



УДК 378.147:371.134:53:004.92:004.55

**EXPERIENCES WITH THE TESLA COIL: TECHNOLOGY OF VISUAL  
LEARNING AND STEM****ДОСЛІДИ З КОТУШКОЮ ТЕСЛА: ТЕХНОЛОГІЯ НАОЧНОГО НАВЧАННЯ І STEM****Kukh A.M. / Кух А.М.***d.p.s., prof. / д.п.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-7865-4704

**Kukh O.M. / Кух О.М.***as. / асистент.**Kamianets-Podilskyi National Ivan Ohienko University,**Kamianets-Podilskyj, OhienkoStr., 61, 32300**Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка,**Кам'янець-Подільський, вул. Симона Петлюри, 1, 32300*

**Анотація.** В статті аналізується застосування технології наочного навчання в професійній підготовці майбутніх учителів фізики. Розглянуто інтегроване середовище інновації: технології STREAM, SMART, електронного і мобільного навчання. Розкрито структуру навчального заняття і продемонстровано наступність етапів і характерних рис технології. Виявлено позитивний вплив технології на формування емоційної сфери майбутніх педагогів, розвиток мотивації та педагогічної рефлексії. Наочно продемонстровано доцільність і педагогічну ефективність навчального експерименту як основи технології наочного навчання.

**Ключові слова:** технологія наочного навчання, інновація, STEM, SMART, електронне навчання.

Застосування в практиці освіти інноваційних методів, форм і технологій навчання вимагає від педагога не тільки фахових знань, а, в першу чергу, готовності до здійснення такої інноваційної діяльності. Аналіз досвіду свідчить, що сьогодні у школі уже недостатньо оволодіти методикою навчання предмета. Учня в школі дуже важко здивувати новинками техніки, сучасного обладнання, відеодемонстраціями тощо. У студентів ситуація ще складніша. Однак, помічено цікавість до створення чогось своїми руками, такого, що крутиться, шипить, рухається, злітає, загоряється і, можливо, навіть вибухає (в усьому можна знайти баланс між педагогічною доцільністю і безпекою!). Тим більше, що такий інтерес підігривається джерелом всіх знань – Інтернетом. Усі, хто може і не може, щось крутять-вертять, доводять теорії, заперечують гіпотези, майструють «вічні» двигуни, генератори «вільної» енергії чи пристосування із підручних засобів, наочно демонструючи результати своїх пошуків. Це викликає природне здивування і бажання повторити.

Саме на цій пересічній і не новій ідеї можна побудувати цілком результативну технологію навчання природничим наукам, зокрема, фізики. Більш точно ідею такого навчання сформулював Стівен Хоккінг «Світ давно би вимер, якби не дивувався!». Саме подив, на думку багатьох педагогів (Ш. Амонашвіні, І. Ланіна, Н. Талізїна та ін.), є рушієм успішного навчання, формування внутрішньої мотивації діяльності, основою формування стійкого пізнавального інтересу до вивчення предмету. Створивши відповідні умови для виникнення цікавості, важливо її не загасити надмірними побоюваннями,



пересторогами чи суто теоретизуванням. Дія вимагає негайності випробувати, повторити, зробити краще. Головне дати учням чи студентам цю свободу творчості, утримуючи її в руслі програмного матеріалу, що вивчається.

Метою статті є обґрунтування технології наочного безпосереднього навчання, яке дозволяє у собі реалізувати положення STEM-освіти, зокрема STREAM (R – resource (дослідження)) та технологій SMART, електронного і мобільного навчання.

Нагадаю, що основними елементами будь-якої технології є ідея, ядро (основний зміст) і результат. Основними ж властивостями є доцільність, відтворюваність, продуктивність і безпека. Остання властивість в ході експериментальної діяльності досить доречна.

Не вдаючись до теоретичних викладок [1], продемонструємо ефективність запропонованої технології навчання на прикладі фрагменту заняття з вивчення теми «Електродинаміка», що вивчається в 11 класі в курсі «Методики навчання фізики в старшій школі».

**Отже, задача 1 - викликати подив.**

... Панове студенте, чи знаєте ви той факт, що у світі винахід радіо приписується аж трьом різним ученим. В Росії і на пострадянському просторі вважають, що це зробив Олександр Попов, в Європі авторство віддають Гульєрмо Марконі, а в США впевнені — що це зробив Микола Тесла.

Давайте зв'ясуємо, вклад кожного вченого. (Science) *Швиденько знайдіть інформацію про О. Попова, Г. Марконі, М. Тесла та їх патенти. (Студенти за допомогою смартфонів, планшетів, ноутбуків шукають відповідну інформацію в Інтернеті).*

Отже, 7 травня 1895 року в Петербургському університеті О. Попов (рис. 1.) продемонстрував прилад, здатний передавати сигнали. Ці події зафіксовані в протоколі Російського фізико-хімічного товариства «Про відношення металічних порошків до електричних коливань». Ці порошки і відкрили шлях до практичного використання електромагнітних хвиль.

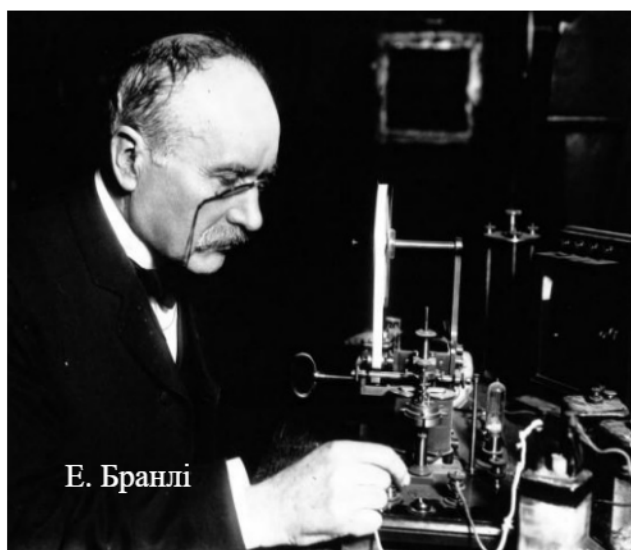


**Рисунок 1 - О. Попов**

Задовго до Попова фізики помітили, що металічні ошурки приймають



радіосигнал. Проходячи через них електромагнітна хвиля іскрить і окисляє насипану в колбу стружку. Та змінює електропровідність і трохи «злипається». Щоб повернути «металічним порошкам» попередні властивості їх потрібно струтити. Для цього в 1890 году французький винахідник Едуард Бранлі (рис. 2.) придумав спеціальний прилад — *когерер*. (Панове студенти, будь-ласка, уточніть його будову!). На його основі О. Попов і розробив свій прилад для прийому і передачі електричних сигналів і вже у 1896 році передав осмислене повідомлення на відстань 250 м.



**Рисунок 2 - Е. Бранлі**

В Європі винахідником радіо вважають італійського вченого Гульєльмо Марконі (рис. 3). Він в 1896 році першим одержав патент на пристрій, здатний передавати і приймати радіохвилі. Його прилад був дуже схожий на винахід як Попова, так і Тесли, а називався «*Покращення в передачі електричних імпульсів і сигналів в передавальному апараті*». Марконі дійсно покращив чужі винаходи, додавши декілька котушок індуктивності і металевих пластин.



**Рисунок 3 - Г.Марконі**





Сербський винахідник Нікола Тесла раніше інших вчених наблизився до створення приймача електромагнітних хвиль. Про це він заговорив ще в 1890 році: «Недорогий апарат дозволить власнику слухати і в морі, і на землі музику чи пісні, мову політичного лідера, видатного ученого чи проповіді священника, що знаходиться на великій відстані». (Art). Можливо так збирався Н. Тесла передавати звук? <https://www.youtube.com/watch?v=Z418tznobkI>



Рисунок 4 - Н.Тесла

В 1893-м Тесла виступив з доповіддю «Про світло та інші високочастотні явища» в Інституті Франкліна в Філадельфії. Там він описав приймач і передавач, антену, заземлення, контур, котушку індуктивності, конденсатор і навіть гучномовець, придуманий ним ще в Будапешті. Це було майже готове радіо і здавалося б ось воно – відкриття, патент і світова слава. Однак для Тесла безпроводниковий зв'язок був лише частинкою його фантастичного, і здається, цілком здійсненого задуму — передавати електроенергію по всьому світі, не використовуючи провідників. За допомогою величезного резонатора він збирався передавати електричний струм в будь-яку точку планети.

Однак, довгий час Патентне відомство США не видавало Марконі патент на винахід радіо, посилаючись на пріоритет Тесли. Після того, як італієць одержав Нобелівську премію в 1911 году, Тесла подав на Marconi Company в суд. Марконі відповів, що американці використовувати його патенти під час Першої світової війни і також подав в суд. Тоді США просто віддали патент сербу. Так Тесла офіційно став винахідником радіо в Америці.

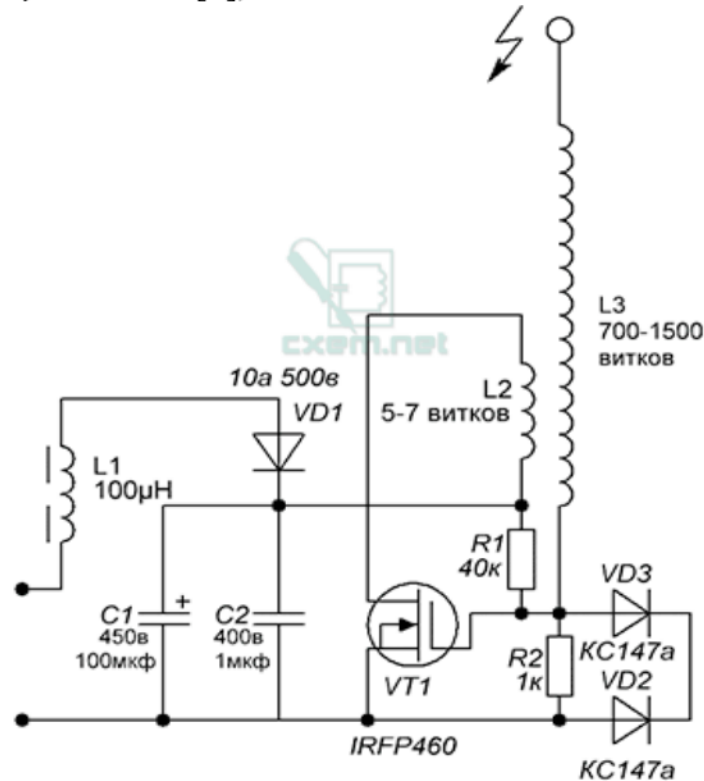
**Задача 2. Утримання уваги. Пошук (Reseurse).** З'ясуємо, яким резонатором збирався Тесла передавати електроенергію безпроводів. (Здійсніть пошук типових схем котушки Тесла).

На просторах Інтернету, зокрема YouTube є досить багато різноманітних конструкцій котушки Тесла, яку можна виготовити своїми руками (наприклад, <https://www.youtube.com/watch?v=JoP6q5gGReo>). Для цього потрібен як основа 20-мл шприц, мідний провідник товщиною 0,13-0,25 мм, транзистор, опір, 10-см відрізок міліметрового мідного дроту і джерело живлення («крона»). Всі інструкції подані у відео.





**Задача 3. Конструювання.(Engenering, Reseorse, Mathematic, Engenering)** Давайте виготовимо котушки Тесла. Виготовленої котушки вистачає для демонстрації іскрового розряду, запалювання економ-ламп. Однак, для демонстрації більш серйозних дослідів, описаної моделі не вистачає. Тому скористаємося для розробки котушки Тесла схемою качера Бровіна (запропонованої студентами [4]). Необхідні компоненти подаємо схемою.



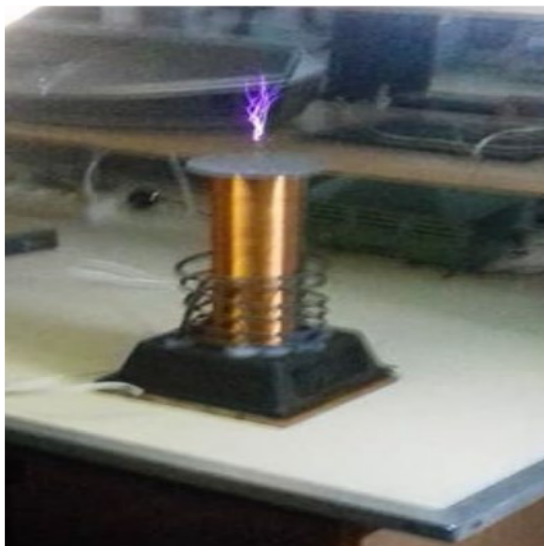
**Рисунок 4 - Схема качера Бровіна**

*Застереження:* у якості вхідного контуру використовується дросель – котушка, що трансформує напругу 220 В у 600 В. Первинна котушка трансформатора Тесла має 5 витків, вторинна 1200 витків. Таким чином, коефіцієнт трансформації 1:240. Вихідна напруга складає мінімум 10000-12000 В. Вихідна напруга не є небезпечною, оскільки ми працюємо із високо частотним струмом лише 0,002 мкА. Однак, як досягається висока частота коливань? Очевидно, має місце явище резонансу (з теоретичними викладками можна ознайомитися тут – <https://youtu.be/oyODF8FWs8>). Для розрахунку параметрів котушки Тесла скористаємося калькулятором (за посиланням <https://youtu.be/OM0mwwyAbks>). Високу напругу використовуємо для одержання іскрового розряду («стрімера»), який утворюється на вершині вторинної обмотки (до 10 см).

Небезпеку складає напруга 220 В, а отже треба вживати відповідні заходи безпеки (інструктаж з охорони праці при роботі з побутовими приладами та електробезпеки). Отже, перед демонстрацією дослідів за допомогою котушки Тесла потрібно вжити наступні заходи безпеки: заземлити пристрій, використати електростатичний захисний килимок, витримувати робочий режим – 1 хв демонстрації – 5 хв паузи для уникнення нагрівання приладу. Пам'ятати, що створюється сильне електромагнітне поле, яке може впливати на роботу



цифрових приладів.



**Рисунок 5 - Качер Бровіна**

#### ***Задача 4. Апробація (Technology).***

*Дослід 1. Демонстрація іскрового розряду. Стоячи на килимку, можна доторкнутися до іскрового розряду рукою (відчувається легеньке поколювання і світіння пальців)*

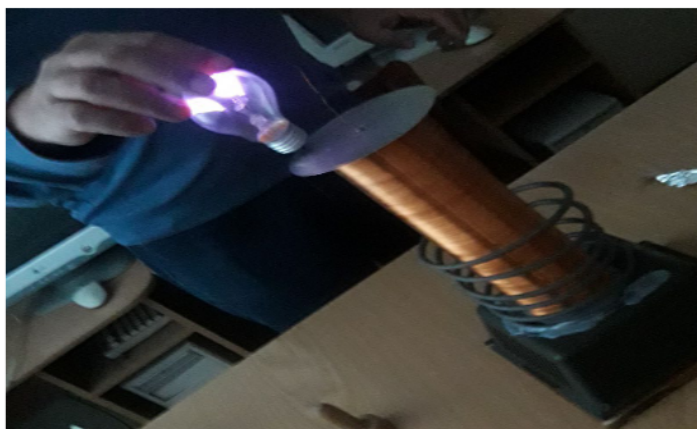
*Дослід 2. Іонізація газів. Запалювання ламп денного світла, економ-ламп, світлодіодних ламп. Лампи можна розмістити навколо котушки або утримувати в руках.*

*Застереження: лампи денного світла утримувати за скло, уникаючи дотику до металічних частин. Економ-лампи та світлодіодні лампи утримувати за металічний цоколь для їх світіння.*



**Рисунок 6 - Іонізація газів**

*Дослід 3. Плазмовий розряд. «Плазмова» куля. Лампою розжарення потужністю 100 і більше ват (можна взяти непрацюючу) доторкнутися до плоскої частини котушки. Спостерігаємо, пробігання плазмових розрядів у вакуумі від провідників до пальців.*



**Рисунок 7 - «Плазмова куля»**

*Застереження; дослід має бути короткочасний через нагрів лампи розжарення.*

Дослід 4. Гліючий розряд. У шприці 10 або 20 мл з боку встановлення голки загвинтити шуруп. При дотиканні до плоскої частини котушки і повільному відведенні поршня шприца створюємо розрідження. Повітря в шприці іонізується і світиться синім кольором.

Дослід 5. Коронний розряд «Вогні святого Ельма». Поряд з котушкою розмістити платформу із тонкими голками чи спицями. Гострі кінці починають світитися без іскрового розряду.

Дослід 6. Ефект Кірліан. Особлива форма коронного розряду



**Рисунок 8 - Коронний розряд**

На заземлену платформу помістити скляну пластину на якій розмістити листок досліджуваної рослини. Листок провідником приєднати до котушки Тесла. Увімкнути котушку. Спостерігаємо коронний розряд. Можна використовувати різні листки рослини і спостерігати різні коронні розряди.

Дослід 7. Демонстрація безпроводної передачі електроенергії.

Для демонстрації потрібна котушка від набору з електростатики від генератора Розряд 1 і виток з лампою розжарення 3,5-6В для демонстрації електромагнітної індукції.

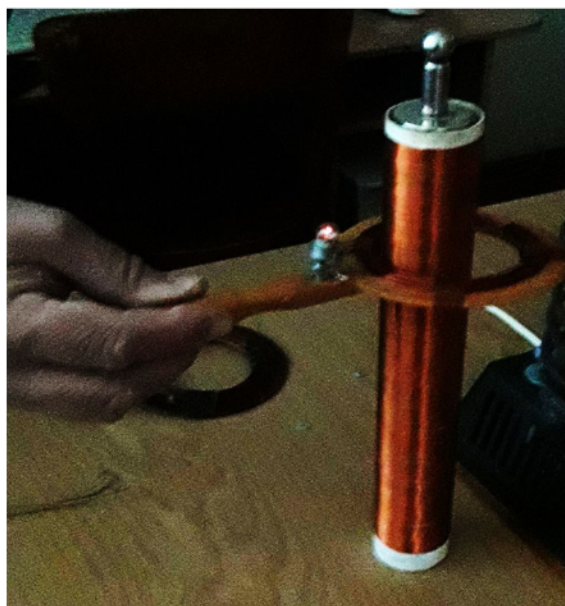




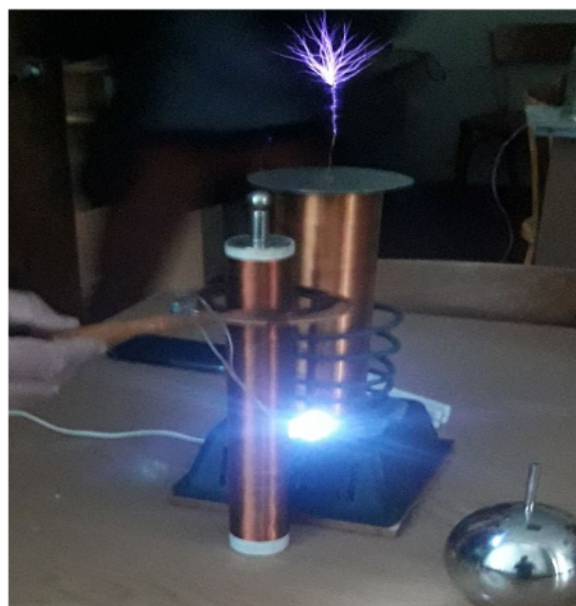
Розміщуємо котушку поряд з котушкою Тесла на відстані 10-15 см.

Вмикаємо котушку і розміщуємо виток на котушці у верхній частині. Через кілька секунд лампочка розжарення загоряється. При цьому виток, котушка і котушка Тесла не з'єднані між собою. Більш вдалим буде дослід, якщо замінити лампочку розжарення на блок світлодіодів від кишенькового ліхтарика.

Змінюючи відстань котушки до качера можна встановити максимальну відстань на якій спостерігається запалювання лампи чи світлодіодів. Запалювання лампи розжарення свідчить, що через нитку розжарення протікає струм напругою не менше 3,5 В. Цієї напруги може бути достатньо для зарядки телефона.



А)



Б)

**Рисунок 9 - Безпроводна передача енергії (А - запалювання лампи розжарення, Б – запалювання блоку світлодіодів)**

Дослід 8. Запалювання паперу. Іскровий розряд несе досить багато енергії. Її вистачає для запалювання паперу пальцем руки. Увімкнувши качер і розмістивши аркуш паперу над стрімером пальцем руки доторкаємося до аркуша. Іскровий заряд запалює папір.

*Застереження: для запобігання пожежі утримуйте в зоні досяжності посудину з водою.*

Дослід 9. Очищення повітря. Продовження попереднього дослідження може бути іншим. Для демонстрації потрібна посудина (скляний ковпак, 3-х літрова банка). Після загоряння паперу помістити його в посудину. В посудині спостерігається задимлення. Якщо в банку помістити електрод з вістрям і закрити кришкою, то спостерігаємо швидке зникнення диму. Це пояснюється тим, що дим – переважно водяна пара, іонізується під впливом електричного розряду, а домішки осідають на електроді. Системи очищення повітря на основі іонізації встановлюються на підприємствах в умовах запиленого виробництва.



**Рисунок 10 - Очищення повітря від диму.**

Дослід 10. Модель люстри Чижевського. Одним із способів використання іонізації височастотними струмами є люстра Чижевського – пристрій який очищає повітря і насичує його негативними іонами, які здійснюють позитивний вплив на організм. Винахідником лампи є радянський біофізик Л.А.Чижевський, нобелівський лауреат.



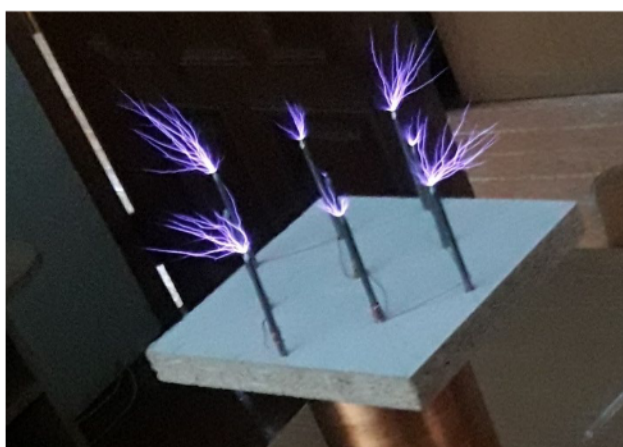
**Рисунок 11 - Л.Чижевський**

Для іонізації використовується напруга в 100000В. Відома цікава історія. Одного разу радянський фізик нобелівський лауреат І. Є. Тамм серйозно захворів, спостерігалось утруднене дихання. Лікарі поставили невтішний діагноз – вченого очікує невідворотна смерть на протязі тижня. Ніякі ліки не допоможуть. Фізики вирішили в палату до промираючого, як здавалося, Тамма помістити люстру Чижевського. Через два дні стан Тамма покращився і через тиждень Тамм покинув лікарню. Так один нобелівський лауреат врятував іншого нобелівського лауреата [5]

У якості демонстрації можна використати сітку для демонстрації електризації розмістивши її на котушці Тесла. Спостерігається легке світіння.



**Рисунок 12 - І.Тамм**



**Рисунок 13. Модель люстри Чижевського**

Дослід 11. Дослідження індуктивності магнітного поля котушки Тесла

У сьогоднішніх смартфонів в наявності комплекс сенсорів, які дозволяють здійснювати дослідження навколишнього середовища і встановлювати характеристики фізичних величин. Окрім звичайного мікрофона, гучномовця, акселератора в нових моделях є сенсор Холла – датчик магнітного поля. Він дозволяє виміряти рівень індуктивності магнітного поля. Skorиставшись додатком «Смарт-інструменти» або Google-додатком «Науковий журнал» можна здійснити дослідження залежності інтенсивності випромінювання котушки Тесла від відстані. Побудувати графік залежності інтенсивності магнітного поля котушки від відстані.

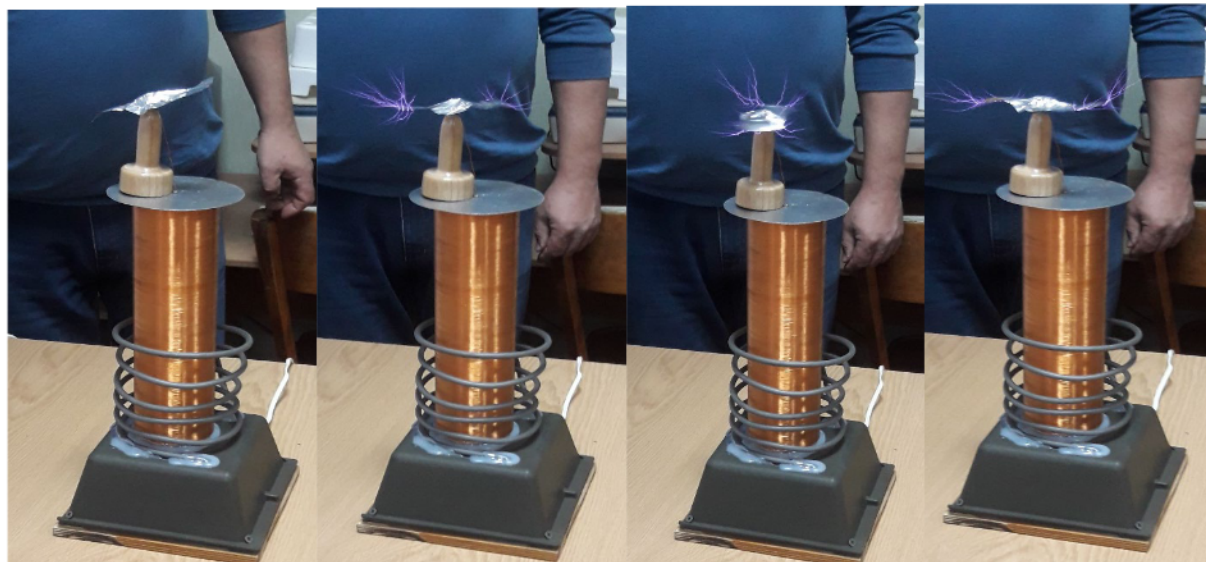
*Застереження. Для уникнення пошкодження смартфона не наближати пристрій до котушки менше 0,5 м.*

Дослід 12. Спрінклер Фейнмана. Іонний вітер. Спрінклер (розприскувач) Фейнмана це прилад, який обертається при протіканні через нього рідини або





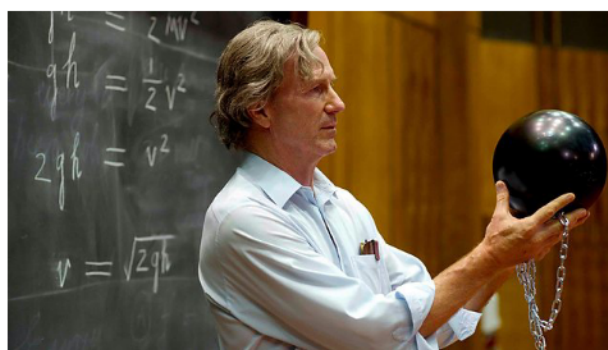
при втягуванні рідини. На звичайному спрінклері на колесі, що вільно обертається, вода за рахунок реактивної тяги, виходячи із сопел буде обертати колесо (саме за таким принципом працює еолопіл Герона Александрійського, паровий двигун античності). Подібну картину можна спостерігати розмістивши пластинку фольги S-подібної форми на вістрі котушки Тесла.



**Рисунок 14 - Спрінклер Фейнмана.**

Обертання пластинки відбувається за рахунок випромінювання іонів з кінців пластинки. Дослід підтверджує можливість створення іонного двигуна.

*Задача 5. Закріплення методичних знань.(Technology)* Нобелівський лауреат американець Річард Фейнман крім того, що був видатним фізиком, був і непересічним педагогом. Він сформулював 4 кроки навчання, які наводимо нижче.



**Рисунок 15 - Р. Фейнман.**

**Крок 1.** Навчіть цьому дитину. Візьміть чистий аркуш і напишіть, що ви хочете вивчити. Запишіть, все що знаєте про предмет так, якби ви пояснили восьмирічній дитині, яка володіє достатнім словниковим запасом і здатністю концентруватися, щоб зрозуміти базові поняття і відношення. Використайте тільки найпоширеніші слова. Якщо це викликає у вас утруднення, ви чітко зрозумієте, де у вас прогалини. І це добре, це вказує на здатність вчитися.





D0%B3%D0%BE%D1%80\_%D0%84%D0%B2%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87

7. Спрінклер Фейнмана URL:

[https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%A1%D0%BF%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D1%80\\_%D0%A4%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0](https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%A1%D0%BF%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D1%80_%D0%A4%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0)

8. Метод самообучения Фейнмана

<https://4brain.ru/blog/%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4-%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D1%84%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0/>

9. Метод Фейнмана: три шага, которые позволяют быстро освоить любой предмет- URL: <https://ideanomics.ru/articles/7981>

10. Як створити комп'ютерний скрайбінг? URL: <http://teach-hub.com/yak-stvoryty-kompyuternyj-skrajbinh/>

*The article substantiates the use of visual learning technology in the professional training of future physics teachers. Technology is considered as an integrated environment of innovation: STREAM, SMART, e-learning and mobile, etc. The structure of the training session is revealed and the continuity of stages and features of technology are demonstrated. Positive influence of technology on formation of emotional sphere of future teachers, development of motivation and pedagogical reflection is revealed. The expediency and pedagogical effectiveness of the educational experiment as the basis of the technology of visual training are clearly demonstrated.*

**Keywords:** visual learning technology, innovation, STEM, SMART, e-learning.