

REFERENCES

1. Kovalenko, O.E., Korolova, N.V. *Motyvatytsia navchalnoi diialnosti. Metodyka profesiinoho navchannia* [Motivation training activities. Methodology of professional training]. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <http://forca.com.ua/knigi/navchannya/metodika-profesiinogo-navchannya.html>. – Nazva z ekranu.
2. Purysheva, N.S. (1995) *Metodycheskye osnovy differentsyrovannoho obuchenya fizyke v srednei shkole: avtoref. dys. ... d-ra ped.* [Methodical bases of differentiated training in physics in high school]. Moscow
3. Rubinshtein, S. L. (1986) *Pryntsyv tvorchoi samodiialnosti* [The principle of creative amateur] Pytannia psykholohii.
4. Sadovyy, M.I., Tryfonova, O.M. (2011) *Misiya I.E. Tamma* [Mission I.E. Tamma] navch.-metod. posibn. Kirovohrad.
5. Sadovyi, M. I. (2001) *Stanovlennia ta rozvytok fundamentalnyi idei dyskretnosti ta neperervnosti u kursy fizyky serednoi shkoly.* [Formation and development of the fundamental ideas of discreteness and continuity in the course of high school physics]. Kirovohrad.
6. Serhieienkova, O.P. *Pedahohichna psykholohiia* [Pedagogical Psychology]. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: [http://pidruchniki.ws/psihologiya/motivatsiya\\_navchalnoi\\_diyalnosti](http://pidruchniki.ws/psihologiya/motivatsiya_navchalnoi_diyalnosti).
7. Sosnytska, N. L. (2003) *Vymohy do profesiinoy pidhotovky vchytelia fizyky v umovakh osobystisno-orientovanoho navchannia.* [Requirements for the professional training of a physics teacher in terms of person-oriented learning]. Zhytomyr
8. Stetsyk, S. P. (2011) *Indyvidualizatsiia navchalnoi diialnosti uchniv na urokakh fizyky: metodychnyi posibnyk.* [Individualization of students' learning activity at physics classes]. Uman
9. Tryfonova, O.M. (2018) *Navchannya fizyko-tehnolohichnykh dystsyplin maybutnikh fakhivtsiv komp'yuternykh tekhnolohiy* [Training of Physical-

Technological Disciplines of Future Specialists in Computer Technology] Naukovi zapysky. Seriya: Pedahohichni nauky. Vyp. 168. 262-267.

10. Iakymanskaia, Y.S. (2000) *Lychnostno-oryentyrovannoe obuchenye v sovremennoi shkole.* [Personality-oriented Learning in Modern Schools]. Moscow

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**САДОВИЙ Микола Ілліч** – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри теорії і методики технологічної підготовки, охорони праці і безпеки життєдіяльності Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

*Наукові інтереси:* дидактика фізики.

**БЕВЗ Анна Володимирівна** – викладач фізики Кропивницького інженерного коледжу Центральноукраїнського національного технічного університету

*Наукові інтереси:* методика навчання фізики.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Sadovyi Mykola Ilich** – doctor of pedagogical sciences, professor, head Department of Theory and Techniques of Technological Preparation, Labor Protection and Life Safety of the Central Ukrainian State Pedagogical University named after Volodymyr Vynnychenko.

*Circle of research interests:* didactics of physics.

**Bevz Anna Volodymyrivna** – teacher of physics at the Kropivnitsky Engineering College of the Central Ukrainian National Technical University

*Circle of research interests:* methodology of teaching physics.

*Дата надходження рукопису 15.11.2018 р.*

*Рецензент – к.пед.наук, доцент Чистякова Л.О.*

УДК 530.145

**САДОВИЙ Микола Ілліч** –

доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри теорії та методики технологічної підготовки, охорони праці та життєдіяльності Центральноукраїнського державного педагогічного університету ім. В. Винниченка  
ORCID ID0000-0001-6582-6506

e-mail:smikdpu@i.ua

**ПРОЦЕНКО Євгеній Анатолійович** –

аспірант кафедри педагогіки та освітнього менеджменту Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка, практичний психолог психолого-комунального закладу

Глинське навчально-виховне об'єднання «Загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів-дошкільний навчальний заклад» Світловодської районної ради Кіровоградської області  
ORCID ID 0003-0097-352

e-mail:evgeniyprotsenkoasp@gmail.com

**ДОНЕЦЬ Наталія Володимирівна** –

вчитель фізики Комунального закладу «Навчально-виховне об'єднання І-ІІІ ступенів «Науковий ліцей Міської ради міста Кропивницького Кіровоградської області»  
ORCID ID0000-0002-0989-531X  
e-mail:NataDonatan@gmail.com

**НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНА СПАДЩИНА І.Є. ТАММА В РОЗВИТКУ ФІЗИКИ КІНЦЯ ХІХ ПОЧАТКУ ХХ СТОЛІТТЯ**

**Постановка та обґрунтування актуальності проблеми.** В сучасних умовах, коли успіхи науки в

кожній країні визначають темпи її соціального та економічного розвитку, фізиці належить провідна

роль у прискоренні науково-технічного прогресу. Знання етапів розвитку фізичної науки, використання науково-педагогічної спадщини вчених фізиків є важливим елементом для розвитку молодого покоління. Саме свідоме ставлення молоді до здобутків попередніх поколінь може забезпечити гармонійність особистості, розвиток її здібностей та обдарувань, збагативши на цій основі інтелектуальний потенціал, духовність і культуру.

В кінці XIX - на початку XX ст. розпочалася інтенсифікація розвитку академічної науки, вдосконалення системи підготовки наукових кадрів, створена потужна матеріально-технічна база фізичних досліджень. Разом з тим, характеризуючи стан розвитку фізичних досліджень в Україні, необхідно відзначити їх несистематичний, фрагментарний характер, відсутність достатньої державної підтримки, а також нижчий рівень розвитку технічної бази порівняно з науковими центрами Москви, Петербурга та західноєвропейськими країнами. Велика частка досліджень була здійснено українськими вченими за власною ініціативою, а експериментальні - також на власні кошти, за допомогою самостійно розроблених та власноручно сконструйованих приладів та устаткування. Проте, незважаючи на відсутність у даний період широкомасштабних і запланованих фізичних досліджень, українські вчені спромоглися зробити дуже суттєвий внесок у розвиток фізики [4]. Зокрема це стосується І.С. Тамма. Проте в наш час мало людей обізнані про дійсно видатну особистість, науковця І.С. Тамма, про його наукову діяльність, внесок у розвиток науки, зокрема фізичної науки та у розвиток педагогіки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Над проблемою дослідження історії розвитку фізики XIX- на початку XX століття працювало багато вчених, вчених-педагогів, серед них А.М. Глебова, М.В. Дудик, Ю.В. Діхтяренко, П.С. Кудрявцев, І.Я. Конфедератов, Р.Я. Ріжняк, М.І. Садовий, О.М. Трифонова.

**Мета.** Здійснити аналіз розвитку науки в кінці XIX- на початку XX століття, зокрема, розвиток фізики вказаного періоду; розглянути і проаналізувати внесок Тамма у розвиток фізичної науки; показати важливість, значущість науково-педагогічної спадщини І.С. Тамма для сучасного покоління.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В кінці XIX - на початку XX ст. фізика в Росії на відміну від хімії, фізіології, математики знаходилася на низькому рівні розвитку. Це був період, коли в державі дослідна та педагогічна робота з фізики потребувала радикальної реорганізації, та приведення її у відповідність з новою фізичною наукою - з теорією відносності і квантовою механікою.

У галузі хімічної науки були відомі наукові відкриття світового значення Д.І. Менделєєва (не присудили Нобелівську премію через похилий вік), П.М. Бутлерова, О.М. Баха, Л.В. Писаржевського, В.І. Вернадського (біогеохімік, претендент на

Нобелівську премію), В.В. Марковнікова [8]. Присудження Нобелівської премії є специфічною процедурою. Головним документом, що регулює правила вручення премії є статут Нобелівського фонду. Згідно §4 цього статуту, одночасно можуть бути нагороджені одна чи дві роботи, але при цьому загальне число нагороджених не повинно перевищувати трьох. Також в цьому ж пункті вказано, що премія не може бути присуджена помертню. За статутом Нобелівського фонду висувати номінантів в галузі фізики й хімії, можуть такі особи: члени (у тому числі іноземні) Королівської академії наук Швеції; члени Нобелівських комітетів з фізики та хімії; лауреати Нобелівських премій в області фізики та хімії; постійно й тимчасово працюючі професори фізики та хімії університетів і вищих технічних шкіл Швеції, Данії, Фінляндії, Ісландії, Норвегії, а також Каролінського інституту (Стокгольм); завідувачі відповідних кафедр щонайменше у 6 університетах або інститутах, обраних Академією наук; інші вчені, від яких Академія вважає за необхідне прийняти пропозиції [14].

В галузі фізіології працювали всесвітньо відомі І.П. Павлов (лауреат Нобелівської премії), К.А. Тімірязев (претендент на Нобелівську премію), І.М. Сеченов, А.А. Ухтимський, С.П. Боткін.

Всесвітньо визнаними математиками були Н.І. Лобачевський, С.В. Ковалевська, М.В. Остроградский, П.Л. Чебишев, А.А. Марков, А.М. Ляпунов, Г.Ф. Вороний.

У галузі фізики, окрім П.М. Лебедева та Б.Б. Голіцина ніхто не відзначився на рівні європейських наукових досліджень. Б.Б. Голіцин, який перший у світовій науці висунув гіпотезу про дискретність випромінювання та поглинання абсолютно чорним тілом у своїй докторській дисертації не був зрозумілим О.Г. Столетовим та О.П. Соколовим, які вбачали у його ідеях несурозність [7].

На початку XX ст. лише розпочав свою наукову діяльність П.М. Лебедев - людина не лише видатний експериментатор, а й багатий на теоретичні фізичні ідеї. П.М. Лебедев навчався у А. Кундта (Берлінський університет), Ф. Кольрауша (Берлінський фізико-технічний інститут) та Г. Гельмгольца (м. Шарлоттенбург фізико-технічне імперське відомство). Він започаткував свою школу фізиків. Його учнями були С.І. Вавілов, П.П. Лазарев, М.М. Андреев, В.К. Аркадьєв. В університеті вчений виконав ґрунтовні наукові дослідження, започаткував велику школу фізиків, рівень якої відповідав західноєвропейським. До неї входили молоді починаючі теоретики С.І. Вавілов, П.П. Лазарев, Т.П. Кравець, А.К. Тімірязев, Б.В. Ільїн, В.К. Аркадьєв, М.М. Андеєв, А.Б. Млодзеевський та ін. Проте у 1911 р. більше ста учених покинули Московський університет у знак протесту проти реформ міністра освіти Кассо, зокрема обмеження університетської автономії. Через рік П.М. Лебедев помер, молодь роз'їхалася по інших університетах, в Московському

університеті фізика перестала розвиватися і як наслідок далеко відстала від тогочасного рівня.

В області кристалографічних груп симетрії працював Е.С. Федоров. Л.І. Мандельштам (номінант Нобелівської премії за комбінаційне розсіювання світла) навчався у Новоросійському університеті, але після участі у 1899 р. у студентських виступах був виключений з числа студентів.

Вказані вчені склали список представників новітньої фізичної науки. Вони в певній мірі займалися проблемами теоретичної фізики.

По іншому розвивалася техніка. Петро Перший, «прорубавши вікно» у Європу запровадив практику навчання обдарованої молоді у західних дослідницьких закладах та установах. Особливо ефективним був Ломоносівський період. Після М.В. Ломоносова у галузі, насамперед технічної фізики в Росії працювали винахідники В.В. Петров, Е.Х. Ленц, Б.С. Якобі, О.С. Попов, М.А. Умов, О.Г. Столетов, роботи яких тоді були мало відомі як у власній державі, так і на Заході.

У 1910 р. Б.Н. Юр'єв сконструював гелікоптер (гвинтокрил).

Я.М. Гаккель побудував літак біплан (1910).

У 1903 р. К.Е. Ціолковський підготував працю «Дослідження світових просторів реактивними приладами».

У 20-х роках ХХ ст. традиції вітчизняної наукової діяльності з міжнародного обміну досвідом були поновлені і акцент робився на створення потужних наукових шкіл.

О.О. Эйхенвальд, з дитинства товариш П.М. Лебедева, основи теоретичної фізики здобував у Е. Кона, а експериментальною фізикою займався у Страсбургському університеті у професора К.Ф. Брауна (Нобелівський лауреат 1909 р.). Він перший з фізиків експериментально перевіряв рівняння Максвелла (еквівалентність струму провідності та конвекційного струму) [1. с. 285–286].

М.Д. Папалексі, Б.Б. Голіцин також навчалися у Страсбургському університеті у професора К.Ф. Брауна [2, с. 34-43]. М.Д. Папалексі, займався різними науковими та науково-технічними питаннями в області електромагнітних коливань та їхніх застосувань до радіотехніки. Б.Б. Голіцин один з основоположників сейсмології, геофізик, винахідник першого електромагнітного сейсмографа (1906), стояв біля витоків термодинаміки випромінювання.

А.Ф. Йоффе здобував знання у В. Рентгена на кафедрі фізики Мюнхенського університету. За радянські часи став «батьком радянської фізики».

Д.С. Рождественский навчався у Лейпцизькому університеті в лабораторії відомого фізика О. Віннера та Гіссенському університеті у Д. Друде – створювача класичної електронної теорії. Вчений пізніше створив електронну теорію спектрів.

М.М. Андреев закінчив Базельський університет. Вчений все життя займався питаннями фізичної та технічної акустики, застосуванням спектрального методу в фізиці. Під його

керівництвом виконувалися роботи, які започаткували радянську гідроакустику.

Таким чином наукових фізичних шкіл в Росії бракувало, хоч практично більшість значимих фізиків навчалися за кордоном.

Всі вони після з початку 20-х років ХХ ст. створили свої власні фізичні наукові школи, науково-дослідницькі інститути та лабораторії [14] за прикладом західних.

Зокрема, П.С. Еренфест, Д.С. Рождественський, А.Ф. Йоффеє засновниками перших наукових шкіл у галузі теоретичної фізики у Петербурзі (Петрограді).

У 1907-1912 склалася сприятливі умови для розвитку теоретичної фізики у Петербурзі, куди переїхав через відсутність роботи на батьківщині відомий австрійський та нідерландський фізик-теоретик П. Еренфест. На базі створеного ним теоретичного семінару виникла велика група молодих вчених у галузі теоретичної та експериментальної фізики. Якраз ця група і проявила себе у першій чверті ХХ ст.

Із таких виділявся О.Д. Хвольсон – автор п'яти томника з фізики, який визнали і за кордоном [8].

У 1918 р. в державі було відкрито понад 40 самостійних науково дослідних інститутів і вищих навчальних закладів:

Центральний аерогідродинамічний, Державний рентгенологічний та радіологічний, хімічний та інші. В кінці 1919 р. науку очолювали понад 200 академіків і професорів Н.Е. Жуковський, Н.Д. Зелінський, А.Н. Бах, В.М. Губкін і ін., понад 500 вчених цілі галузі інженерів-конструкторів та інших фахівців. Це був великий поштовх для залучення молоді до наукових досліджень.

Впродовж 1924 по 1928 років ще до появи квантової механіки Е. Шредінгера та Г. Гейзенберга І.Є. Тамм написав три статті у рамках старої боровської квантової теорії спектрів. У нього виникло ряд суперечностей, які привели його до думки про необхідність написання основ теорії електрики з позицій тогочасної науки. Після першого наукового відрядження до Лейдена і знайомства з П. Діраком, коли уже була написана квантова механіка електрона, для Ігоря Євгеновича стало зрозумілим необхідність підготовки складної релятивістської неквантової теорії магнітного моменту електрона. Діраковська теорія електрона зі спіном уже існувала. І.Є. Тамм у статті виконаній у Лейдені дякує П. Еренфесту та Фоккеру за корисні зауваження [10]. Це свідчить, що проблема співвідношення класичної теорії заряду, що обертається та діраківської теорії спіна займала кращі уми Європи, де на той час була сконцентрована і найбільш розвинена теоретична фізика й займала передові рубежі.

У 1922-1923 р. заснував сучасну фізичну космологію О.О. Фрідман. Проте знезацька помер і дослідження не продовжилися.

У 1927 р. Д.В. Скобельцин (стажувався у Парижській лабораторії Марії Складовської-Кюрі впродовж 1929–1931 на стипендію фонду Рокферера) з допомогою камери Вільсона виявив у

космічних променях на поверхні Землі електрони високих енергій у вигляді ливнів електронів. Проте Нобелівську премію одержав у 1929 р. німецький фізик В. Боте, який підтвердив результат Д.В. Скобельцина системою лічильників методом співпадання [12].

У цей період в СРСР та на Україні фізика перетворилася у розвинену галузь науки, визнання наших вчених на міжнародному рівні. Виникли відкриття рівня Нобелівських премій: 1928 р. Г.С. Мандельштам та Г.С. Лансберг пояснили комбінаційне розсіювання світла. Премію дали індійському фізику Раману, який телеграмою повідомив журнал «Nature» про спостережуване явище у рідинах без пояснення його сутності за три місяці до ґрунтовної статті радянських вчених [9].

В цей же час І.Є. Тамма захопила ідея єдиної теорії поля Ейнштейна. Лише за 1929 рік він пише 5 наукових статей з проблеми з'ясування теорії діраківського електрона у більш широкому аспекті. Дві статті підготовлені спільно з Леонтовичем. Крім цього І.Є. Тамм пише: «що у новій ейнштейнівській теорії поля мають місце певні квантомеханічні риси» [4, с. 815].

Маючи високу комунікабельність Тамм спільно із Г.С. Лансбергом та М.О. Леонтовичем, які були близькі до Л.І. Мандельштама використали новітні методи наукових досліджень створили і пояснили механізм розсіювання світла твердими тілами у рамках класичної теорії з експериментальним її підтвердженням. Механізм полягав у розсіюванні світлових хвиль на пружних коливаннях кристалів. Добре обізнаний у квантовій теорії Ігор Євгенович дав квантову інтерпретацію теорії процесу. Для цього він проквантував пружні коливання кристалів використавши метод аналогій щодо квантування електромагнітного поля В. Гейзенбергом та П. Паулі. Тоді коливання частинок решітки були представлені як газ «пружних квантів». Безумовно це квазічастинки – фонони. Кожна з таких частинок включає рух усіх частинок. В результаті теоретичних роздумів І.Є. Тамма та Я.І. Френкеля були виявлені певні розходження з класичною теорією, що підтвердили у своїх дослідках Г.С. Лансберг та Л.І. Мандельштам.

Роботи з розсіювання світла на кристалах та на електроні, введення понять квазічастинки, фононів привели І.Є. Тамма до ідеї розглянути квантову теорію металів, яка лише зароджувалася. На основі теоретичного аналізу зробленого, експериментальних даних він окреслив проблеми існування особливості поверхневого стану електронів у металі. Сутність полягає у тому, що у такому стані електрон не може вийти за поверхню металу, чи увійти всередину металу. В зв'язку з цим були введені «рівні Тамма», які через чверть століття стали використовуватися у транзисторах та інтегральних схемах. У 60-их роках була написана монографія С. Девісона і Дж. Левіна «Поверхностные (таммовские) состояния» [5], спільно із С.П. Шубінін надрукована робота з теорії фотоефекту на металі, а також стаття «Про роботу виходу електрона із металу» [13].

Виникли дискусії з методологічних питань фізики, зокрема з теорії відносності та квантової механіки у філософських журналах. І.Є. Тамм виступив проти необґрунтованих нападок консерваторів-фізиків та частини філософів. Він досить переконливо пояснив істинне значення досліджень початку ХХ століття, їх новизну і нетрадиційність.

Перший друк курсу «Основи теорії електрики» підготовлений на основі новітніх ідей та теорій було здійснено у 1929 році і перевиданий і знову рекомендований міністерством освіти 11-ий раз у 2003 році (3 рази уже після смерті автора).

Популярність полягає і у тому, що у МДУ до приходу І.Є. Тамма вимоги принципу науковості не дотримувалися, зокрема рівень викладання теорії електрики завершувався рівняннями Максвелла. І.Є. Тамм згадував, що лекції з теорії електрики він слухав у Московському університеті до рівнянь Максвелла. При цьому професор І.В. Станкевич в курсі фізики теорію Максвелла взагалі не чіпав і заявляв, що це дуже складна теорія і він її читати не буде. Молоді викладачі М.М. Андреев та Г.С. Лансберг у своїй викладацькій роботі використовували і рівняння Максвелла і елементи квантової теорії, але це не «робило погоди» [3]. Принципи дидактики в повній мірі були реалізовані у підручнику «Основи теорії електрики» І.Є. Таммом. Це був перший у СРСР, а відповідно і в Україні підручник з основ електромагнетизму світового наукового рівня. Він відразу був запроваджений у практику роботи на фізичних спеціальностях у Харківському, Дніпропетровському, Одеському, Київському університетах, Київському рентгенівському та політехнічному інститутах.

У 1932 р. був експериментально відкритий позитрон. Це дало підставу підтвердити теорію електрона Дірака. Зріс авторитет квантової механіки Е. Шредингера та В. Гейзенберга. Можна стверджувати, що сталося становлення теоретичної фізики. У цьому ж році було експериментально виявлено нейтрон. Відповідно відкрилася ера фізики атомних ядер. У квітні 1932 р. Д. Кокрофт і Е. Уолтон та у червні Харківські вчені К.Д. Синельников, Г.Д. Латишев, А.К. Вальтер, А.І. Лейпунський, розщепили ядро літію прискореними протонами. Відразу змінилася методологія наукових досліджень. Виникли науково-фантастичні романи, наприклад М. Уїпсона «Життя з блискавкою» [6].

Дослідницький і теоретичний матеріал І.Є. Тамм достатньо глибоко осмислює. Дослідження І.Є. Тамм проводить самостійно, безпосередньо планує його, перевіряє відомі закономірності, й одержує нові. Кожне наукове поняття, що впливає з розмірковувать та експерименту з фізики, одержує конкретний образний зміст і органічному зв'язку із прийомами, способами, методами спостереження, експериментування, виконання практичних дій. У І.Є. Тамма саме науковий експеримент стає основою предметного теоретичного аналізу фізичного явища

чи процесу. Він вважав, що предметна діяльності майбутнього спеціаліста є критерієм істинності і міцності сформованих психологічних новоутворень.

Значних успіхів І.Є. Тамм досяг у дослідженні природи ядерних сил. Зрозуміло, що протонно-нейтронна структура ядра вимагає відповіді на запитання: а якими силами утримуються частинки ядра. Твердження, що в дійсності є такі сили вимагали наукової сміливості, що й зробив І.Є. Тамм: «Відразу після відкриття нейтрона у 1932 р. Гейзенберг висловив передбачення, що взаємодія протона з нейтроном зобов'язана обміну електричним зарядом». Про механізм обміну нічого не говориться. Тобто можна сказати, що у 1932 р. відбулося остаточне становлення І.Є. Тамма як фізика-теоретика. Проникнення в суть досліджуваного явища об'єктивної реальності відображається у вченого з допомогою системи взаємопов'язаних понять і категорій у свідомості. Систематизованість, впорядкованість в мисливих операціях і розумових образах пов'язана з такою якістю психіки, як усвідомленість - здатність виділяти головне, встановлювати зв'язки відомого з шуканим, встановлювати послідовність дій в теперішньому часі.

І.Є. Таммом вперше в історії науки фізики рух багатьох взаємодіючих частинок було представлено у вигляді газу – квазічастинок. З таким підходом важко було погодитися навіть маститим вченим, хоч квазічастинки ґрунтовно ввійшли в науковий обіг і є звичними. У підручниках, наукових статтях, енциклопедіях не зроблено навіть нагадування, що поняття квазічастинки та фонони введені І.Є. Таммом. Але це уже питання наукової етики дослідників, викладачів.

Розроблений Ігорем Євгеновичем підхід актуалізував та мотивував вперше розглянути проблему розсіювання світла вільним електроном – теорію комптон-ефекту послідовно квантуючи поле згідно вторинного квантування В. Гейзенберга та Паулі. Одержана ним формула співпала з одержаною формулою Клейном та Нішиним. Проте тут має місце не роз'яснення, а нове обґрунтування. Слід було побачити, відчутти новизну процесу. І.Є. Тамм виявив, що проміжний стан діраківського електрона знаходиться у стані з від'ємною енергією і цей факт відіграє фундаментальну роль. Навіть у випадку з інфрачервоними променями одержується класична формула Томсона, яка враховує стан з від'ємною енергією є необхідним елементом більш загальної теорії. Дану проблему І.Є. Тамм обговорив з П. Діраком і знайшов у ньому підтримку, адже теорією П. Дірака всі реальні електрони, що мають додатну енергію повинні були впасти на рівень з нескінченно великою від'ємною енергією. У листі І.Є. Тамма до П. Еренфеста від 24 лютого 1930 р. [11].

Таким чином, розгорнутість процесів відображення наукової проблеми, що вивчається проявляє себе в свідомості дослідника через такі його характеристики як пристрасність, усвідомленість та стереотипність. Вони входять у цілісну систему пізнання природи, бо

інтерпретуються через механізм осмислення досвіду минулого, результатів теперішнього та передбачення майбутнього. У своїй практичній викладацькій діяльності І.Є. Тамм використовував власний досвід пристрасності, стереотипності та усвідомленості, як основи для з'ясування реальних рівнів знань в реалізації цілеспрямованого управління процесом навчання.

І.Є. Тамм подружився із П. Діраком. Його особистісні та наукові відношення добре показано в листуваннях. Зокрема, в 1931 році І.Є. Тамм поїхав працювати в Кембрідж до П. Дірака. Він вважав П. Дірака генієм, захоплювався ним і за час спільної роботи їхні стосунки переросли в справжню дружбу. В листі Л.І. Мандельштаму Ігор Тамм писав: «В Кембріджі мені було добре... В науковому відношенні ... саме цікаве нова робота Дірака, завершена «на моїх очах». Він показує, що квантово-механічно можливе існування ізольованих магнітних полюсів. У зв'язку з цим він «написав математичну роботу – дослідження забавних властивостей власних функцій електрона в полі магнітного полюса» [Із архіва М.І. Садового].

На початку 30-х років наукова школа теоретиків в СРСР та Україні зарекомендувала себе досить пристойно. Свідченням цього є приведені нижче факти. Але оцінювалися наукові здобутки не в повній мірі справедливо, проте це не слугувало причиною різних розборок.

Так М.М. Семенов разом із Ю.Б. Харитоновим у 1932 р. відкрили розгалужені ланцюгові хімічні реакції, проте через чверть віку за відкриття Нобелівську премію одержав М.М. Семенов та С. Хіншелвуд [14]. Про визначного вченого теоретика та експериментатора Ю.Б. Харитона забули.

С.І. Вавілов та П.О. Черенков у 1933 р. відкрили випромінювання електронів, які рухаються у середовищі з швидкістю більшою швидкості світла. Через три роки І.Є. Тамм і І.М. Франк пояснили явище теоретично, але премія була присуджена лише у 1958 р., коли С.І. Вавілов уже помер.

М.О. Леонтович та Л.І. Мандельштам у 1928 р. виявили, що квантова механіка приводить до можливості тунельного ефекту, а Г. Гамов на цій основі побудував теорію альфа-розпаду. Нобелівську премію одержали ЛеоЕсакі, Айвара Джайєвера і Браяна Джозефсона у 1973 р.

З педагогічної точки зору в оцінці результатів наукових досліджень П.С. Атаманчук вважає, що не можна не рахувати вимоги діалектичної логіки «... розглядати категорії мети і засобів в нерозривному зв'язку з категорією результату» [2].

А у 1934 р. Фермі описав теорію бета-розпаду, де здійснюється випускання нуклоном пари електрон-нейтрино. Маючи такі аргументи І.Є. Тамм відразу висунув ідею, що нуклони (терміну тоді не існувало) взаємодіють через обмін парами електрон-нейтрино та їх антипарами. У такий спосіб вчений висунув ідею про існування нових сил, нової – третьої фундаментальної взаємодії. Розрахунки проводив ночами під час

Харківської конференції і переконався про існування нових сил взаємодії, короткодіючих, які зменшуються з відстанню  $r^{-5}$ , але на багато порядків більш слабких, які дають стійкість ядер. І.Є. Тамм у 1934 р. на харківській конференції з теоретичної фізики була зроблена доповідь з його припущень, що за таких умов незаряджена частинка нейтрон має магнітний момент [1]. Така ідея не викликала схвалення маститих учасників конференції, а навпаки. Крім цього тут проявився характер вченого. У підсумку він заявив Н. Бору, П. Діраку, що не бачить у їх висловлених запереченнях переконливих аргументів.

І.Є. Тамм розглядав також інші варіанти природи бета сил. Навіть написав статтю, де вказав не беззмисловним запропонованого ним роду дослідження, без знання якихось нових принципів, які ще не відкриті. Проте у 1935 р. Х. Юкава посилаючись на І.Є. Тамма висунув ідею, згідно якої ядерні сили обумовлені обміном ще не існуючої частинки з масою порядку однієї третини маси нуклона – мезоном. Ця частинка нині називається піоном. За таке відкриття Х. Юкава одержав Нобелівську премію. Таким чином ідея І.Є. Тамма про існування між частинками ядра сил, що обумовлені обміном частинками, що мають масу була правильною.

Безумовно такої наукової ваги особистість не могла бути непоміченою. С.І. Вавілов після переїзду у 1934 р. АН СРСР із Ленінграда у Москву запросив І.Є. Тамма у Фізичний інститут ім. П.М. Лебедеєва І.Є. Тамма очолити теоретичний відділ, який він потім очолював все життя.

Під час проведення визначних відкриттів І.Є. Тамм весь час спілкувався з молоддю, проводив разом з ними дослідження, свій вільний час. Під час цих всіх процесів він використовував свою інноваційну наукову та педагогічну систему.

До структурних елементів своєї інноваційної системи І.Є. Тамм відносив: ґрунтовні теоретичні знання основ науки та потоки інформації; генерацію наукових знань, які трансформуються в освіту і професійну підготовку; іноваційний мікроклімат у колективі дослідників та суб'єктів навчання; кредо вченого: справа науки – пізнання нового, справа техніки – створення нового.

Важливим елементом системи навчання та наукових досліджень І.Є. Тамма є поняття теоретичного мислення, яке включає:

- уміння визначати істотну сторону у явищі, що досліджується чи вивчається;
- знаходження зв'язків між явищами на рівні тенденцій та закономірностей;
- теоретичне узагальнення абстрактних понять;
- єдність мислення, емоцій та поведінки суб'єктів дослідження та навчання яке проявляється через словесно-логічний засіб спілкування;
- неперервні переходи думки від конкретного до абстрактного і навпаки в результаті чого мислення змінює свій обсяг і зміст;
- абстракція окреслює процес мислення, де здійснюється відволікання від одиничного,

випадкового, несуттєвого і виділяється загальне, щоб досягти науково об'єктивного пізнання.

В основі технології та методики досліджень І.Є. Тамма лежать ідеї, що реалізовані у його шести теоретичних надбаннях, які мають значення Нобелівського рівня.

Наукова і педагогічна діяльність Ігоря Євгеновича Тамма є великим надбанням всього людства. Необхідно поширювати знання про видатного вченого теоретика, педагога серед молоді.

#### СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Альшутер С. А., Тамм І. Є. Магнитный момент нейтрона / С. А. Альшутер, І. Є. Тамм // Нейтрон. К пятидесятилетию открытия. – М.: Наука, 1983. – С. 254-259.
2. Атаманчук П.С. Компетентнісні орієнтири фахового становлення учителя фізики. // П.С. Атаманчук // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету. Серія педагогічна. – 2017. – Вип 13. – С. 116-119.
3. Воспоминание о И.Е.Тамме / [ответств. ред. Е.Л. Фейнберг]. – 2-изд., доп. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
4. Глебова А. М. Передісторія радіофізичних досліджень в Україні (1870 - 1910 рр.) автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. істор. наук: спец. 07.00.07 «Історія науки і техніки»/ Глебова А. М. – Київ, 2001. – 22 с.
5. Дэвисон С. Поверхностные (таммовские) состояния / С. Дэвисон, Дж. Левин. – М.: Мир, 1973. – 232 с.
6. Уилсон, Митчел. Жизнь во мгле / Уилсон, Митчел – М.: Иностранная литература, 1959. – 591 с.
7. Жуковский В.С. Техническая термодинамика: [уч. пос. для студ.]. / Жуковский В.С. – М.: Гостехиздат, 1952. – 440 с.
8. Лауреати Нобелівської премії: Енциклопедія. – М.: Прогресс, 1992. – 740 с.
9. Ландсберг Г.С. О рассеянии света в кристаллах/ Г.С. Ландсберг, Л.И. Мандельштам // Успехи физ. наук. – 1978. – Т. 126, Вып. 1. – С. 155–164.
10. Садовий М.І. Місія І.Є.Тамма: [навч.-метод. посібн.] / М.І. Садовий, О.М.Трифоновна. Кіровоград: Сабоніт, 2011. – 134 с.
11. Садовий М.І. Ігор Євгенович Тамм – лауреат Нобелівської премії / М.І. Садовий // Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2015. – Вип. 8, Ч. 1. – С. 3-9.
12. Скобельцын Д.В. Космические лучи/Д. В. Скобельцын. – М.: ОНТИ. Гл. ред. общетехн. лит., 1936. — 333 с.
13. Тамм И.Е. К теории фотоэффекта в металлах/ И.Е. Тамм, С.П. Шубин // Z. Physik. 1931. V. 68. P. 97.
14. Нобелівська премія [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki>
15. Садовий М.І. Невідомі сторінки із життя І.Є. Тамма / М.І. Садовий, О.М. Трифонова // Наукові записки. Серія: Історичні науки.– Кіровоград: РВВ КДПУ імені В. Винниченка, 2015. – Вип. 22. – С. 199-208.
16. Садовий М.І. Місія І.Є. Тамма: [навч.-метод. посібн.] / М.І. Садовий, О.М. Трифонова – Кіровоград: Сабоніт, 2011. – 134 с.

#### REFERENCE

1. Altshuler, S.A., Tamm I. YE. (1983) *Magnitnyy moment neytrona* [Magnetic moment of the neutron]. Moscow.

2. Atamanchuk P.S. (2017) *Kompetentnisni oriyentyry fakhovoho stanovlennya uchytelya fizyky* [Competency guidelines for the professional formation of a teacher of physics]. Kamyanets-Podilsky.
3. *Vospomynanye o I.E. Tamme* (1986). [Memoir about I.E. Tamme]. Moscow.
4. Hlyebova, A.M. (2001) *Peredistoriya radiofizychnykh doslidzhen v Ukrayini (1870 - 1910 rr.)* avtoref. dys. na здобuttya nauk. stupenya kand. istor. nauk: spets. 07.00.07 [Prehistory of Radiophysical Research in Ukraine (1870 – 1910)]. Kyiv.
5. Dévyson S., Levyn Dzh. (1973) *Poverkhnostnye (tammovskyye) sostoyaniya* [Surface (Tammov) states]. Moscow.
6. Uylson, Mytchel. (1951) *Zhyn vo mhle* [Life in the dark]. Moscow.
7. Zhukovskyy, V.S. (1952) *Tekhnicheskaya termodynamyka*. [Technical thermodynamics]. Moscow.
8. *Laureaty Nobelivskoyi premiyi* (1992). [Encyklopediya]. Moscow.
9. Landsberh H. S., Mandelshtam L. Y. (1967). *O rasseyaniy sveta v krystallakh* [On the scattering of light in crystals]. Moscow
10. Sadovyy, M.I. (2015) *Ihor Yevhenovych Tamm: zhyttya ta vidkryttya* [Igor Y. Tamm: life and discoveries]. Kirovohrad
11. Sadovyy, M.I. (2015) *Ihor Yevhenovych Tamm – laureat Nobelivskoyi premiyi* [Igor Tamm is a Nobel Prize winner]. Kirovohrad
12. Skobel'syn, D.V. (1936) *Kosmycheskyye luchy* [Cosmic rays]. Moscow
13. Tamm Y.E., Shubyn S.P. (1931) *K teoryi fotoéfekta v metalakh* [On the theory of photoelectric effect in metals].
14. *Nobelivska premiya* [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: <https://ru.wikipedia.org/wiki>
15. Sadovyy, M.I., Tryfonova, O.M. (2015) *Nevidomi storinky iz zhyttya I.YE. Tamma* [Unknown pages from the life of I.E. Tamma] *Naukovi zapysky. Seriya: Istorychni nauky.* Vyp. 22. 199-208.
16. Sadovyy, M.I., Tryfonova, O.M. (2011) *Misiya I.YE. Tamma* [Mission I.E. Tamma] navch.-metod. posibn. Kirovohrad.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Садовий Микола Ілліч** – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри теорії та методики технологічної підготовки, охорони праці та

життєдіяльності Центральноукраїнського державного педагогічного університету ім. В. Винниченка

**Наукові інтереси:** історія фізики.

**Проценко Євгеній Анатолійович** – аспірант кафедри педагогіки та освітнього менеджменту Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка, психолог комунального закладу «Глинське навчально-виховне об'єднання «Загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів-дошкільний навчальний заклад» Світловодської районної ради Кіровоградської області

**Наукові інтереси:** історія педагогіки.

**Донець Наталія Володимирівна** – вчитель фізики Комунального закладу «Навчально-виховне об'єднання І-ІІІ ступенів «Науковий ліцей Міської ради міста Кропивницького Кіровоградської області»

**Наукові інтереси:** теорія та методика навчання (фізика та технології).

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Sadovyi Mykola Illich** – doctor of pedagogical sciences, professor, manager of the department of theory and techniques of technological preparation, labor and safety of vital function protection of the Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University.

**Circle of research interests:** history of physics.

**Protsenko Yevgeniy Anatoliyovych** – postgraduate student of the Department of Pedagogy and Educational Management of the Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University, psychologist of the communal institution «Glinskoe educational-educational association" Secondary school of I-III grades-preschool educational institution "Svitlovodsk district council of Kirovograd region.

**Circle of research interests:** history of pedagogy.

**Donets Natalia Volodymyrivna** – teacher of physics of the communal institution "Educational and educational association of the I-III degrees" Scientific Lyceum of the City Council of Kropivnitsky city of Kirovograd region "

**Circle of research interests:** theory and methodology of learning (physical and technological)

*Дата надходження рукопису 15.10.2018 р.*

*Рецензент – к.пед.наук, доцент Трифонова О.М.*

УДК 373.5.004.53

**СЛОБОДЯНИК Ольга Володимирівна** – кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник відділу технологій відкритого навчального середовища ІТЗН НАПН України  
ORCID ID 0000-0003-3504-2684  
oslobodyanyk84@gmail.com

**ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В НАВЧАННІ ФІЗИКИ**

Згідно з навчальною програмою з фізики, розміщеною на сайті Міністерства освіти і науки України, фізика разом з іншими предметами робить свій внесок у формування ключових компетентностей, зокрема, **інформаційно-цифрової**, компонентами якої є уміння учнями визначати можливі джерела шуканої інформації, відбирати, оцінювати, аналізувати, перекладувати

знайдену інформацію інші форми її подання; використовувати сучасні пристрої для отримання, опрацювання, збереження, передачі та представлення інформації; використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології і пристрої для вивчення фізичних явищ, для обробки результатів експериментів, моделювання фізичних явищ і процесів; дотримуватися правил безпеки в