Бранка Н. Радловић¹

Природно-математички факултет
Универзитета у Новом Саду

Маја М. Стојановић

Природно-математички факултет
Универзитета у Новом Саду

UDK-159.955.5.072.59-057.874(497.113)

DOI:10.5937/nasvas1703497R

Оригинални научни рад

НВ год. LXVI 3/2017

ИСПИТИВАЊЕ МЕТРИЈСКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ЛОСОНОВОГ ТЕСТА И ЊЕГОВЕ ПОВЕЗАНОСТИ СА СОЦИОДЕМОГРАФСКИМ ВАРИЈАБЛАМА И ОЦЕНОМ ИЗ ФИЗИКЕ²

Апстракт Циљ истраживања које је представљено у раду био је да се провере метријске карактеристике Лосоновог теста научној резонавања (Lawson's Test of Scientific Reasoning – LTSR), као и да се испита повезаност нивоа научној резонавања са социодемографским варијаблама и оценом из физике. Научно резонавање се дефинише као скуп пошребних вештина за успешно спровођење научној метода који укључује: анализу проблема, формулисање и тестирање хипотеза, манипулацију варијаблама, као и праћење и вредновање резултата проблема. Тести се састоји од 13 питања везаних за проверу научној резонавања и 11 питања у оквиру којих ученици образлажу даје одговоре. Емпиријска анализа теста извршена је на узорку од 547 ученика гимназија у Новом Саду и Бачкој Паланци. Добијене вредности показатеља повезаности и репрезентативности указују на задовољавајуће психометријске карактеристике овој теста те се он може употребљавати у даљим истраживањима.

Кључне речи: научно резонавање, Лосонов тест, нивои постигнућа, оцена из физике.

Увод

Научно резонавање се уобичајено дефинише као скуп потребних вештина за успешно спровођење научног метода који укључује: испитивање проблема, формулисање и тестирање хипотеза, контролу и манипулацију варијаблама, као и праћење и вредновање резултата проблема (Han, 2013). Многа истраживања (Azar & Sengüles,

¹ Е-маил: branka.radulovic@df.uns.ac.rs

² Рад је настао у оквиру пројекта *Квалификациони образовни системи Србије у европској перспективи* (бр. 179010) финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

2011; Kuhn et al., 2008; Rančić i sar., 2015; Radulović & Stojanović, 2015; Radulović et al., 2016) показала су да је увођење научног метода у наставу физике изузетно значајно за когнитивни развој ученика и њихово боље разумевање физичких величина и појава. Циљ овог истраживања је провера метријских карактеристика Лосоновог теста научног резоновања (*Lawson's Test of Scientific Reasoning* – LTSR), као и испитивање повезаности нивоа научног резоновања са социодемографским варијаблама и оценом из физике. Овим тестом се постиже знатно бољи увид у ученичко знање јер јасно показује да ли су неки садржаји само меморисани или су правилно уграђени у когнитивну структуру ученика (Ates & Cataloglu, 2007; Lawson & Thompson, 1988). Тест указује на ниво способности ученика да истражују природне појаве кроз све карактеристике научног метода (анализирање, тестирање хипотеза и генералисање резултата). Посматрано из угла методике физике, у циљу правилног усвајања и разумевања физичких појмова и појава, важно је код ученика подстицати развој логичког мишљења и научног резоновања (Coletta et al., 2007; Fabby, 2012). С тим су сагласне и опште предметне компетенције за физику задате стандардима постигнућа за крај општег и стручног средњег образовања и васпитања. Према задатим стандардима, од ученика се очекује да поседују развијене истраживачке способности, да могу да предвиђају ток и исход физичких процеса и експеримената, користе научну аргументацију и критички анализирају резултате. Стога се тестом научног резоновања може испитивати и оствареност образовних стандарда. Посматрано из угла дидактике физике, тестом се може извршити и евалуација различитих дидактичких приступа настави физике, али и других наука (Perkins & Salomon, 1989, према: Ates & Cataloglu, 2007). Информације добијене о ефекту примењене наставне инструкције на постигнућа ученика могу унапредити сам наставни процес. Из тог разлога проналажење стандардизованог теста који може да детектује ниво научног резоновања изузетно је важно и с аспекта методике и дидактике физике, односно других наука.

Према сазнањима аутора, у Републици Србији није било истраживања која су укључивала Лосонов тест научног резоновања. Стога, значај овог истраживања аутори виде у емпиријској провери Лосоновог теста и приказивању резултата широј академској заједници ради давања препоруке за извођење наставе физике. Лосон је у свом раду истакао да је главна улога образовања побољшање ученичких способности научног резоновања (Lawson, 1985). На основу тога задатак методичара је да пронађе начин како да тестира ниво научног резоновања, али и како да се тај ниво повећа.

Теоријска полазишта истраживања

Научно резоновање се релативно често постављало као истраживачко питање у научним истраживањима (Carmel, 2015; Ding, 2014; Kwon & Lawson, 2000; Marušić & Sliško, 2012; Mollohan, 2015; Schen, 2007; Wood, 2015; Zeineddin & Abv El Khalick, 2010; Zimmerman, 2000, 2007). У Републици Србији спровођена су слична истраживања (Stepanović, 2004a, 2004b; Stepanović Ilić et al., 2012), међутим, та истраживања су заснована на Бондовом тесту логичких операција (*Bond's Logical Operations Test* – BLOT).

Према сазнањима аутора, у Републици Србији нису спровођена истраживања која укључују Лосонов тест научног резоновања. Лосонов тест се често сматра полазном основом приликом оцењивања способности научног резоновања (Coletta et al., 2007; Han, 2013; Lawson, 1978; 1982; 2004; 2005; Moore & Rubbo, 2012; Westbrook & Rogers, 1994; Zimmerman, 2000). Развој научног резоновања условљен је развојем когнитивног развоја детета. Према Пијажеовом моделу когнитивног развоја, разликују се следећи стадијуми: сензомоторни стадијум, стадијум преоперационог мишљења, стадијум конкретних операција или логичког мишљења и стадијум формално-логичких операција или апстрактног мишљења. Прелазак из једног стадијума у други је могућ тек када се потпуно овлада могућностима нижег стадијума (Stapanović, 2004a; 2004b). За разумевање физичких појмова и појава посебно су важни стадијуми конкретних операција или логичког мишљења и формално-логичких операција или апстрактног мишљења. У оквиру стадијума конкретних операција ученици овладавају конзервацијом броја, запремине и масе, што представља основ математичког мишљења. Конкретно, Лосоновим тестом су обухваћена питања везана за испитивање правилног разумевања појма тежине и запремине. Према класификацији Лосона, Банка и Логвина (Lawson et al., 2007), стадијум конкретних операција карактерише конкретни оперативни ниво. На овом нивоу ученици нису у могућности да тестирају хипотезе које укључују опажене каузалне агенсе. Наредни ниво је формално-оперативни. У оквиру овог нивоа ученици још увек нису у могућности да тестирају хипотезе, али перципирају повезаности. На стадијуму формалних операција развија се апстрактно мишљење. Ученици постају способни да расуђују у апстрактним категоријама, да доносе закључке на основу апстрактних претпоставки, као и да формулишу опште законе и принципе (Stapanović, 2004a; Marušić & Sliško, 2012). Овај стадијум је посебно важан за разумевање физичких појмова и појава. Према Лосоновом класификацији, овај стадијум је окарактерисан највишим нивоом, постформалним нивоом (Lawson et al., 2007). У оквиру овог нивоа ученици могу доследно да тестирају хипотезе користећи се опаженим, али и неопаженим агенсима или ентитетима (Lawson et al., 2007). Степановић (2004b) у свом раду наводи да се код формално-операционог мишљења не полази од опаженог ка теоријском (хипотетичком), већ напротив, креће се од теоријског, да би се успоставиле или верификовале стварне релације међу појавама.

Лосоновим тестом се испитује неколико категорија научног резоновања. Постоје две верзије теста, једна формулисана 1978. и друга формирана 2000. године. Првом верзијом теста обухваћене су четири категорије: (1) резонovanje засновано на конзервацији масе и запремине, (2) резонovanje засновано на пропорцијама, (3) контрола варијабли и (4) резонovanje засновано на комбинаторици и пробабилистичко резонovanje. Ова верзија теста је садржала 15 питања са потпитањима (Lawson, 1978). Другом верзијом теста обухваћено је шест категорија. Поред постојеће четири додате су: резонovanje засновано на корелацијама и хипотетичко-дедуктивно резонovanje (Lawson et al., 2000). Ова верзија теста садржи 13 питања и 11 потпитања. Ради формирања квалитетног теста, али и што бољег и репрезентативнијег уочавања нивоа научног резонovanja, Лосон је у својим радовима (Lawson, 2010; Lawson et al., 2000) образложио важност коришћења резонovanja заснованог на импликацији (If/Then/Therefore). Резултати

његових истраживања показали су да такав образац подстиче правилан начин уочавања узрочно-последичних веза, односно подстиче научно резонување.

Пример питања везано за другу категорију је: ако се у једну мензурку сипа вода до одређеног (четвртог) подеока и потом преспе у другу ужу мензурку, тада ће се читави друга вредност висине стуба воде (шести подеок). Потом се испразне мензуре и прво се сипа вода у ужу мензурку, где је висина стуба различита од претходног пута, па се потом пресипа у ширу. Питање је до код подеока ће се вода попети. Посматрано из угла физике, разумевање појма инструменталне грешке засноване на уочавању најмањег подеока инструмента је посебно значајно. Уколико ученици не разумеју појам најмањег подеока, онда нису у могућности да правилно приступе експерименту јер ће њихова читавања бити погрешна, а самим тим и закључци које буду изводили. Пример питања за трећу категорију везан је за принцип рада математичког клатна. Са дефиницијом математичког клатна ученици се на часовима физике први пут сусрећу у седмом разреду основне школе. Ова знања су им довољна да правилно реше постављено питање. Питања из четврте категорије везана су за комбинаторику и одређивање вероватноће неког догађаја. Од ученика се тражило разумевање појма повољан догађај. Способност адолесцента да апстрахује садржај и успостави било који однос између ма која два елемента кулминира управо развојем комбинаторике (Piaget, 1990, према: Stepanović, 2004b). У првом случају биле су задате коцке истих димензија, али различитих боја, и било је потребно да се одреди вероватноћа извлачења коцке тачно одређене боје. У другом случају су дати и различити облици и различите боје. Степановић (2004а) у свом истраживању наводи да испитаници често имају тешкоће са задацима који се односе на координацију два референтна система и не разумеју феномен вероватноће. Степановић (2004b) такође наводи да је кључна способност генерисања свих могућих комбинација у оквиру одређеног скупа. Пример питања из пете категорије везан је за уочавање корелација међу задатим величинама. У оквиру питања потребно је конструисати табелу да би се лакше уочила могућа зависност. Питања из шесте категорије односила су се на експерименте који су текстуално објашњени. Од ученика се очекивало да умеју да образложе добијени резултат описаног експеримента. У оквиру ове категорије задата су два експеримента. Један од експеримената односио се на познавање основне једначине идеалног гасног стања и основних принципа термодинамике. У експерименту су коришћени чаша, тањир, вода и свећа. Упаљена свећа се постави на тањир. На тањир се сипа мало воде око свеће и потом се упаљена свећа поклопи чашом. Након неког времена успоставиће се разлика притиска у чаши и ван ње, што ће изазвати увлачење воде у чашу. О овом експерименту и његовом детаљном објашњењу писали су многи истраживачи. Други експеримент који је задат у оквиру ове категорије везан је за разумевање осмозе.

Методологија истраживања

Предмет истраживања је био да се провере метријске карактеристике Лосоновог теста научног резонувања. Циљ овог истраживања је провера метријских карактеристика Лосоновог теста научног резонувања (*Lawson's Test of Scientific Reasoning*

– LTRS), као и испитивање повезаности нивоа научног резоновања са социодемографским варијаблама и оценом из физике.

Инструменти

У овом истраживању је коришћен Лосонов тест научног резоновања (*Lawson Classroom Test of Scientific Reasoning* – CTSR), и то верзија теста из 2000. године, који је за потребе овог истраживања преведен на српски језик. Овај тест садржи 13 питања и 11 потпитања у оквиру којих су ученици давали своја објашњења датих одговора. Првих једанаест питања су се бодовала са 0 уколико је дат нетачан одговор или нетачно објашњење и са 1 уколико су ученици дали и тачан одговор и тачно објашњење на постављено питање. Последња два питања су бодована са 0 ако је дат нетачан одговор и са 1 уколико је дат тачан одговор. На овај начин максималан број бодова који су ученици могли да освоје на овом тесту био је 13.

Постоје различите класификације нивоа научног резоновања. У раду Атеса и Каталогла, нивои су дефинисани као: конкретни, формални и постформални ниво (Ates & Cataloglu, 2007). Према овој класификацији, уколико су ученици на тесту научног резоновања остварили од 0 до 4 бода, они се налазе на првом нивоу. Уколико остваре од 5 до 9 бодова, налазе се на другом, а уколико остваре од 10 до 13 бодова, тада ће се налазити на трећем, постформалном нивоу. У раду Марушића и Слишка издвајају се, такође, три нивоа резоновања у зависности од броја освојених бодова на тесту, али су промењени називи нивоа (Marušić & Sliško, 2012). Према овим ауторима, први ниво је емпиријско-индуктивни, други преносни и трећи хипотетичко-дедуктивни ниво.

У овом истраживању коришћена је класификација и терминологија која је коришћена у раду Атеса и Каталогла (Ates & Cataloglu, 2007). Разлог избора класификације је коришћење исте верзије теста, те сходно томе прихваћени су и исти начин бодовања и иста терминологија.

Поред питања везаних за испитивање нивоа научног резоновања, биле су укључене социодемографске варијабле: пол и узраст (изражен преко разреда који испитаници похађају) и оцена из физике на крају првог полугодишта.

Процедура прикупљања података

Подаци су прикупљани на часовима природно-математичке групе предмета. Ученицима је објашњено да се ради о научном истраживању и да је њихово учешће потпуно добровољно и анонимно. Ученици који су приступили изради теста имали су на располагању један школски час. Ученицима који нису радили тест предметни професор је задао задатке за дати предмет. Током истраживања, аутор рада је био укључен у цео поступак прикупљања података и био је заједно са предметним професорима на часовима предвиђеним за прикупљање података. Његова улога је била двојака, с једне стране – да надгледа процес прикупљања података, а с друге – да одговори на питања везана за могуће нејасноће у вези са задацима на тесту.

Узорак истраживања

Истраживањем је обухваћено 547 ученика, од тога 255 (46,6%) дечака и 292 (53,4%) девојчице. Истраживање је спроведено у гимназијама „Јован Јовановић Змај“ и „Исидора Секулић“ у Новом Саду и гимназији „20. октобар“ у Бачкој Паланци у периоду јануар – фебруар 2017. године. Истраживањем су обухваћени ученици од прве до четврте године гимназије природно-математичког смера. Структура узорка према похађаном разреду и полу приказана је у табели 1.

Табела 1. Структура узорка

Разред/пол испитаника	I и II	III	IV	укупно
Мушки	24,7%	33,7%	41,6%	46,6%
Женски	31,5%	33,2%	35,3%	53,4%
Укупно	28,3%	33,5%	38,2%	100,0%

Из табеле 1. може се видети да је остварена подједнака заступљеност ученика према полу. Због статистичких анализа, узорак је груписан у три групе, посматрано према узрасту. Једну групу су чинили ученици првог и другог разреда, другу групу су чинили ученици трећег разреда и трећу групу су чинили ученици четвртог разреда. Спајање ученика првог и другог разреда учињено је на основу искуствених података и резултата других истраживања који показују сличне когнитивне карактеристике ученика ова два узраста.

За обраду података коришћене су: дескриптивна статистика, хи-квадрат тест, једнофакторска анализа варијансе и линеарна регресија у оквиру програма SPSS.20.

Резултати истраживања

За одређивање поузданости теста добијена вредност Кронбаховог коефицијента α је износила 0,85, а вредности индекса тежине ставки у тесту (p), дискриминативне ваљаности (r_{pbis}) и индекса дискриминативности (D) представљене су у табели 2.

Табела 2. Индекси тежине ставки теста, дискриминативне ваљаности и индекса дискриминативности

број питања	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
P	0,86	0,69	0,66	0,66	0,66	0,41	0,53	0,57	0,55	0,55	0,37	0,48	0,46
r_{pbis}	0,23	0,40	0,47	0,50	0,43	0,26	0,26	0,34	0,39	0,28	0,23	0,25	0,29
D	0,21	0,37	0,53	0,54	0,47	0,38	0,35	0,42	0,50	0,35	0,33	0,30	0,32

Како се види на основу резултата приказаних у табели 2, индекси тежине ставки теста налазе се између референтних вредности 30% и 80%. Значи, питања се могу окарактерисати као ни тешка ни лака, док је само прво питање окарактерисано као

лако. Посматрањем добијених вредности за индекс тежине види се да је више од половине испитаника дало тачан одговор на девет питања. Та питања су била везана за категорије: конзервација материје и запремине (питања 1 и 2), резоновање засновано на пропорцијама (питања 3 и 4), контрола варијабли (питања 5 и 7), резоновање засновано на предвиђању (питања 8 и 9) и резоновање засновано на корелацијама (питање 10). Занимљиво је приметити да су испитаници за категорију хипотетичко-дедуктивно резоновање (питања 11, 12 и 13) у већој мери дали нетачне одговоре. Вредности дискриминативне ваљаности и индекса дискриминативности показали су да се тест може сматрати ваљаним. Одступања су добијена за прво питање и за питања везана за хипотетичко-дедуктивно резоновање. Прво питање је добро познато ученицима те је стога добијена нижа вредност дискриминативности. У истраживању Степановић (2004а), наводи се да је очекивано овладавање појмом конзервације запремине јер се он нужно надовезује на овладавање другим, једноставнијим димензијама, које су карактеристичне за период конкретних операција. Питања везана за хипотетичко-дедуктивно резоновање захтевала су разумевање описаних експеримената. Експеримент представљен у оквиру питања 11 често се изводи ученицима у основним школама. Међутим, често се наводе погрешна објашњења приказане појаве. Питања 12 и 13 захтевала су разумевање концепта осмозе. Конкретан експеримент често се наводи као пример у настави биологије. Ова питања су јасно указала на ученичко неразумевање основне једначине идеалног гасног стања и појма осмозе. Добијени резултат указује на пропуст у образовним програмима и стандардима и/или начину реализације садржаја и њихову интердисциплинарност.

У табели 3. приказана је повезаност узраста са компонентама научног резоновања.

Табела 3. Повезаност узраста и компонената научног резоновања

	F	df	p	η^2
конзервација материје и запремине	8,637	2	0,000	0,031
резоновање засновано на пропорцијама	22,653	2	0,000	0,077
контрола варијабли	1,968	2	0,141	0,007
резоновање засновано на предвиђању	7,095	2	0,001	0,025
резоновање засновано на корелацијама	1,430	2	0,240	0,005
хипотетичко-дедуктивно резоновање	8,311	2	0,000	0,030

Како се види из табеле 3, са свим категоријама проблема узраст испитаника је статистички значајно повезан. Резултати су показали да су ученици старијих година много успешније урадили тест, посматрано за сваку категорију, од млађих ученика. Добијени резултат је делимично у сагласности са резултатима истраживања представљених у истраживању Степановић (2004а). Наиме, у овом истраживању добијено је да не постоји разлика између старијих и млађих средњошколаца, али су уочене разлике између средњошколаца и основаца. Степановић наводи да у погледу контекста целокупног концепта формалних операција мора да постоји раст, односно утицај узраста.

У табели 4. приказана је повезаност пола испитаника са компонентама научног резоновања.

Табела 4. Повезаност пола испитаника са компонентама научног резоновања

	F	df	p	η^2
конзервација материје и запремине	2,906	1	0,089	0,005
резоновање засновано на пропорцијама	3,190	1	0,075	0,006
контрола варијабли	3,961	1	0,047	0,007
резоновање засновано на предвиђању	6,045	1	0,014	0,011
резоновање засновано на корелацијама	0,669	1	0,414	0,001
хипотетичко-дедуктивно резоновање	1,331	1	0,249	0,002

Како се види из табеле 4, пол као независна варијабла није се показала као статистички значајна за већину категорија. Слична сазнања добијена су и у истраживању Степановић (2004).

Посматрањем резултата истраживања према дефинисаним нивоима резоновања добијено је да се 18,5% испитаних ученика налази на конкретном, 45,7% на формалном и 35,8% на постформалном нивоу. Добијени податак указује на проблем неразвијања формално-операционог мишљења. Потребно је примењивати такве наставне инструкције које ће резултирати повећањем логичког мишљења код ученика. Ученици су навикнути да се од њих углавном тражи чињенично знање јер наставници ретко дискутују о неким проблемским ситуацијама са њима. Сузић у свом раду истиче парадокс и наводи да је задатак наставника да објасни, испредаје и демонстрира градиво ученицима, а оне који најбоље запамте и репродукују награди високим оценама (Сузић, 2014). Сузић, такође, шаљиво додаје да дивергентно и креативно мишљење представљају сметње у наставном процесу. Њутн у својој књизи истиче да постоје проблеми у смислу недостатка бриге за подстицањем разумевања у различитим образовним контекстима (Newton, 2011). Стога, може се рећи да је проблем подстицања разумевања и развијања логичког мишљења, које доприноси научног резоновању, глобални проблем. Ако се резултати добијени овим истраживањем упореде са резултатима других истраживача, види се да постоје разлике. Наиме, у истраживању Атеса и Каталогла на првом нивоу било је 7%, на другом 54% и на трећем 38% од укупног броја испитаника узраста од 17 година до 21 године. Исти аутори наводе и резултате Лосоновог истраживања чији узорак су чинили студенти (Lawson, 2007, према: Ates & Cataloglu, 2007). У Лосоновом истраживању је добијено да је на првом нивоу било 6% испитаника, на другом 58% и на трећем 36%. Упоређујући резултате види се да су ученици у Републици Србији бројнији на првом нивоу, а слабије заступљени на другом и трећем нивоу у односу на резултате ових студија.

Да би се боље сагледала дистрибуција броја ученика према нивоима, урађене су анализе у зависности од пола испитаника и узраста. На графикону 1. представљени су резултати расподеле ученика по нивоима резоновања с обзиром на пол испитаника. Применом хи-квадрат теста добијено је да не постоји статистички значајна разлика између дечака и девојчица у погледу нивоа научног резоновања на ком се налазе, $\chi^2(2, N = 547) = 4,91, p = 0,086, V = 0,095$.

Графикон 1. Расподела ученика по нивоима научног резонувања с обзиром на пол

Како се види на графикону 1, девојчице су бројније од дечака на конкретном нивоу чија је главна карактеристика емпиријско-индуктивно резонување, док су дечаци бројнији од девојчица на постформалном нивоу окарактерисаном хипотетичко-дедуктивним резонувањем. Добијени податак указује на то да ученице боље меморишу информације и лакше се служе индуктивним закључивањем, док је дечацима ближи приступ дедуктивног закључивања. Резонување на постформалном нивоу захтева боље разумевање експеримената. У истраживању Чоа и Јонга (Chow & Yong, 2013) показано је да се код ученица јавља одређени степен анксиозности када су у питању експериментални задаци те се тиме може оправдати добијени податак.

На графикону 2. представљена је релативна заступљеност појединих нивоа научног резонувања с обзиром на узраст ученика. Применом хи-квадрат теста добијено је да постоји статистички значајна разлика између нивоа резонувања ученика у зависности од узраста, $\chi^2(6, N = 547) = 41,45, p = 0,000, V = 0,20$.

Графикон 2. Релативна заступљеност појединих нивоа научног резоновања у односу на узраст ученика

Како се види на графикону 2, код ученика првог и другог разреда гимназије је у већој мери заступљен конкретни ниво резоновања у односу на ученике виших разреда. Код ученика трећег разреда је у већој мери заступљен формални ниво, док је код ученика четвртог разреда у већој мери заступљен постформални ниво резоновања. На основу добијених података може се закључити да са повећањем година расте и проценат тачних одговора, односно уочава се већи степен когнитивног развоја. Ученици прелазе са конкретног (емпиријско-индуктивног резоновања) на постформални ниво (хипотетичко-дедуктивно резоновање). Добијени податак је у складу са Пијажеовом теоријом когнитивног развоја. Аномалија резултата добијена код ученика трећег разреда, где се уочио пад у трећем нивоу резоновања, захтева додатна истраживања.

У циљу утврђивања повезаности нивоа научног резоновања и социодемографских варијабли с оценом из физике коришћена је линеарна регресија. Овом анализом је добијено да је вредност R^2 0,176, док је за кориговану вредност R^2 добијено 0,172. Применом једнофакторске анализе варијансе добијено је да је модел статистички значајан, $F(df = 3, N = 546) = 38,78$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,176$. У табели 5. приказани су коефицијенти предиктора добијени линеарном регресијом.

Табела 5. Коефицијенти предиктора

	Не стандардизовани коефицијенти		Стандардизовани коефицијенти	t	p	Тест колинеарности	
	B	SD	β			Толеранција	VIF
константа	2,10	0,17		12,62	0,000		
Разред	0,05	0,04	0,056	1,40	0,162	0,962	1,04
Пол	0,43	0,08	0,198	5,06	0,000	0,987	1,01
ниво научног резонавања	0,57	0,06	0,377	9,49	0,000	0,960	1,04

Како се види из табеле 5, као најзначајнији предиктори издвојили су се ниво научног резонавања ($\beta = 0,377$) и пол испитаника ($\beta = 0,198$), док узраст није статистички значајан предиктор.

На графикону 3. представљена је повезаност оцене из физике на крају првог полугодишта са нивоом ученичког резонавања, као најзначајнијим предиктором. Применом хи-квадрат теста добијено је да постоји статистички значајна разлика између нивоа резонавања ученика и закључене оцене из физике на крају првог полугодишта, $\chi^2(8, N = 547) = 41,30, p = 0,000, V = 0,19$.

Графикон 3. Повезаност оцене из физике и нивоа научног резонавања

Како се може видети на основу резултата представљених на графикону 3, проценат ученика који се налазе на другом и трећем нивоу резоновања расте са порастом оцено из физике. Ученици који су били на вишим нивоима резоновања имали су боље оцено из физике на крају првог полугодишта. Овај податак сугерише да је за постизање бољих резултата у физици потребно примењивати такве наставне инструкције које имају за циљ повећање нивоа научног резоновања. Када се погледа шта су све задаци наставе физике (Radulović, 2015), види се да су то између осталог: развијање начина мишљења и расуђивања и развијање свести о значају експеримента у сазнавању, разумевању и проверавању физичких закона. То је у сагласности са дефиницијама научног погледа на свет, научног духа и научног сазнавања. Значи, подстицањем развијања научног резоновања позитивно се утиче на оствареност задатака наставе физике.

Добијени резултати указују на важност испитивања, али и на тражење начина за подстицање развоја нивоа научног резоновања.

Дискусија

Истраживањем су добијене задовољавајуће вредности индекса тежине ставки теста и индекса дискриминативности (табела 2). Одступања су добијена за прво питање и питања везана за хипотетичко-дедуктивно резоновање. Ниже вредности индекса тежине и дискриминативности за ова питања указују на ученичко неразумевање описаних експеримената који су везани за разумевање основне једначине идеалног гасног стања и осмозе. Ученичко неразумевање описаних експеримената проузроковало је ниже постигнуће на тесту научног резоновања. Наиме, у оквиру овог истраживања добијено је да је највише испитаника (45,7%) заступљено на формалном нивоу којим се карактерише могућност опажања каузалних агенаса, али не и тестирање хипотеза (Lawson et al., 2007). Истраживањем је добијено да се више ученика налази на конкретном нивоу (18,5%) него што је случај са испитаницима у истраживањима Атеса и Каталонге и Лосоновим истраживањима. У циљу повећања постигнућа ученика на тесту научног резоновања неопходно је подстицати резоновање засновано на импликацијама да би ученици правилно изводили закључке о приказаним и/или описаним експериментима у настави физике. Правилним расуђивањем и закључивањем ученици ће постизати боље резултате на питањима везаним за хипотетичко-дедуктивно резоновање, што ће за крајњи резултат имати постизање највишег нивоа научног резоновања.

У овом раду испитана је и повезаност социодемографских варијабли (пол и узраст ученика) и нивоа научног резоновања. Пол као независна варијабла није се показала значајном за нивое резоновања. Међутим, узраст (мерен похађаним разредом) показао се статистички значајним и код посматраних категорија (табела 3) и нивоа научног резоновања (графикон 2). Резултати истраживања су показали позитивну корелацију између ове две варијабле (ниво научног резоновања и узраст испитаника). Дакле, добијено је да са повећањем узраста испитаника долази до остваривања бољих резултата на тесту научног резоновања, односно остваривања виших

нивоа резоновања. Слично је добијено и у неким другим студијама (Carmel, 2015; Kwon & Lawson, 2000). Тако је у једном истраживању (Kwon & Lawson, 2000) показано да постоје значајне разлике у научном резоновању и менталном капацитету између млађих и старијих адолесцената. Објашњење се може наћи у претпоставци да млађи адолесценти и даље развијају своје формалне вештине и закључивања више се користећи формалном логиком (Stuessy, 1988 према: Carmel, 2015).

Истраживањем је обухваћено и испитивање повезаности нивоа научног резоновања и оцене из физике на крају првог полугодишта. Резултати су показали да постоји позитивна корелација између оцене из физике и нивоа научног резоновања. Добијено је да ученици који су на вишим нивоима резоновања имају боље оцене из физике на крају првог полугодишта ($\beta = 0,377$, $p = 0,000$). Из тог разлога, посматрано из угла методике и дидактике физике важно је мерити и пратити промене у нивоима резоновања да би се унапредила настава физике. Позитивна корелација између постигнућа ученика на тестовима из физике и тесту научног резоновања показана је у бројним истраживањима. У оквиру истраживања Мореа и Рубоа (Moore & Rubbo, 2012) показана је статистички значајна разлика у броју освојених бодова на тесту научног резоновања између ученика окренутих ка природно-математичким и техничко-технолошким наукама (СТЕМ – Science, Technology, Engineering, and Math) и ученика окренутих више ка друштвено-хуманистичким наукама (не СТЕМ). Наиме, добијено је да су ученици (не СТЕМ) остварили ниже резултате и указали на посебно проблематична подручја резоновања везана за пропорције и хипотетичко-дедуктивно резоновање. Стога су резултати истраживања Мореа и Рубоа показали да изостанак експерименталног представљања појава негативно утиче на постигнуће ученика на овом тесту. У оквиру тог истраживања показана је јака позитивна корелација између научног резоновања и постигнућа из физике. Резултати тог и других истраживања (Coletta & Phillips, 2005; Nieminen et al., 2012) указали су на повезаност научног резоновања са садржајима из физике, те су из тог разлога стандардизовани тестови научног резоновања посебно интересантни за развој методике и дидактике физике.

Посматрано према посебним категоријама проблема, резултати теста показали су да већина испитаника правилно резонује у погледу конзервације материје и запремине. То је било и очекивано јер је само питање добро познато ученицима. Степановић је у свом истраживању (Stepanović, 2004a), такође, навела да су испитаници овладали појмом конзервације запремине јер се он нужно надовезује на овладавање другим, једноставнијим проблемима, који су карактеристични за период конкретних операција. Међутим, код других категорија добијено је да одређени проценат испитаника није дао тачан одговор. То је посебно изражено код проблема: резоновање о пропорцијама, корелацијама, предвиђање и хипотетичко-дедуктивно резоновање. Добијено је да око трећине гимназијалаца не разуме правилно пропорције. Овај податак указује на велики проблем, како у самом начину реализације наставних садржаја и евалуацији знања ученика тако и у њиховој оспособљености за правилно разумевање великог броја појмова и појава из области природно-математичких наука. Ученици се са пропорцијама сусрећу већ у првим разредима основне школе у оквиру наставе математике. Посматрано из угла наставе физике, на часовима

лабораторијских вежби, ученици се сусрећу са проблемом примене стеченог знања из математике на конкретним примерима. Наиме, уколико ученик не уме правилно да одреди најмањи подеок неког инструмента, тада ће тешко правилно перципирати појам инструменталне грешке која представља половину најмањег подеока.

Како је напред речено, тест научног резоновања се може примењивати и за проверу остварености образовних стандарда. Тако, на пример, у оквиру стандарда 2.ФИ.1.1.1; 2.ФИ.2.1.5. и 2.ФИ.3.1.4. предвиђених за крај општег и стручног образовања захтева се да ученици разумеју појаве пренос притиска кроз течности и гасове, механичка осциловања и друге. Тестом је разумевање механичких осцилација обухваћено питањима контроле варијабли, док је пренос притиска значајан приликом разумевања осмозе, што су била питања хипотетичко-дедуктивног нивоа резоновања. Стандард 2.ФИ.2.1.5. додатно указује на важност правилног представљања резултата мерења у облику табела и/или графикона и на основу тога долажење до емпиријских зависности. Упоредјујући са тестом, то су питања везана за резоновање засновано на корелацијама. Стандард 2.ФИ.3.1.4. истиче важност разумевања појма најмањег подеока, односно инструменталне грешке, како би се предвиђени експерименти могли правилно извести, а самим тим и налази који произлазе из тих експеримената.

Закључак

У физици као фундаменталној природној науци до сазнања, објашњења, процена, примене, анализе и синтезе знања долази се научним методом, на основу експерименталних резултата мерења и физичких модела. Како се научно резоновање дефинише као скуп потребних вештина за успешно спровођење научног метода, који укључује: испитивање проблема, формулисање и тестирање хипотеза, контролу и манипулацију варијаблама, као и праћење и вредновање резултата проблема, јасна је потреба методичара и дидактичара, првенствено физике, за инструментима за процену нивоа научног резоновања. Стога је циљ овог истраживања био усмерен на испитивање метријских карактеристика Лосоновог теста научног резоновања и испитивање повезаности социодемографских варијабли и оцено из физике са нивоом научног резоновања ученика. Резултати истраживања су показали задовољавајуће вредности индекса тежине теста и индекса дискриминативности. На основу тога тест се може употребљавати у наредним истраживањима.

Посебан значај резултата истраживања уочава се у дефинисању повезаности оцено из физике и нивоа резоновања ученика. Ученици који су достигли више нивое резоновања постигали су боље оцено из физике. Ова линеарна зависност, добијена регресијом, посебно је значајна за праћење и унапређивање методике и дидактике физике, у смислу испитивања ефикасности и ефективности примењиваних метода и приступа настави физике. Сазнања о ефикасности и ефективности примењиваних метода и приступа настави сагледана из угла нивоа научног резоновања допринеће остваривању виших постигнућа, као и достизању дуготрајнијих знања ученика.

Будућа истраживања аутора биће оријентисана ка испитивању испуњености стандарда за наставни предмет физика кроз примену Лосоновог теста да би се

употпунила слика о импликацијама истраживања на образовну праксу. Такође, део истраживања биће оријентисан и ка испитивању ефикасности примењених наставних инструкција у настави физике.

Литература

- Ates, S. & Cataloglu, E. (2007). The Effects of Students' Reasoning Abilities on Conceptual Understandings and Problem-Solving Skills in Introductory Mechanics. *European Journal of Physics*, Vol. 28, No. 6, 1161-1171.
- Azar, A. & Sengülec, Ö. A. (2011). Computer-Assisted and Laboratory-Assisted Teaching Methods in Physics Teaching: The Effect on Student Physics Achievement and Attitude toward Physics. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, Vol. 10, No. 1, 43-50.
- Carmel, J. H. (2015). *Investigation and Evaluation of Scientific Reasoning Development in the College Chemistry Classroom* (Doctoral dissertation). Oxford, OH: Miami University.
- Chow, S. J., & Yong, B. C. S. (2013). Secondary School Students' Motivation and Achievement in Combined Science. *US-China Education Review B*, Vol. 3, No. 4, 213-228.
- Coletta, V. P., & Phillips, J. A. (2005). Interpreting FCI Scores: Normalized Gain, Preinstruction Scores, and Scientific Reasoning Ability. *American Journal of Physics*, Vol. 73, No. 12, 1172-1182.
- Coletta, V. P., Phillips, J. A., & Steinert, J. J. (2007). Why You Should Measure Your Students' Reasoning Ability. *The Physics Teacher*, Vol. 45, No. 4, 235-238.
- Ding, L. (2014). Verification of Causal Influences of Reasoning Skills and Epistemology on Physics Conceptual Learning. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, Vol. 10, No. 2, 023101.
- Fabby, C. (2012). *Reforming the Introductory Physics Laboratory to Impact Scientific Reasoning Abilities* (Doctoral dissertation, University of Cincinnati).
- Han, J. (2013). *Scientific Reasoning: Research, Development, and Assessment* (Doctoral dissertation), The Ohio State University.
- Kuhn, D., Iordanou, K., Pease, M., & Wirkala, C. (2008). Beyond Control of Variables: What Needs to Develop to Achieve Skilled Scientific Thinking? *Cognitive Development*, Vol. 23, No. 4, 435-451.
- Kwon, Y. J. & Lawson, A. E. (2000). Linking Brain Growth with the Development of Scientific Reasoning Ability and Conceptual Change During Adolescence. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 37, No. 1, 44-62.
- Lawson, A. E. (1978). The Development and Validation of a Classroom Test of Formal Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 15, No. 1, 11-24.
- Lawson, A. E. (1982). Formal Reasoning, Achievement, and Intelligence: An Issue of Importance, *Science Education*, Vol. 66, No. 1, 77-83.
- Lawson, A. E. (1985). A Review of Research on Formal Reasoning and Science Teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 22, No. 7, 569-617.
- Lawson, A. E., & Thompson, L. D. (1988). Formal Reasoning Ability and Misconceptions Concerning Genetics and Natural Selection. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 25, No. 9, 733-746.
- Lawson, A. E., Clark, B., Cramer-Meldrum, E., Falconer, K. A., Sequist, J. M., & Kwon, Y. J. (2000). Development of Scientific Reasoning in College Biology: Do Two Levels of General Hypothesis Testing Skills Exist? *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 37, No. 1, 81-101.

- Lawson, A. E. (2004). The Nature and Development of Scientific Reasoning: A Synthetic View. *International Journal of Science and Mathematics Education*, Vol. 2, No. 3, 307-338
- Lawson, A. E. (2005). What is the Role of Induction and Deduction in Reasoning and Scientific Inquiry? *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 42, No. 6, 716-740.
- Lawson, A. E., Banks, D. L., & Logvin, M. (2007). Self-efficacy, Reasoning Ability, and Achievement in College Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 44, No. 5, 706-724.
- Lawson, A. E. (2010). Basic Inferences of Scientific Reasoning, Argumentation, and Discovery. *Science Education*, Vol. 94, No. 2, 336-364.
- Marušić, M., & Sliško, J. (2012). Influence of Three Different Methods of Teaching Physics on the Gain in Students' Development of Reasoning. *International Journal of Science Education*, Vol. 34, No. 2, 301-326.
- Mollohan, K. N. (2015). *Epistemologies and Scientific Reasoning Skills Among Undergraduate Science Students* (Doctoral dissertation). Columbus, OH: The Ohio State University.
- Moore, J. C., & Rubbo, L. J. (2012). Scientific Reasoning Abilities of Nonscience Majors in Physics-Based Courses. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, Vol. 8, No. 1, 010106-1-010106-8.
- Newton, D. P. (2011). *Teaching for Understanding: What It Is and How to Do It*. Routledge/Flamer: London and New York.
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2012). Relations Between Representational Consistency, Conceptual Understanding of the Force Concept, and Scientific Reasoning. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, Vol. 8, No. 1, 010123-1-010123-10.
- Rančić, I., Obadović, D., Cvjetičanin, S., & Segedinac, M. (2015). Učenička metakognicija u vezi sa naučnim metodom u nastavi fizike. *Norma*, god. 20, br. 2, 279-288.
- Radulović, B. & Stojanović, M. (2015). Determination Instructions Efficiency of Teaching Methods in Teaching Physics in the Case of Teaching Unit „Viscosity. Newtonian and Stokes Law“. *Acta Didactica Napocensia*, Vol. 8, No. 2, 61–68.
- Radulović, B., Stojanović, M., & Županec, V. (2016). The Effects of Laboratory Inquire-Based Experiments and Computer Simulations on High School Students' Performance and Cognitive Load in Physics Teaching. *Zbornik Instituta za pedagoška istraživanja*, god. 48, br. 2, 264-283.
- Radulović, B. (2015). *Kognitivno opterećenje učenika drugog razreda gimnazije u nastavi fizike*, (Doktorska disertacija). Novi Sad: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu..
- Schen, M. S. (2007). *Scientific Reasoning Skills Development in the Introductory Biology Courses for Undergraduates* (Doctoral dissertation). Columbus, OH: The Ohio State University.
- Suzić, N. (2014). Nastavu sa memorisanja i reprodukcije pomjeriti ka učenju. U: R. Nikolić (ur.), *Nastava i učenje, savremeni pristupi i perspektive*. (str. 285-296). Užice: Učiteljski fakultet u Užicu Univerziteta u Kragujevcu.
- Stepanović, I. (2004a). Istraživanje formalno-operacionalnog mišljenja na uzrastu 14-19 godina. *Psihologija*, god. 37, br. 2, 163-181.
- Stepanović, I. (2004b). Formalne operacije – Pijaževov koncept, istraživanja i najvažnije kritike. *Psihologija*, god. 37, br. 3, 311-334.
- Stepanović Ilić, I., Baucal, A. & Bond, T. G. (2012). Parallel Serbian Versions of BLOT Test: An Empirical Examination. *Psihologija*, god. 45, br. 2, 121-137.

- Westbrook, S. L., & Rogers, L. N. (1994). Examining the Development of Scientific Reasoning in Ninth Grade Physical Science Students. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 31, No. 1, 65-76.
- Wood, K. E. (2015). *Evolution of Scientific Reasoning in Control of Variables for Undergraduate Physics Lab* (Doctoral dissertation). Cincinnati, OH: University of Cincinnati.
- Zeineddin, A., & Abd-El-Khalick, F. (2010). Scientific Reasoning and Epistemological Commitments: Coordination of Theory and Evidence Among College Science Students. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 47, No. 9, 1064-1093.
- Zimmerman, C. (2000). The Development of Scientific Reasoning Skills. *Developmental Review*, Vol. 20, No. 1, 99-149.
- Zimmerman, C. (2007). The Development of Scientific Thinking Skills in Elementary and Middle School. *Developmental Review*, Vol. 27, No. 2, 172-223.

Примљено: 24. 07. 2017.

Коригована верзија рада примљена: 09. 01. 2017.

Прихваћено за штампу: 20. 01. 2017.

A STUDY OF THE MEASUREMENT CHARACTERISTICS OF LAWSON'S TEST AND ITS RELATIONSHIP TO SOCIO-DEMOGRAPHIC VARIABLES AND PHYSICS GRADES

Abstract *The aim of the study presented in this paper was to test the measurement characteristics of Lawson's test of Scientific Reasoning (LTSR) and to examine the relationship between scientific reasoning levels on the one hand, and socio-demographic variables and students' physics grades on the other. Scientific reasoning is defined as a set of skills necessary for the successful application of the scientific method, which includes problem analysis, formulation and testing of hypotheses, manipulation of variables, and the monitoring and evaluation of results. The test comprises 13 questions aimed at testing scientific reasoning and 11 questions requiring students to provide reasons for their answers. An empirical analysis of the test was conducted on a sample of 547 high school students in Novi Sad and Bačka Palanka. The obtained values of indicators of reliability and representativeness suggest that the test has satisfactory psychometric properties and can therefore be used in further research.*

Keywords: *scientific reasoning, Lawson's test, achievement levels, relationship between levels of scientific reasoning and physics grades.*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕСТА ЛОСОНА И ЕГО СВЯЗИ С СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИМИ ПЕРЕМЕННЫМИ И ОЦЕНКАМИ ПО ФИЗИКЕ

Резюме *Цель исследования, представленного в статье, заключалась в проверке метрических характеристик теста Лосона «Исследование научного рассуждения» (Lawson's Test of Scientific Reasoning – LTSR), а также в изучении связи уровня научного рассуждения с социально-демографическими переменными и оценкой по физике. Научное рассуждение определяется как набор необходимых навыков для успешного использования научного метода, который включает в себя анализ проблемы, выдвижение и проверку гипотезы, манипулирование переменными, мониторинг и оценку результатов проблемы. Тест состоит из 13 вопросов, связанных с изучением научных рассуждений и 11 вопросов, в которых учащиеся объясняют полученные ответы. Эмпирический анализ теста проверен на примере 547 учеников средних школ в Нови-Саде и Бачкой Паланке. Полученные данные показателей надежности и репрезентативности указывают на удовлетворительные психометрические характеристики данного теста и могут быть использованы в дальнейших исследованиях.*

Ключевые слова: *научное рассуждение, тест Лосона, уровни достижений, связь уровня научных рассуждений с оценкой по физике.*