

ISSN 2406-2626

Број 6
НАСТАВА ФИЗИКЕ



**Зборник радова
са XXXVI Републичког семинара о настави физике**



Кладово 2018.

Mikovac

НАСТАВА ФИЗИКЕ

Број 6, Мај 2018

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ



Часопис *Настава физике* је публикација Друштва физичара Србије. У часопису се публикују радови из методике наставе физике, историје и филозофије физике и прикази дисертација, монографских и уџбеничких публикација из области наставе физике. Намењен је наставницима физике основних и средњих школа, наставницима физике високих школа струковних студија, као и наставницима факултета који се баве истраживањима у области наставе физике.

Гостујуће уредништво
(Комисија за Семинаре ДФС-а)

Саша Ивковић, председник
Душанка Обадовић
Андријана Жекић
Милан Ковачевић
Стеван Јокић, Београд
Мирјана Поповић – Божић
Слађана Николић
Предраг Савић
Братислав Обрадовић

Организациони одбор Семинара

Братислав Обрадовић, председник
Нора Тркља
Иван Крстић
Никола Цветановић
Јелена Стошић
Јелена Марковић
Јована Милијановић
Марија Марковић
Ненад Грозданић
Бранка Радуловић
Владимир Марковић

В.Д Главог и одговорног уредника
Ивана Богдановић

Технички уредник
Саша Ивковић
Иван Крстић

Наслов:
„Настава физике“

Поднаслов:
„Зборник радова са XXXVI Републичког семинара о настави физике“

Издавач:
Друштво физичара Србије, Београд

Штампарија:
СЗП „Tamron-dizajn“ Панчево

ISSN: 2406-2626

Тираж: 300

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

53

НАСТАВА физике : зборник радова са
Републичког семинара о настави физике / уредник
Ивана Богдановић. - 2015, бр. 1- . - Београд:
Друштво физичара Србије, 2015- (Панчево :
Tamron-dizajn). - 25 cm
Два пута годишње
ISSN 2406-2626 = Настава физике
COBISS.SR-ID 214910476

Обновимо Физоов експеримент

Милан С. Ковачевић, Љубица Кузмановић

Природно-математички факултет, Крагујевац

Апстракт. Физоов експеримент који датира из 1851. године, има истакнуто место у физици јер је одиграо запажену улогу у формирању принципа оптике покретних средина. У раду је дат сажет опис и значај овог опита са аспекта развоја физике и формулације идеја специјалне теорије релативности.

Кључне речи: етар, интерференција.

РАЗВОЈ КОНЦЕПТА ЕТРА

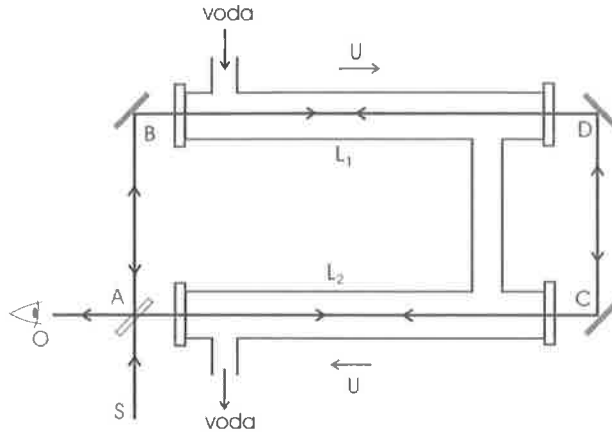
Концепт етра у физику уводи Декарт (Rene Descartes 1596-1650). У његовом учењу тела могу да делују једно на друго контактом, и простор је пун. По њему, светлост се преноси тренутно као притисак. Хук (Robert Hooke, 1635-1703) средину која преноси светлост назива “провидном” и тврди да се преношење не састоји у статичком притиску, већ у простирању брзих вибрација мале амплитуде. Хајгенсов (Christiaan Huygens, 1629-1697) концепт етра је доста близак Хуковом. То је средина сачињена од еластичних честица, а Хајгенс им додаје особину “да свака честица материје у којој се талас простире не саопштава кретање само следећој честици која је на правој линији од светлеће тачке, већ и свим осталим које је додирују и спречавају кретање”. Њутн (Isaac Newton, 1620-1727) даје етру нешто другачије особине. Он покушава да етром објасни гравитацију и топлоту. Светлост није вибрација етра већ кретање нечег трећег, као што су неке честице или нека средина. Светлост интерагује са етром који може у зависности од густине да је савија. Етар није хомоген, већ постоје његове врсте које су одговорне за магнетно, електрично и гравитационо привлачење. Све ове хипотезе се свде на то да је: носилац светлости етар, јако разређен и еластичан и да заузима цео простор (свемир); сва материјална тела привлаче етар, због чега се он акумулира у материји и на малом растојању око ње, где је гушћи него на већим растојањима, али му еластичност није повећана. Јанг (Thomas Young, 1773-1829) и Френел (Jean Augustin Fresnel, 1788-1828) даље развијају таласну теорију светлости и уводе трансверзалност њених вибрација. Тиме се враћа у фокус етар и његове особине. Френел сматра да од етра-флуида треба прећи на етар који има особине еластичног чврстог тела, и карактерише етар са две физичке величине: еластичношћу и густином. Френел га и даље назива флуидом, али му додаје еластичност и тако добија еластични флуид.

Свака од хипотеза о етру на свој начин допушта да се предвиди и израчуна како се мења брзина простирања светлости у некој средини, кад ова средина почне да се креће. Чињеницу да се брзина светлости може мењати услед кретања средине кроз коју се простире светлост, искористио је француски физичар Физо (Fizeau Armand

Hippolyte Louis 1819-1896), да постави експеримент и да тим путем покуша избор правилне хипотезе.

ФИЗООВ ЕКСПЕРИМЕНТ

Физоов експеримент изведен је још 1851. године, а упрошћена шема овог експеримента дата је на слици 1 [1, 2].



СЛИКА 1. Шема Физоовог експеримента.

Светлосни зрак S падао је на полупосребрену плочу A која га је делила на два зрака: АВ и АС. Огледала B, C, D постављена под углом од 45° у односу на упадне зраке, обртала су зраке за 90° . На тај начин, зраци подељени у A пролазили су кроз уређај; један у смеру казаљке на сату, други – у смеру супротном казаљци на сату. Пошто су поново пали на полупрозрачно огледало A, они су се спојили, што је омогућило да се посматра слика интерференције. На путу зракова постављене су цеви L_1 и L_2 , испуњене водом која је протицала брзином u у свим правцима, приказаним на слици.

Један зрак, пролазећи кроз цев, ишао је читаво време низ ток, а други – уз ток. Ако етар који се налази у води та вода повлачи, то ће оба зрака, прошавши кроз уређај и спојивши се у тачки O, имати одређену фазну разлику, условљену различитим временом које било потребно зрацима да би прешли читав пут. Ова фазна разлика одредиће карактер интерференције у тачки O. Разлику времена за које зраци прођу кроз уређај ствара кретање зракова само у текућој води, јер су њихови путеви изван тога једнаки. Обележимо брзину светлости у мирној води са v . Са гледишта теорије етра v је брзина светлости у етру који се налази у мирној води. Претпоставимо да текућа вода повлачи етар, али не у потпуности, већ делимично, тј. да је његова брзина у односу на уређај једнака fu , где је f мање или једнако јединици и да треба да буде одређено огледом. Тада је брзина светлости у води у односу на уређај за зрак који се простире супротно току, једнака $v - fu$, а

за зрак који се простира дуж тока једнака $v + fu$. Одавде налазимо да је разлика времена Δt за које оба зрака прођу кроз уређај, једнака

$$\Delta t = \frac{2L}{v - fu} - \frac{2L}{v + fu} = \frac{4Lfu}{v^2 - f^2u^2} \quad (1)$$

где је L дужина сваке цеви испуњене водом. Фазна разлика δ биће једнака $2\pi v \Delta t$, где је v фреквенција светлости. На тај начин показује се да је фазна разлика δ везана са коефицијентом повлачења (драг коефицијент) f .

Физо је добио интерференциону слику за мирну и текућу воду, и измерио померање пруга. По том померању могла се одредити фазна разлика па, према томе, и коефицијент повлачења етра. Физов експеримент је показао да се драг коефицијент изражава формулом $f = 1 - 1/n^2$, где је n индекс преламања воде. На тај начин посматрањем интерференције било је утврђено да хипотетички етар делимично повлачи супстанција која се креће, при чему коефицијент повлачења – драг коефицијент f , зависи од индекса преламања супстанције: супстанција са индексом преламања једнаким јединици не би смела да повлачи етар.

Значај Физоовог експеримента

Мајкелсон и Морли су 1886. године први поновили Физоов експеримент, са знатно бољом техником и потврдили Физоов резултат [3]. Посматрањем интерференције било је утврђено да хипотетички етар делимично повлачи супстанцију када се креће. Али, резултати Физоовог експеримента могу се добити и без икакве претпоставке о делимичном повлачењу етра, као последица теореме сабирања брзина. Ако индекс преламања воде обележимо са n , добићемо релативну брзину светлости у води да је $u'_x = c/n$. Протицање воде одређује се трансляционом брзином v . Слика интерференције зависиће од брзине u_x светлости, у односу на инструмент. Стављајући да је v/c мало и занемарујући чланове који садрже v/c са другим и вишим степенима, добијамо

$$u_x = \frac{u'_x + v}{1 + u'_x \frac{v}{c^2}} = \frac{\frac{c}{n} + v}{1 + \frac{c}{n} \frac{v}{c^2}} \approx \left(\frac{c}{n} + v \right) \left(1 - \frac{v}{nc} \right) \quad (2)$$

Занемарујући даље члан који садржи $(v/c)^2$, имаћемо:

$$u_x = \frac{c}{n} + \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) v. \quad (3)$$

Овај резултат се поклапа са резултатом обичне теореме сабирања брзина под претпоставком да је коефицијент повлачења етра једнак $1 - 1/n^2$, тј. овај резултат одговара Физоовом огледу. Колико је важан Физоов оглед и његов резултат, види се и из тога да је Ајнштајн у књизи *О специјалној и општој теорији релативности*, назвао Физоа генијалним физичарем. Ајнштајн је више пута подвлачио важност Физоовог експеримента за експериментално фундирање теорије релативности. У једној дискусији он каже: “Физоов оглед и његов резултат су били толико важни да је његово побољшано понављање, било пожељно у сваком случају”.

ЗАКЉУЧАК

Строго гледајући Физоов оглед не може бити оглед који у потпуности тестира специјалну теорију релативности, јер код ње имамо однос v/c на другом степену, док је код Физоовог опита однос брзина v/c на првом степену. Три деценије после Физоовог експеримента, Мајкелсон је извео интерференциони оглед у коме приметно померање пруга није било откривено. Закључак из тог огледа је био, базирајући се на теорији етра, да нисмо у могућности да објаснимо Физоов оглед, појаву аберација звезда и Мајкелсонов оглед истовремено. Постојао је и низ других експеримената са другим прилазима, и сви они су показали да хипотеза о могућности одређивања кретања у односу на етар не одговара стварности и да етар не представља средину која може да послужи као систем референције. Хипотеза о постојању средине-етра је неприхватљива и противечи непосредно запаженим чињеницама. Може се закључити, да различити експерименти током више деценија, нису могли доказати кретање кроз етар.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. T. Landsberg, The Relativistic Theory of the Fresnel Drag Coefficient, Nature volume 189, p. 654 (1961).
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Fizeau_experiment
3. T. Lahaye, P. Labastie, and R. Mathevet, Fizeau's "aether-drag" experiment in the undergraduate laboratory, arXiv:1201.0501 DOI: 10.1119/1.3690117.

Renew Fizeau's experiment

Milan S. Kovačević, Ljubica Kuzmanović

Faculty of Science, Department of Physics, Kragujevac, Serbia

Abstract: The Fizeau's experiment, which dates from 1851, has an important place in physics because it has played an important role in the formation of the principles of optical moving environments. This paper presents a concise description and significance of this experiment in terms of the development of physics and the formulation of the ideas of the special theory of relativity.