

Education: Theory & Practice
Науката за образованието: теория и практика



Physics is an ever young science, Varna, October, 27 – 29, 2017
Физиката – вечно млада наука, Варна, 27 – 29 октомври 2017 г.

ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ ПРАКТИКУМ

**Ивелина Димитрова, Гошо Гоев, Савина Георгиева,
Цветана Цанова, Любомира Иванова, Борислав Георгиев**
Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Резюме. Работата представя подход за провеждане на експериментална задача, аналогично на научно изследване, в рамките на практикум по физика. Включването на такава „изследователска“ задача цели да запознае студентите (или учениците) с базовите етапи от експерименталните изследвания и да ги провокира да усетят удоволствието от споделеното „откритие“. Подходът е реализиран в рамките на практикума по „Обща физика“ със 76 първокурсници от специалност „Молекулярна биология“. За разлика от класическите лабораторни упражнения той включва: прилагане на научния метод, избор на експериментален метод, извънкласна работа в екип, формулиране на заключения и публично представяне на резултатите. Експерименталните задачи бяха подбрани така, че да могат да бъдат изпълнени с подръчни материали, прости уреди и приложения за смартфон. В настоящата работа са резюмирани наблюденията на участващите преподаватели, както и резултатите от проведената сред студентите анкета. Идентифицирани са етапите, затруднили най-много студентите: формулирането на хипотези и изводи, създаването на модел на физичен процес, обработката на резултатите и екипната работа. Направен е извод, че подобен формат на обучение е мотивиращ, полезен за развитие на

критичното и творческото мислене и широко приложим към студенти/ученици на различно ниво.

Keywords: physical laboratory; research-like approach

Увод

В класическия си формат лабораторният практикум за ученици и студенти представлява изработване на лабораторно упражнение в рамките на ограничено време съгласно упътване. Най-често упътването резюмира нужните теоретични знания, описва необходимата апаратура и подходящия експериментален метод и дори задава начина на представяне на резултатите. Извършената работа и получените резултати обикновено се представят в протокол, който се проверява от преподавателя. Макар че този формат позволява провеждане на голям брой упражнения и отработване на технически умения, той има недостатъци. На първо място, класическите лабораторни упражнения не включват едни от най-важните и предизвикателни етапи от експерименталните изследвания. Това са: формулиране на хипотеза, литературно проучване и избор на експериментален метод, подбор и/или конструиране на опитна постановка и представяне и обсъждане на резултатите пред общност от равни. В по-субективен план, следването на лабораторни инструкции рядко поставя обучаваните в ситуация на решаване на проблем и не провокира творческото им мислене.

В опит за попълване на тези пропуски през учебната година 2016/2017 година към практикума по „Обща физика“ за студенти първи курс от специалност „Молекулярна биология“ в Софийския университет „Св. Климент Охридски“ (СУ) беше добавена „изследователска“ задача. Инициативата беше инспирирана от примера на редица колеги от Физическия факултет на СУ, които са въвели лабораторни практикуми, включващи реална изследователска работа. Във Физическия факултет такива практикуми обикновено се провеждат с малки групи студенти от по-горните курсове. Друг добър пример бяха курсове, в които студентите сами проектират и изработват опитна постановка (т.нар. student-designed experiments), които са приложими в обучението по физика (Damyanov et al., 2015)¹, химия (Amend et al., 1990), биология (Coker, 2017) и инженерни науки (Smyser et al., 2015). Те обаче изискват голям времеви ресурс и добра обща подготовка и техническа грамотност на студентите.

За да включим „изследователска“ задача към практикума по „Обща физика“ на първокурсници от Биологическия факултет на СУ, без да премахваме класическите упражнения, тествахме нов подход. Ключовите моменти в него са: прилагане на научния метод, работа без инструкции и разработване на собствен план и график, работа в екип, формулиране на заключения и препоръки и представяне и дискутиране на резултатите със състуденти. Задачите бяха подбрани така, че да могат да бъдат изпълнени с подръчни материали, прости уреди и приложения за смартфон. Реализацията на подхода е предста-

вена в настоящата работа. Представен е и анализ на резултатите от анкети, попълнени от участвалите студенти и на впечатленията на преподавателите.

Описание

В практикума по „Обща физика“ през учебната 2016/2017 година се обучаваха 76 студенти от специалност „Молекулярна биология“, разделени в 8 групи. Изпълнението на „изследователска“ задача беше по желание, като носеше на студентите точки за финалната оценка (максимум 7.5% от общия брой точки, 20% от необходимите за положителна оценка). За целите на задачата беше отделено едно занятие (3 часа) от учебната програма, в което студентите да представят и дискутират работата си. Останалата дейност по задачата студентите изпълняваха в извънучебно време. Задачата беше поставена на студентите четири седмици след началото на практикума, включващ класически лабораторни упражнения. За изпълнение на задачата студентите имаха пет седмици.

На всяка група студенти беше дадена възможност за избор на една от следните задачи: (1) „*Science friction*“: Определете коефициента на триене при хлъзгане между различни тела и повърхност. Изследвайте от кои величини зависи; (2) „*Проклятието на Сизиф*“: Изследвайте механичната си мощност при качване на стълби. Сравнете механичната мощност на група мускули, когато са отпочинали и когато са уморени; (3) „*Кулинарни eggs-перименти*“: Изследвайте процеса на осмоза през мембраната на яйца; (4) „*The sound of silence*“: Изследвайте зависимостта на нивото на интензитета на звука на различни устройства от деленията на звуковия им индикатор. Изследвайте честотния диапазон на слуха на различни хора; (5) „*X-men: Magneto's legacy*“: Изследвайте движението на магнит върху метална (немагнитна) и неметална наклонена повърхност; (6) „*Вярватели на очите си?*“: Изследвайте закона за пречупване на светлината на границата на две среди. Подгответе демонстрации; (7) „*Ten green bottles full with... dye*“: Изследвайте поглъщането на светлината във вода с различна концентрация на багрило; (8) „*Harry Potter: Patronus range*“: Изследвайте как зависи осветеността от разстоянието до постоянен източник на светлина.

Водещ критерий при избор на задачите беше да могат да бъдат изпълнени с подръчни материали (например книги, чаши, продукти за готвене), прости уреди (например везни, фенерче) или приложения за смартфон (например за измерване на интензитета на светлина или на нивото на интензитета на звука). Друг критерий беше необходимите за изпълнение на задачите знания да са от училищния материал, в случай че съответните теми още не са преподадени на лекции. Допълнителна цел беше да се покрият различни области на класическата физика и различни по характер експериментални

задачи (изследване на процес, изследване на закон или зависимост, определяне на стойност на величина, измерване на индивидуални за организмите характеристики). На студентите беше предоставена инструкция за необходимите етапи от работата, но не и инструкции за изпълнението на задачите. Беше им предоставено и описание на изпълнението на примерна задача, различна от посочените. В рамките на седмица студентите трябваше: (а) да сформират екип; (б) да проучат проблема; (в) да направят план за работа и да опишат необходимите материали; (г) след това да се консултират с преподавателя, водещ практикума.

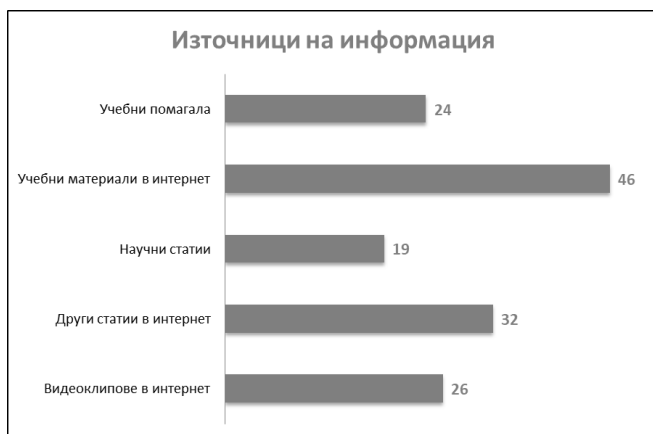
Етапите, които се очакваше студентите да изпълнят при работата си, бяха: (д) първоначални наблюдения и формулиране на хипотеза (или алтернативни хипотези на различните членове на екипа); (е) планиране и провеждане на изследването; (ж) обработка и качествен и количествен анализ на резултатите; (з) формулиране на изводи за верността на първоначалната хипотеза; (и) идентифициране на влияещи фактори и формулиране на препоръки за подобрене; (к) представяне на резултатите (по начин, избран от студентите) пред колегите от същата група и преподавателите, водещи практикума и лекциите към курса.

От студентите се очакваше също така да участват в дискусиата върху работата на другите отбори от своята група. При работата си те имаха възможност да използват учебните лаборатории и да се консултират с преподавателите лично, по телефона или чрез групата на курса във Facebook.

Равносметка от първата година

Всички 76 студенти участваха в задачата и представиха резултати. По мнение на преподавателите студентите срещнаха затруднения основно при: (1) организация на екипната работа и оценка на необходимото време; (2) формулиране на хипотеза (липса на отправна точка и понятие за правилна формулировка на хипотеза); (3) подбор на метод за изследването (проблемите бяха свързани основно с моделиране на реалния процес и свързването му с изучаваните закономерности, както и с желанието да се използват готови решения); (4) прилагане на математически апарат; (5) синтезиране на изводи (много често изводите бяха базирани на теоретичните разглеждания, а не на получените от студентите резултати); (6) задръжки да се консултират с преподавателя и да дискутират с колегите си.

Най-силната страна на студентите се оказаха презентационните им умения. Почти всички бяха подготвили презентации (с PowerPoint). Много представяния включваха снимки, анимации, видеоклипове на хода на работата и демонстрации на живо. Добро впечатление направи и стремежът на повечето студенти да постигнат по-точни резултати и да открият възможните източници на грешки.



Фигура 1. Посочени в анкетите източници на информация

След приключване на задачите студентите бяха помолени да попълнят анонимни анкети (на хартия или по интернет). Анкетите бяха подготвени и анализирани с помощта на четирима студенти от същия курс. Анкетирани бяха 52-ма студенти. Резултатите от отговорите на първия въпрос, касаещ използваните източници на информация, са представени на фиг.1. Очаквано, основният източник на информация е интернет. Всички анкетирани са използвали повече от един източник, а около 50% са гледали видеоклипове в интернет. Посочените от студентите средства за реализация на експерименталната задача са представени на фиг.2. Около 35% от анкетираните са употребили само едно от трите посочени средства. Избраните начини на представяне на резултатите са показани на фиг.3. Над 80% от студентите са направили снимки и/или видеоклипове по време на работата си.



Фигура 2. Посочени в анкетите средства за реализация



Фигура 3. Форма на представяне на резултатите

Освен това студентите бяха помолени да посочат в анкетите до три етапа от научните изследвания, които смятат за най-важни за осъществяване на изследването и за получаване на достоверни и точни резултати. Отговорите са представени в таблица 1. Както се вижда, има етапи, на които е отдадена твърде голяма тежест по отношение на ролята им за осъществяване на изследването, като анализа и представянето на резултатите, а други са negliжирани, като формулирането на хипотеза. Планирането и провеждането на изследванията е счетено за един от не толкова важните етапи за получаването на достоверни резултати. Представените резултати показват, че е необходимо по-подробно разясняване на ролята на отделните етапи на студентите. Анкетираните бяха попитани и за етапа, който ги е затруднил най-много, на което са отговорили 46 души. От тях 12 са посочили, че нито един етап не ги е затруднил. Етапите, които най-често са ги затруднили, най-често посочваните причини за това са: анализът на резултатите (9 човека – не достатъчно точни и категорични резултати, разминаване с хипотезата, трудни изчисления), формулиране на извод (9 човека), планиране и провеждане на изследванията (8 човека – заради екипната работа, липсата на информация и др.), формулирането на хипотеза (7 човека – неяснота защо е необходимо при известен физичен закон) и представянето на резултатите (6 човека – неопитност, неразбирателство в екипа). Някои от анкетираните са дали повече от един отговор. Прави впечатление, че оценката на студентите за етапите, които са ги затруднили, до голяма степен съвпада и с оценката на преподавателите.

Таблица 1. Брой студенти, посочили съответния етап (всеки от 52-мата отговорили е помолен да даде по 3 отговора)

	Най-важни за осъществяването на експериментално научно изследване	Най-важни за получаването на достоверни и точни резултати
Сформиране на екип	42	1
Литературна справка	8	29
Подбор на уреди и материали и конструиране на експеримен- тална установка	25	20
Формулиране на хипотеза(и)	11	12
Планиране и провеждане на изследването	32	19
Анализ на резултатите	19	35
Формулиране на изводи и препоръки	6	27
Представяне на резултатите	11	12

В последната част от анкетата студентите бяха помолени да посочат предимствата и недостатъците от така поставената задача в сравнение с класическите упражнения. На въпроса, свързан с предимствата, са отговорили 39 от 52 анкетирани. Като главна положителна страна студентите изтъкват практическата насоченост на задачите. Според тях така учебният материал бива усвоен по-бързо и лесно, събужда се интересът им и се развиват креативността им и уменията за самостоятелна работа. Повече от половината студенти посочват работата в екип като предимство. За много от анкетираните този експеримент е бил първият сблъсък с подобна задача. За някои студенти обработката и представянето на резултатите пред аудитория също е плюс поради липса на предишен опит. Един от анкетирани е посочил, че задачата няма никакви предимства. Като основен недостатък студентите посочват работата в екип. Почти 1/3 от отговорилите на този въпрос не са успели да намерят общ език с колегите си. Студентите посочват липсата на опит с подобна задача, липсата на комуникация и разпределянето на задачите като основни проблеми, с които са се сблъскали. Други недостатъци според анкетираните са липсата на инструкции, липсата на преподаватели, с които да се консултират, както и липсата на обо-

рудване и материали за провеждане на изследването. Тези три недостатъка са посочени от около 1/4 от отговорилите. Отговор „няма недостатъци“ са посочили 12 от анкетиранияте.

На база на впечатленията на преподавателите и резултатите от анкетите беше направен изводът, че е добре на студентите да се поставят срокове за отделните етапи и да бъдат насърчавани да се консултират по-активно с преподавателите и помежду си. Ще бъдат отчетени и полезните препоръки, дадени от студентите, а именно да се разшири изборът на задачи и да има повече задачи, свързани с приложения в биологията.

Заклучение

В работата е представен подход за въвеждане на „изследователска“ задача в практикум по „Обща физика“, като допълнение към класическите лабораторни упражнения. Подходът е реализиран успешно със 76 студенти първокурсници от Биологическия факултет на СУ през учебната 2016/2017. Прилагането на такъв подход цели да запознае студентите (потенциално учениците) с базовите етапи от експерименталните изследвания, които трудно се илюстрират в рамките на класическо лабораторно упражнение. Допълнителна цел е да бъдат провокирани обучаващите се да мислят критично и творчески. Резултатът през първата година от въвеждането на задачата беше оценен от преподавателите, както и на база на попълнени от студентите анкети. Бяха идентифицирани етапите, които затрудняват най-много студентите: формулирането на хипотеза и изводи, създаването на модел на физичен процес, обработката на резултатите и работата в екип. Въпреки тези трудности общото мнение на участващите преподаватели и на повечето студенти е, че подобен формат на обучение е полезен и мотивиращ. Считаме, че форматът е широко приложим към студенти/ученици на различно ниво и може да се реализира почти изцяло извън часовете. При разработването и представянето на „изследователски“ задачи могат по-силно да бъдат застъпени и иновативни методи за преподаване като *peerinstruction* и *reversed classroom*, отколкото при класическите лабораторни упражнения.

Благодарности. Признателни сме на Страхил Георгиев, Наско Горунски и Стилиян Лишев за полезните дискусии, за работата им по усъвършенстването на експерименталните задачи и за работата им със студентите. Признателни сме и на Стоянка Пешкалова за подкрепата и оказаното съдействие при реализирането на задачите.

БЕЛЕЖКИ

1. <https://teachingcommons.stanford.edu/teaching-talk/how-create-physicists>

REFERENCES/ЛИТЕРАТУРА

- Amend, J.R., Furstenau, R.P. & Tucker K. (1990). Student-designed experiments in general chemistry using laboratory interfacing. *J. Chem. Educ.*, 67, 593 – 595.
- Coker, J.S. (2017). Student-designed experiments: apedagogical design for introductory science labs. *J. Coll. Sci. Teach.* 46(5), 14 – 19.
- Damyantov, D.S., Pavlova, I.N., Ilieva, S.I., Gourev, V.N., Yordanov, V.G. & Mishonov, T.M. (2015). Planck's constant measurement by Landauer quantization for students laboratories. *arXiv:1501.05850v2 [physics.ed-ph]*.
- Smyser, B.M., Kowalski, G.J. & Carbonar, A.F. (2015). Student designed lab experiments: how students use pedagogical bestpractices. *Proc. Ann. Conf. Amer.Soc. Eng. Educ.*, art. no. 11718.

RESEARCH-LIKE STUDENT LAB

Abstract. The work presents an approach in which an experimental assignment is carried out similarly to a scientific study in the frames of a student lab course. The approach aims to meet the students with the basic stages in experimental studies and to instill in them the excitement of shared “discoveries”. It was first tested in the frames of a General physics lab course with 76 freshman students majoring in Molecular biology. In contrast to classical labs, the proposed approach involved: application of the scientific method, selecting an applicable experimental method, out-of-class teamwork, drawing conclusions from the obtained results and presenting the results in public. The selected assignments can be completed with common materials, simple equipment and smartphone applications. The current work summarizes the observation of the involved faculty and the results from a survey among the students. The stages that the students had most difficulty with were identified as the following: setting up a hypothesis, modeling the physical processes, processing the results and drawing conclusions from them, and cooperating with team members. It was concluded that the proposed educational approach can be inspiring and useful for the development of the students' critical thinking and creativity. Furthermore, it is widely applicable to students at different levels of competence.

✉ **Dr. Ivelina Dimitrova (corresponding author)**

Faculty of Physics
University of Sofia
5, James Bourchier Blvd.
1164 Sofia, Bulgaria
E-mail: divelina@phys.uni-sofia.bg