По Пијажеу могућа су два (међусобно повезана) начина реакција и процеса развоја менталних структура: *асимилација* и *акомодација*.

Уколико су нови подаци, искуство или информација у складу са постојећом менталном структуром особа их усваја/асимилира и њена ментална структура се не мења уочљиво. Уколико је нпр. у процесу учења у школи, ученику понуђена нова информација која је у складу са њему већ познатим

⁵ Уверљиви доказ за ову тврдњу су дала истраживања на особама које су рођене слепе а тек су касније хируршком интервенцијом добиле могућност да виде. Такве особе, након што су прогледале, нису биле у стању видом да идентификују иначе познате објекте а да их не опишују.

начином мишљења, ученик ће је безболно уклопити у своју менталну структуру, чиме ће она постати део његовог знања.

Међутим, ако дете добије информацију коју не може да се објасни на основу постојеће менталне структуре, оно упада у контрадикцију која се зове *когнитивни конфликт*, а његова ментална структура долази у *неравнотежно стање*. Да би се добило ново равнотежно стање ментална структура мора да се реструктурира и надогради. Процес усклађивања менталних структура 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.

Фактори који утичу на развој менталних структура

Како се учење своди на саморегулацију потребно је установити који фактори и како утичу на њену ефикасност. Пијаже је утврдио да на процес саморегулације утичу битно три фактора: искуство, друштвена трансмисија (интеракција) и дозревање.

Искуство. По Пијажеу постоје две врсте искуства: физичко и логичко-математичко. Физичко искуство се стиче стварном интеракцијом са конкретним објектима – након неког времена не виде се само објекти већ и нека врста реда односно законитости међу њима. Генерализацијом утврђене конкретне законитости стиче се логичко-математичко искуство.⁶ На тај начин дете стиче одговарајућу логичко-математичку менталну структуру којом се може користити за примену логичких операција у другим сличним ситуацијама, са другачијим објектима. Пијажеов закључак је да се ученик, без обзира на узраст, у сусрету са новим појавама мора најпре сresti са конкретним објектима и процесима како би у интеракцији са њима стекао физичко искуство. Тек на бази њега може стећи логичко-математичке операције. Обрнути процес није природан и не погодује когнитивном развоју. Овај резултат има важне импликације за наставу физике, поготову у млађим разредима: *демонстрација експеримента мора доћи по правилу пре апстрактне генерализације*. У традиционалној предавачкој настави често се ради управо обрнуто: најпре се аналитички тражи и изводи решење проблема, а тек након тога демонстрира експеримент којим се потврђује да је резултат исправан.

Друштвена трансмисија. Деца, посебно млађа, посматрају све из веома *егоцентричног* референтног система.⁷ Да би се разбио егоцентризам неопходна

⁶ Пијажеов пример доказа ове тврдње се односио на децу која тек што су научила да броје, а о математици не знају скоро ништа. Уколико таква деца располажу са 10 објеката (поређаних куглица), она ће лако закључити да број куглица не зависи од смера њиховог бројања (са лева на десно или обратно), нити од начина њиховог распореда (у круг, четвороугао или било како). Тиме дете стиче физичко искуство које се односи на конкретних 10 куглица. На основу тога дете може да изврши генерализацију да збир било ког скупа објеката не зависи од њиховог редоследа и распореда.

⁷ Пијаже као пример егоцентричности наводи једну типичну дечију изјаву: „Сунце ме прати“.

је интеракција детета са другим људима. Ако ове интеракције нема неће бити ни промене менталних структура које могу бити неадекватне и водити ка погрешном начину мишљења. Када је реч о настави, то значи да је у одељењу неопходно остварити интеракцију између свих чинилаца наставног процеса. Оптимална интеракција има облик расправе у којој долази до размене идеја и података, конфликта и аргументованих дебата.⁸

Дозревање. Процес развоја менталних структура је поступан. То значи да се старе менталне структуре не могу акомодирати на нова искуства тренутно, већ је за тај процес потребно време. Стога, садржаји из физике у програму, уџбенику, и при обради, морају бити распоређени тако да се иста основна знања у њима стално понављају, али не у истим већ у сличним али и сасвим новим ситуацијама.

Добар пример за ово је Други Њутнов закон, који се први пут уводи у 7. Разреду, уз неке елементарне примене. На почетку 1. разреда средње школе се овај закон формулише преко промене импулса и примењује на различите механичке системе током целе школске године. Након тога, он се повремено примењује током 2. разреда (кинетичка теорија, кретање наелектрисаних честица) и током 3. разреда (хармонијско кретање, механички таласи, звук, ...).⁹

Слична је донекле ситуација са силом еластичности опруге. Она се први пут разматра у 6. 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 својстава еластичне опруге није завршен. Дозревање тог знања се наставља применом на осцилације у 8. разреду и у 1. разреду гимназије када се рачунају рад и потенцијална енергија опруге. У 3. разреду се поново обрађују механичке осцилације и механички таласи.

Овакав приступ је у складу са Пијажеовим идејама о дозревању менталних структура, и даје много веће шансе да знање везано за наведене садржаје постане трајно. Када би се сви садржаји који говоре о својствима еластичне опруге ставили у један разред (у оквиру области механика), такав приступ би био непримерен могућностима ученика. Са временом, без враћања на сличне садржаје, на овакав начин стечено знање би, поступно, сасвим нестало.

Стадијуми когнитивног развоја

У Пијажеовој теорији когнитивни развој особе, почев од рођења, подељен је на четири стадијума.¹⁰ Стадијум *психомоторичког развоја*/сензомоторни стадијум (од 0. до 2. године), *предоперациони* стадијум (од 2. до 7. године),

⁸ У традиционално реализованој настави праве интеракције у учионици углавном нема, што представља њен велики недостатак.

⁹ С обзиром на такву структуру градива не би требало да се деси да Њутнови закон буду заборављени већ у другом полугођу 1. разреда. Напротив, требало би да знање о њему постаје све дубље и потпуније.

¹⁰ Когнитивни развој сваке особе одвија се неједнаком брзином, али по одређеном редоследу, од мање ефикасних до ефикаснијих начина мишљења.

стадијум развоја *конкретних операција* (од 7. до 11. године) и стадијум развоја *формалних (апстрактних) операција* (од 11. године па надаље).

У стадијуму психомоторичког развоја се најпре развијају рефлекси и основне навике. За дете постоје само објекти које може директно да види или опипа. Развија се свест о перманентном постојању материјалних објеката и јавља се потреба за изналагањем симбола за оне објекте који нису у непосредној близини, што резултира развитком језика и стварањем услова за прелазак у виши стадијум.¹¹

У предоперационом стадијуму развија се језик, искуства покушавају да се споје у целине, развија се егоцентризам, интуитивна мисао и трансдуктивно мишљење (прелази се са једног појединачног својства на друго, нпр. “Зашто Месец виси на небу?” “Зато што је жут.”). Није развијена способност каузалног мишљења – некритички се повезују сасвим некорелисане појаве: “Зашто ексер тоне ако га ставимо на површину воде у посуди?” “Зато што је мален.” “А зашто чекић потоне?” “Зато што је велик.” Каузално мишљење је немогуће јер су заступљени:

- 1) претерани егоцентризам - треба да прође процес десубјектификације,
- 2) у опажању детета се не уочава временски след догађаја и последице – као да је веза изванвременска,
- 3) дете не може да разматра појаве временски реверзибилно, и
- 4) не примењује интуитивно елементарне законе одржања (количине, тежине/масае, запремине, ...).

У просеку деца од 7. до 11. године живота развијају способност извођења конкретних мисаоних операција. Сада су у стању да интуитивно примењују једноставне законе одржања и да *мисле каузално*, али само уколико се све то односи на конкретне објекте и процесе, а не и у односу на вербално и апстрактно изнете хипотезе. Одлике менталних структура у том узрасту су: реверзибилност, укључивање очувања и уређивање у серијски редослед. Реверзибилност се своди на то да је особа у стању да ментално окрене редослед конкретног физичког процеса – ако се скине тег опруга се враћа у неистегнуто стање. Пре обраде својстава еластичне опруге требало би утврдити да ли међу ученицима има неких који интуитивно не укључују у размишљање временску реверзибилност.

Ученик, на овом стадијуму развоја, интуитивно усваја једноставне законе очувања за неке конкретне ситуације као што је нпр. претакање воде у посуду другачијег облика (знатно ужу или знатно ширу). Како се у 6. разреду мере запремине тречноности мензуром, пре тога је потребно установити да ли су сви ученици усвојили ову операциону способност, која је неопходна за даљи рад. Уређивање у серијски редослед подразумева да су ученици у стању да уреде три скупа података у одговарајуће низове и да уоче, ако постоји, 1-1 кореспонденцију и корелацију између два таква низа. Пример за то је низ података добијених мерењем дужине опруге (или њеног издужења) за тегове

¹¹ Типично за дете у овом узрасту је да сваки предмет тресе да би чуло који звук одаје, асимилирајући га на тај начин у постојеће шеме. Стални магнет међутим не може да асимилира на тај начин јер не одаје звук приликом трешења. Неопходна је нова шема која се ствара када се уочи да магнет привлачи нека тела.

различитих тежина. Потребно је нагласити да дете у стадијуму конкретног мислиоца није у стању да изврши аналогно уређење низова везаних за апстрактне објекте. О томе треба посебно водити рачуна у настави физике у основној школи, али и у средњој, где је већина ученика у прелазној фази развоја.

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 подручјима¹², нити наступа истовремено за све ученике. Пијаже је касније кориговао своје тврђење и претпоставио да се овај стадијум достиже до 20. године.¹³

ПРЕТКОНЦЕПЦИЈЕ У МЕХАНИЦИ

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 шестог разреда једно значајно време провели у школи, њихове *алтернативне идеје* су међутим последица како неформалног тако и формалног образовања.

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.

Претконцепције у области механике су бројне и релативно добро истражене. Само 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 на друга тела да делује силом, тежа тела падају брже, итд.

Задржимо се, због њене важности, само на последњој претконцепцији из механике (тежа тела падају брже). Она се углавном заснива на искуству ученика које је везано за свакодневне, неидеализоване услове у којима, наравно, метална кугла пада брже од пера због деловања силе отпора ваздуха. Уколико се од ученика затражи да упореде падање двеју металних куглица различитих тежина њихов одговор ће бити исти, иако је ту отпор ваздуха практично занемарљив. Показује се да је та претконцепција толико дубоко усађена да неки ученици чак ни након извођења експеримента, у коме обе куглице падају истовремено на под, тврде да „експеримент није успео јер знамо да то не може бити тако“.

¹² То значи да посматрана јединка може бити нпр. у стадијуму конкретног мислиоца за природне, а у стадијуму формалног за друштвено-хуманистичке науке.

¹³ Истраживања у САД су показала да чак 50% одраслих није достигло стадијум формалног мишљења, док у Енглеској мање од 20% ученика достиже тај стадијум на крају обавезног школовања (16. год.).

Утврђивање ученичких претконцепција

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 (нема трења нпр.).

У циљу процене заступљености алтернативних концепција и процене ученичког разумевања одређених концепата, у Америци је, 1992. године, развијен тест који носи назив Force Concept Inventory. 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 су углавном постигали врло лоше резултате, и то чак и након што би одслушали и положили уобичајене уводне предмете из физике на факултетима.

Важни подаци о природи претконцепција су добијени упоређивањем карактеристичних претконцепција у различитим областима физике. Истраживањем упоредним концептуалним тестовима у областима механике и струјних кола добијени су веома занимљиви резултати. Испитаници су уз одговор требали да назначе и то колико су сигурни у њега на скали до 1 (несигуран) до 5 (веома сигуран). Резултати ова два теста су били слични по броју претконцепција, али је у поузданости одговора разлика била веома велика. У механици је поузданост одговора била готово максимална, док је поузданост одговора о струјним колима била веома мала. То значи да су претконцепције у механици веома чврсте, док је концептуално разумевање струјних кола веома несигурно. Да би се успешно отклонили ови недостаци неопходно је разумети процес усвајања концепата. У области механике је на основу тих сазнања потребно радити на елиминисању претконцепције, а у области струјних кола применити их тако да се код ученика не створе погрешне идеје.

Промена концепција

Како је систем алтернативних идеја ученика чврсто усађен у њихову главу, потребан је велики труд да би се десила одговарајућа *концептуална* промена. Овај процес одговара *акомодацији* у Пијажеовој моделу сазнања. Може се рећи да је концептуална промена когнитивни процес у коме се, у процесу учења,

реализује трансформација концепција. Основни услови за успешно остваривање промене концепција у настави су:

- постојеће концепције се морају показати незадовољавајућим да би их ученик одбацио,
- нова идеја мора, макар делом, да буде разумљива и конзистентна,
- нова идеја мора од почетка да делује уверљиво (нпр. уколико омогућује разрешавање неких битних проблема), и
- нова идеја мора да делује плодносније од старе по успешности, ширини и снази.

Укључивање ученика у процес концептуалне промене сматра се најбољим начином борбе против ученичких претконцепција. Цео процес мора да буде интерактиван и базиран на низу добро припремљених проблемских ситуација. Након идентификације битних ученичких претконцепција оне које нису у складу са научним становиштима треба заменити у процесу концептуалне промене новим, научно коректним концепцијама. Тај процес организује наставник, али ученик је тај који доноси личну одлуку хоће ли реструктурирати своје претконцепције, идеје и уверења. Битно својство учења је, према томе, *интеракција* нових информација са постојећом когнитивном структуром. Према већини научника који се баве овом проблематиком едукациони конструктивизам¹⁴ је приступ који, на прави начин, повезује проблематику ученичких претконцепција и концептуалне промене које треба извршити у процесу учења.

ЗАКЉУЧАК

Претконцепције ученика нису њихове случајне или тривијалне грешке. На то указује и чињеница да су готово сваку од њих заступали велики мислиоци из раздобља пре Њутна. Дуга и тешка анализа и критика тих идеја кроз историју припремила је терен за њутновску револуцију. Ако је разумевање кретања било толико тешко за велике умове попут Аристотела и Галилеја, не чуди да је оно тешко и за данашње ученике. Улога наставника је да утврди проблеме овог типа и помогне ученицима у њиховом превазилажењу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Planinić, M., i sar., *Zbornik radova, Osmi hrvatski simpozij o nastavi fizike*, Novi Vinodolski, str. 17-25 (2007).
2. Krsnik, R. *Suvremene ideje u metodici nastave fizike*, Zagreb, Školska knjiga, str. 69-95.
3. Hestenes, D., *The Physics Teacher*, **30**, 141-158 (1992).
4. Haullon, I. A., Hestenes D., *The Physics Teacher*, **33**, 502-506 (1995).

¹⁴ Едукациони конструктивизам је „верзија“ конструктивизма (правац у филозофији природних наука) која се бави процесом поучавања.