

УДК 378.147.88

DOI 10.32782/2412-9208-2024-1-109-117

TESLA TRANSFORMER: FROM IDEA TO IMPLEMENTATION

ТРАНСФОРМАТОР ТЕСЛА: ВІД ІДЕЇ ДО РЕАЛІЗАЦІЇ

Oleksandr SHKOLA,

Doctor of Pedagogy, Associate
Professor,
Berdyansk State Pedagogical
University
66, Zhukovsky Str., Zaporizhzhia,
Zaporizhzhia Oblast, 69000, Ukraine

aleksandrshkola99@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-9946-446X>

Олександр ШКОЛА,

доктор педагогічних наук, доцент,
Бердянський державний
педагогічний університет
вул. Жуковського, 66,
м. Запоріжжя, Запорізька область,
69000, Україна

Oleksandr MEDVEDENKO,

a Graduate of the First (bachelor)
Level of Higher Education
Faculty of Physics, Mathematics,
Computer and Technological
Education,
Berdyansk State Pedagogical
University
66, Zhukovsky Str., Zaporizhzhia,
Zaporizhzhia Oblast, 69000,
Ukraine

medvedsv580@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-2407-8038>

Олександр МЕДВЕДЕНКО,

здобувач першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти
факультет фізико-математичної,
комп'ютерної та технологічної
освіти,
Бердянський державний
педагогічний університет,
вул. Жуковського, 66,
м. Запоріжжя, Запорізька область,
69000, Україна

ABSTRACT

The article is devoted to solving the urgent and multifaceted problem of improving the quality of professional training of future physics teachers by means of an educational physical experiment under modern educational conditions, developing and introducing into the educational process a general physics course of the experimental setup «Tesla Transformer» on the topic «Electric current in gases», oriented to increase the cognitive interest, observation, initiative, level and quality of educational achievements of the applicants. In accordance with the tasks, the didactic potential of the educational experiment in the system of professional training of the future physics teacher was analyzed. The classification of the works of the physics practical course of the general physics course of the pedagogical university according to didactic purposes is presented. Emphasis is placed on the need for pedagogical control over students' acquisition of not only partial, but also general experimental skills and abilities as an integral component of their professional competence.

Based on the study of literary sources, a scientific and methodological analysis of the teaching of the topic «Electric current in gases» of the general physics course of the pedagogical university was conducted. The content and structure of the topic, the physical essence of the occurrence and passage of electric current in the case of spark, glow, corona and arc discharges are considered. An experimental installation «Tesla Transformer» was developed and methodological recommendations were prepared for conducting educational demonstrations based on it on the relevant topic of the general physics course. As experience shows, the use of the developed experimental setup in the educational process of courses in general physics (electricity and magnetism), teaching methods of physics, laboratory practice on school physical experiment, history of physics contributes to increasing the cognitive interest of students, the level and quality of their fundamental professional training.

Key words: *general physics, educational physics experiment, electric current in gases, Tesla transformer.*

Вступ. Професійна підготовка майбутнього вчителя фізики у педагогічному закладі вищої освіти, як відомо, починається з вивчення курсу загальної фізики, який має переважно експериментальний характер. Він навчає студентів використанню в пізнанні навколишнього світу спостережень і фізичного експерименту з їх подальшим узагальненням на рівні певних емпіричних фактів і закономірностей. Цей курс є фундаментальною базою для вивчення інших дисциплін професійно-орієнтованого циклу, освоєння нової техніки й технологій. Тому фізичний експеримент у навчальному процесі має важливе пізнавальне, методичне й методологічне значення, оскільки сприяє свідомому і міцному засвоєнню студентами сутності фізичних явищ і процесів, розвитку науково-технічного мислення. Особливу роль відіграє фізичний експеримент під час викладання тих розділів і тем курсу загальної фізики, які зазвичай важко засвоюються студентами через високий рівень абстракції, математичного апарату, складність введення основних понять та відсутність наочної інтерпретації фізичних явищ. Саме до таких можна віднести тему «Електричний струм у газах» розділу «Електрика і магнетизм» курсу загальної фізики. Враховуючи важливе пізнавальне, методологічне і світоглядне значення цієї теми, відсутність належного наочного обладнання, а також усвідомлення необхідності розробки і впровадження відповідного навчального експерименту в освітній процес курсу загальної фізики педагогічного університету зумовили актуальність і вибір тематики наукової роботи, результати якої було представлено на Всеукраїнському конкурсі наукових робіт для студентської молоді 2024 року (секція: «Методика викладання предметів (дисциплін) фізико-математичного циклу в закладах освіти»). У зв'язку з цим *метою дослідження* є висвітлення дидактичного потенціалу і тенденцій розвитку навчального фізичного експерименту в системі професійної підготовки майбутніх учителів фізики, а також методичних особливостей розробки

і впровадження в освітній процес курсу загальної фізики педагогічного університету експериментальної установки «Трансформатор Тесла», зорієнтованої на підвищення пізнавального інтересу, рівня та якості освітніх досягнень здобувачів.

Методи та методики дослідження: у ході наукової роботи для вирішення поставлених завдань було використано комплекс *теоретичних* (аналіз, синтез, порівняння та узагальнення літературних джерел з метою уточнення понятійного апарату дослідження, з'ясування вимог і технічних характеристик експериментальної установки, обґрунтування висновків; системний підхід до освітнього процесу з курсу загальної фізики в педагогічному університеті) та *емпіричних методів дослідження* (розробка експериментальної установки та налагодження відповідної навчальної демонстрації, спостереження за рівнем та якістю пізнавальної діяльності студентів під час її проведення, бесіди зі студентами і викладачами курсу загальної фізики з актуальних питань і шляхів вирішення проблеми дослідження).

Результати та дискусії. Формування фахової компетентності майбутніх учителів фізики починається з вивчення курсу загальної фізики, невід'ємною складовою якого є демонстраційний експеримент та фізичний практикум, які доповнюють один одного і передбачають вирішення комплексу дидактичних завдань. Провідними серед них є: ознайомлення студентів з сучасними технічними засобами і методами дослідження фізичних явищ і процесів, розвиток практичних експериментаторських умінь і навичок, науково-технічного мислення і творчих здібностей, формування наукового світогляду. Зміст лабораторного практикуму курсу загальної фізики ЗВО визначається його програмою і включає близько 25 експериментальних завдань такого спрямування [1 – 4]: *дослідження фізичних явищ і процесів, вимірювання фізичних характеристик речовин та їх співвідношень, визначення фізичних сталих, дослідна перевірка законів і закономірностей*.

Такий зміст фізичного практикуму відповідає сутності дисципліни, забезпечує діяльнісний підхід до навчання та реалізацію провідних дидактичних принципів педагогіки вищої школи: науковості, наочності, єдності теорії з практикою, свідомості й активності пізнавальної роботи студентів. Очевидно, що технологія проведення лабораторних робіт має постійно вдосконалюватися, не тільки шляхом модернізації навчального обладнання, але й забезпечення єдності навчальної і науково-дослідної роботи студентів. На нашу думку, у ході проведення фізичного практикуму об'єктом педагогічного контролю має стати усвідомлення й опанування студентами не тільки частковими, але й *загальними експериментаторськими умінями і навичками*. Останні ми розглядаємо як невід'ємний компонент їх професійної компетентності, що пов'язано не

тільки з набуттям досвіду експериментаторської діяльності, але й формуванням готовності до здійснення такого підходу у навчанні школярів. До таких умінь зокрема ми відносимо:

- планування роботи (формулювання мети, уточнення теоретичних відомостей, визначення експериментального методу та умов проведення, складання плану досліду);
- підготовка обладнання і складання експериментальної установки;
- спостереження за фізичними явищами і процесами (визначення об'єкту, виявлення характерних ознак, моделювання та ідеалізація);
- вимірювання фізичних величин (правила користування вимірювальними приладами, цифровими пристроями і комплексами, збирання експериментальної установки, визначення ціни поділки приладів і зняття показів);
- аналіз, математична обробка та інтерпретація здобутих результатів (обчислення значень і похибок вимірювань величин, у тому числі за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення, складання емпіричних таблиць і графіків, формулювання висновків).

Очевидно, що формування узагальнених експериментальних умінь – процес довготривалий, який вимагає *системної планомірної співпраці викладачів і здобувачів упродовж усього процесу навчання загальної фізики в університеті*. Важливо, щоб організація і проведення фізичного практикуму відповідали сучасному рівню та методології фізичної науки, забезпечували набуття студентами необхідного досвіду практичної діяльності для реалізації відповідного (експериментального) підходу у шкільному курсі фізики. Підвищенню якості освітніх результатів здобувачів у рамках фізичного практикуму сприятиме системне забезпечення університетських лабораторій сучасним обладнанням (цифрові вимірювальні комплекси, інтеграція на основі ІКТ віртуального і реального експерименту, що реалізує режими візуалізації, інтерактивності та мультимедіа), а також поширення досвіду кращих фізичних лабораторій вітчизняних закладів вищої освіти (створення оригінальних приладів та установок, реалізація цілісних методичних підходів, поєднання навчальної і науково-дослідної роботи студентів).

У представленій на Всеукраїнський конкурс науковій роботі відповідно до поставлених завдань висвітлено історичні передумови зародження, становлення і розвитку системи навчального фізичного експерименту як невід'ємного компоненту й основи експериментального методу навчання фізики в сучасній загальноосвітній школі та системі професійної підготовки майбутніх учителів фізики. На основі аналізу інформаційних джерел [1 – 4] з'ясовано місце, роль, функції і тенденції розвитку системи навчального фізичного експерименту в сучасному

закладі освіти. Встановлено, що сучасна теорія і практика навчального фізичного експерименту у вітчизняній загальноосвітній і вищій школі є результатом багаторічної і цілеспрямованої системної діяльності відомих педагогів і методистів-фізиків: М.П. Авенаріус, О.К. Бабенко, О.І. Бугайов, С.П. Величко, Г.М. Гайдучок, С.У. Гончаренко, Г.Г. Де-Метц, Л.Р. Калапуша, А.П. Карлова, А.В. Касперський, Є.В. Коршак, Д.І. Костюкевич, О.І. Ляшенко, М.Т. Мартинюк, В.В. Мендерецький, Б.Ю. Миргородський, В.Г. Нижник, Р.Д. Пономарьов, Г.Б. Редько, М.Й. Розенберг, В.Ф. Савченко, О.В. Сергєєв, В.П. Сергієнко, С.П. Слесаревський, В.І. Тищук, М.І. Шут та ін. Маючи історично зумовлений характер, система навчального фізичного експерименту сьогодні включає цілий комплекс сучасних демонстрацій і лабораторних робіт, що забезпечує експериментальний характер наукового пізнання світу як у загальноосвітній школі, так і системі професійної підготовки майбутніх учителів фізики. Очевидно, що процес удосконалення навчального фізичного експерименту є закономірним і безперервним за умов постійного розвитку науки і техніки, інформаційно-комунікаційних технологій навчання, розширення сфери експериментальних досліджень у пізнанні більш складних явищ природи і фундаментальних взаємодій.

На основі вивчення літературних джерел проведено науково-методичний аналіз викладання теми «Електричний струм у газах» курсу загальної фізики педагогічного університету. Розглянуто зміст і структуру теми, фізичну сутність виникнення й проходження електричного струму у випадку іскрового, тліючого, коронного і дугового розрядів. Розроблено експериментальну установку «Трансформатор Тесла» та з'ясовано особливості проведення на його основі навчальних демонстрацій з відповідної теми курсу загальної фізики.

Трансформатор (катушка) Ніколи Тесла – пристрій, винайдений видатним сербським фізиком, інженером і винахідником у вигляді трансформатора, обмотки якого підключені до двох коливальних контурів, що налаштовані у резонанс і працюють відповідно до закону електромагнітної індукції. У вересні 1896 року Бюро патентів і торгових марок США видало автору відповідний документ під назвою «Апарат для вироблення електричних струмів високої частоти і потенціалу», оскільки він генерував електричну напругу у десятки кіловольт з високою частотою (від 20 до 100 кГц). Завдяки своїм унікальним властивостям і спецефектам у свій час апарат суттєво підвищив інтерес людей до електрики та її практичного застосування [5]. Сам учений розглядав його як демонстраційний генератор високочастотних струмів високої напруги для безпечної передачі електроенергії на великі відстані.

Оскільки оригінальний трансформатор Тесла достатньо габаритний і непростий у налаштуванні, з розвитком електроніки з'явилась можли-

вість значно спростити і зменшити розміри приладу за рахунок використання біполярного транзистора відповідної потужності і струму. У нашій експериментальній установці використано аналог «качер Бровіна» – напівпровідниковий пристрій, у якому імпульс електричного струму проходить кристалом транзистора (NPN, прямої провідності) без утворення плазми (електричної дуги).

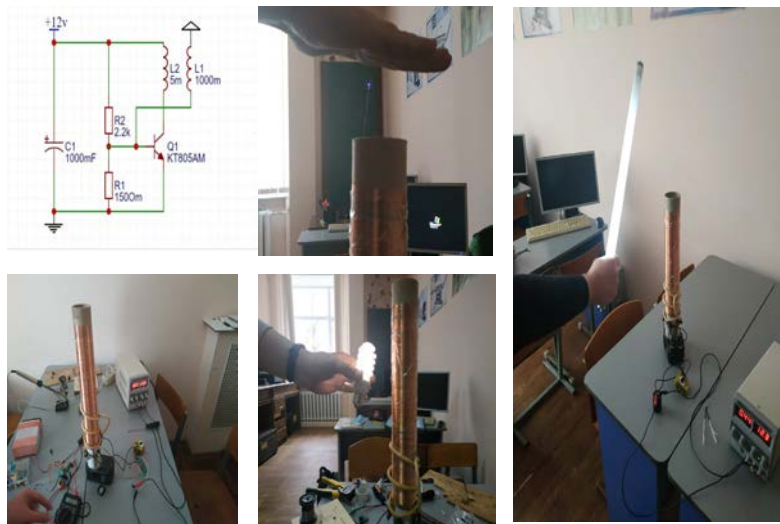


Рис. 1. Принципова схема експериментальної установки «Трансформатор Тесла» та навчальні демонстрації фізичних явищ

Після ознайомлення із загальними технічними вимогами і характеристиками пристрою було підібрано необхідні компоненти конструкції: загальні розміри 250/150/400 мм; напруга роботи 12 В; співвідношення кількості витків мідного проводу 0,01 мм первинної і вторинної котушок 3/1500; конденсатор на 3500 нФ; резистори змінного опору 10 та 160 кΩ. Оскільки у схемі транзистор працює на високих частотах (>30МГц), він виділяє багато тепла, через що, по-перше, потребує охолодження (тому він закріплений на радіаторі), по-друге, сам транзистор – витратний компонент (тому він розташований у швидкому доступі; оскільки транзистори мають свої незначні відмінності, то для кожного потрібно буде вручну підбирати опір на резисторах).

Схема живиться від 12 В постійної напруги, але трансформатори, як відомо, працюють лише за змінної напруги. Тому налаштувавши «базу»

транзистора, ми змушуємо його працювати за високої частоти. З цього моменту у первинній обмотці виникає змінна напруга високої частоти. Довкола неї у свою чергу виникає змінне електромагнітне поле, яке збуджує у вторинній обмотці змінні електричні коливання високої частоти та напруги. Обидві котушки експериментальної установки нерухомі без феромагнітних осердь (рис. 1). З проведенням експерименту вдалося досягти стабільного електричного розряду максимальної довжини у $0,9 \pm 1$ см. Виходячи з цього, на виході вторинної обмотки ми отримали електричну напругу приблизно 30 кВ. Обрахувавши коефіцієнт трансформації установки, отримали: $K=0,0004$. Щоб правильно зрозуміти цей результат, можна сказати, що ми підвищили вхідну напругу (12В) у 2500 разів. Очевидно, що перетворення електроенергії відбувається у трансформаторі із збереженням потужностей.

За результатами проведеної роботи було підготовлено методичні рекомендації з впровадження експериментальної установки в освітній процес курсу загальної фізики закладу вищої освіти, що включають: короткі теоретичні відомості, опис експериментальної установки, порядок проведення демонстрації, питання для самоконтролю. Як свідчить досвід, застосування розробленої експериментальної установки «Трансформатор Тесла» в освітньому процесі курсу загальної фізики підвищує пізнавальний інтерес студентів до фізичної науки та історії її розвитку, сприяє наочній інтерпретації й розумінню фізичної сутності розглядуваних явищ, покращенню освітніх результатів з дисципліни і загалом рівня та якості їх фундаментальної професійної підготовки.

Висновки. Стаття присвячена розв'язанню актуальної і багатогранної проблеми підвищення якості професійної підготовки майбутніх учителів фізики засобами навчального фізичного експерименту за сучасних освітніх умов, розробці та впровадженні в освітній процес курсу загальної фізики експериментальної установки «Трансформатор Тесла» з теми «Електричний струм у газах», зорієнтованої на підвищення пізнавального інтересу, спостережливості, ініціативності, рівня та якості освітніх досягнень здобувачів. Відповідно до поставлених завдань проаналізовано дидактичний потенціал навчального експерименту в системі професійної підготовки майбутнього вчителя фізики. Наведено класифікацію робіт фізичного практикуму курсу загальної фізики педагогічного університету за дидактичними цілями. Наголошено на необхідності педагогічного контролю з опанування студентами у ході роботи не тільки частковими, але й загальними експериментаторськими уміннями і навичками як невід'ємного компонента їх професійної компетентності.

На основі вивчення літературних джерел проведено науково-методичний аналіз викладання теми «Електричний струм у газах» курсу загальної фізики педагогічного університету. Розглянуто зміст і струк-

туру теми, фізичну сутність виникнення й проходження електричного струму у випадку іскрового, тліючого, коронного і дугового розрядів. Розроблено експериментальну установку «Трансформатор Тесла» та підготовлено методичні рекомендації до проведення на її основі навчальних демонстрацій з відповідної теми курсу загальної фізики. Як свідчить досвід, застосування розробленої експериментальної установки в освітньому процесі курсів загальної фізики (електрика і магнетизм), методики навчання фізики, лабораторного практикуму зі шкільного фізичного експерименту, історії фізики сприяє підвищенню пізнавального інтересу студентів, рівня та якості їх фундаментальної професійної підготовки.

Література

1. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Методика викладання загальної фізики у вищій школі. Київ : Вища школа, 2000. 415 с.
2. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики: підручник : у 3 т. Київ: Техніка, 2006. Т.2: Електрика і магнетизм. 452 с.
3. Мендерецький В.В. Навчальний експеримент в системі підготовки вчителя фізики: монографія. Кам'янець-Подільський : К-ПДПУ імені І.Огієнка, 2006. 256 с.
4. Сергієнко В.П. Теоретичні і методичні засади навчання загальної фізики в системі фахової підготовки вчителя : дис. ... доктора педагогічних наук : 13.00.02 «Теорія і методика навчання (фізика)». Київ, 2004. 516 с.
5. Нікола Тесла. Фізика в гармонії з мистецтвом. URL: <https://msmb.org.ua/biblioresursi/bibliografiya/osobistosti/tesla-fizika-v-garmonii-z-mistetstvom>. (дата звернення: 01.02.2023).

References

1. Bushok, H. F., Venher, Ye. F. (2000). *Metodyka vykladannia zahalnoi fizyky u vyshchii shkoli* [Methods of teaching general physics in higher education]. Kyiv : Vyshcha shkola, 415 s. [in Ukrainian].
2. Kucheruk, I. M., Horbachuk, I. T., Lutsyk, P. P. (2006). *Zahalnyi kurs fizyky: pidruchnyk* [General course of physics : textbook]. Kyiv: Tekhnika, 2006. T.2: Elektryka i mahnetyzm. 452 s. [in Ukrainian].
3. Menderetskyi, V. V. (2006). *Navchalnyi eksperyment v systemi pidhotovky vchytelia fizyky : monohrafiia* [Educational experiment in the physics teacher training system: monograph]. Kam'ianets-Podilskyi : K-PDPU imeni I.Ohienka, 256 s. [in Ukrainian].
4. Serhiienko, V. P. (2004). *Teoretychni i metodychni zasady navchannia zahalnoi fizyky v systemi fakhovoi pidhotovky vchytelia : dys. ... doktora pedahohichnykh nauk : 13.00.02 «Teoriia i metodyka navchannia (fyzyka)»* [Theoretical and methodological principles of teaching general physics in the system of professional teacher training : thesis of the Doctor of Pedagogical Sciences: 13.00.02 «Theory and teaching methods (physics)»]:. Kyiv, 516 s. [in Ukrainian].
5. Nikola Tesla. *Fyzyka v harmonii z mystetstvom*. Retrieved from <https://msmb.org.ua/biblioresursi/bibliografiya/osobistosti/tesla-fizika-v-garmonii-z-mistetstvom>. (data zvernennia: 01.02.2023). [in Ukrainian].

АНОТАЦІЯ

Стаття присвячена розв'язанню актуальної і багатогранної проблеми підвищення якості професійної підготовки майбутніх учителів фізики засобами навчаль-

ного фізичного експерименту за сучасних освітніх умов, розробці та впровадженні в освітній процес курсу загальної фізики експериментальної установки «Трансформатор Тесла» з теми «Електричний струм у газах», зорієнтованої на підвищення пізнавального інтересу, спостережливості, ініціативності, рівня та якості освітніх досягнень здобувачів. Відповідно до поставлених завдань проаналізовано дидактичний потенціал навчального експерименту в системі професійної підготовки майбутнього вчителя фізики. Наведено класифікацію робіт фізичного практикуму курсу загальної фізики педагогічного університету за дидактичними цілями. Наголошено на необхідності педагогічного контролю з опанування студентами у ході роботи не тільки частковими, але й загальними експериментаторськими вміннями і навичками як невід'ємного компонента їх професійної компетентності.

На основі вивчення літературних джерел проведено науково-методичний аналіз викладання теми «Електричний струм у газах» курсу загальної фізики педагогічного університету. Розглянуто зміст і структуру теми, фізичну сутність виникнення й проходження електричного струму у випадку іскрового, тліючого, коронного і дугового розрядів. Розроблено експериментальну установку «Трансформатор Тесла» та підготовлено методичні рекомендації до проведення на її основі навчальних демонстрацій з відповідної теми курсу загальної фізики. Як свідчить досвід, застосування розробленої експериментальної установки в освітньому процесі курсів загальної фізики (електрика і магнетизм), методики навчання фізики, лабораторного практикуму зі шкільного фізичного експерименту, історії фізики сприяє підвищенню пізнавального інтересу студентів, рівня та якості їх фундаментальної професійної підготовки.

Ключові слова: загальна фізика, навчальний фізичний експеримент, електричний струм у газах, трансформатор Тесла.