

УДК 373.5:53

Воронкін Олексій

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ ДОСЛІДИ З ТЕМИ «УЛЬТРАФІОЛЕТОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ. ЗНАЧЕННЯ В ПРИРОДІ ТА ВИКОРИСТАННЯ У ТЕХНІЦІ І МИСТЕЦТВІ»

Стаття присвячена розгляду такої актуальної проблеми, як оновлення системи демонстраційних дослідів у навчанні фізики в загальноосвітніх навчальних закладах.

Пропонована методична розробка стане у нагоді молодим вчителям-викладачам під час пояснення нового матеріалу, при організації та проведенні фізичних дослідів, а також навчально-виховних позакласних заходів.

Робиться висновок, що застосування у демонстраційному фізичному експерименті міждисциплінарних підходів сприятливо позначається на сприйнятті навчального матеріалу, підвищує інтерес учнів до вивчення природничих наук, сприяє формуванню позитивного ставлення до навчальної діяльності.

Ключові слова: *ультрафіолетове випромінювання, лампа Вуда, фотолюмінесценція.*

Постановка проблеми. На сторінках багатьох підручників з фізики, рекомендованих для загальноосвітніх навчальних закладів, у розділі «Хвильова і квантова оптика» розглядаються такі споріднені теми, як «Інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання», «Люмінесценція», «Спектри теплового випромінювання та люмінесценція».

Разом із тим зміст навчальних програм з фізики не передбачає проведення лабораторних і демонстраційних робіт із зазначених тем.

У результаті в учнів може скластися хибне уявлення про вузьку поширеність явища люмінесценції.

Ми виходимо з того, що навчання фізиці має обов'язково спиратися на експеримент.

Відповідно теоретичний матеріал має постійно підкріплюватися демонстраційними фізичними дослідami.

Перехід до нової української школи вимагає, щоб ці демонстрації були як пізнавальними і простими у повторенні, так і міждисциплінарними.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Проблемі удосконалення методики проведення навчального фізичного експерименту присвячені праці О. Бугайова, С. Величка, В. Вовкотруба, Г. Гайдучка, С. Гончаренка, В. Нижника, Є. Коршака, Б. Миргородського, М. Садового, В. Сиротюка, В. Тищука, А. Усової, В. Чепуренка та багатьох ін.

Міждисциплінарні аспекти методичного забезпечення змісту фізики були предметом розгляду таких вітчизняних і зарубіжних фахівців, як М. Блудов, А. Глазунов, Ю. Дік, В. Ільченко, І. Кікоїн, К. Корсак, М. Купрін, Я. Перельман, О. Сергєєв, І. Чернецький, В. Шарко, М. Тульчинський та ін.

З метою підвищення ефективності навчально-виховного процесу постає необхідність в розширенні (оновленні) демонстраційних дослідів у курсі фізики.

Досягнення мети у цій статті буде проводитися шляхом методичної розробки системи демонстраційних дослідів з теми «Ультрафіолетове випромінювання. Значення в природі та використання у техніці і мистецтві».

Виклад основного матеріалу. *Перед початком проведення демонстраційних дослідів учнів слід ознайомити з основними теоретичними положеннями. Пропонуємо це зробити наступним чином.*

Ультрафіолетове (УФ) випромінювання – електромагнітне випромінювання, що займає спектральну ділянку між видимим (табл. 1) і рентгенівським випромінюванням у межах довжин хвиль 10–380 нм. УФ промені є невидимими для неозброєного людського ока.

**Таблиця відповідності кольорів і діапазону довжин хвиль
електромагнітного випромінювання**

Випромінювання	Діапазон довжин хвиль, нм
Рентгенівське	0,01–10
Ультрафіолетове	10–380
Видиме випромінювання	380–440 (фіолетовий колір)
	440–485 (синій колір)
	485–500 (блакитний колір)
	500–565 (зелений колір)
	565–590 (жовтий колір)
	590–625 (помаранчевий колір)
	625–740 (червоний колір)

УФ діапазон ділять на ближній, тобто найбільш близький до видимого, і далекий або вакуумний. Останній має таку назву, оскільки інтенсивно поглинається повітрям, і його дослідження проводять тільки у вакуумі.

Ближнє УФ випромінювання було відкрито в 1801 році німецьким вченим І. Ріттером і, незалежно від нього, англійським ученим У. Волластоном за фотохімічним впливом випромінювання на хлористе срібло. Далеке УФ випромінювання було виявлено німецьким вченим В. Шуманом за допомогою вакуумного спектрографа (приладу для фотографування спектрів) з флюоритовою призмою (1885–1903) та безжелатинових фотопластин [6].

Міжнародний стандарт ISO-21348 «Визначення спектральних категорій сонячного випромінювання» [12] класифікує ближню ділянку в діапазоні довжин хвиль 300–400 нм, середню – 200–300 нм, вакуумну – 10–200 нм. Слід звернути увагу учнів на те, що електромагнітний спектр УФ випромінювання може бути по-різному класифікований [13, с. 4].

Прийнято виокремлювати групи ультрафіолету А, В і С. За класифікацією, запропонованою на II Міжнародному конгресі зі світла

¹⁵ Джерело: підготовлено автором

(Копенгаген, 1932 р.), їм відповідають такі діапазонні довжин хвиль: С (100–280 нм), В (280–315 нм), А (400–315 нм).

Серед джерел УФ випромінювання прийнято виокремлювати природні та штучні. Природними джерелами УФ, як відомо, є Сонце, зірки, туманності та інші космічні об'єкти. Практично весь ультрафіолет-С і велика частка ультрафіолету-В поглинаються озоном, водяною парою, киснем та іншими компонентами атмосфери. Ультрафіолет-А майже не поглинається атмосферою, тому сонячне світло, що досягає поверхні Землі, значною мірою містить ультрафіолет А, і, в невеликій частці, В ($\lambda > 290$ нм). УФ випромінювання зірок та інших космічних тіл, окрім поглинання в земній атмосфері, в діапазоні 20–91 нм практично повністю поглинається міжзоряним воднем [6].

Штучними джерелами УФ є газорозрядні джерела світла, електричні дуги (дуговий розряд, зварювальні апарати), напівпровідникові світлодіоди, лазери та ін. Всі демонстраційні досліди, розглянуті нижче, пропонується виконувати з використанням трубчастої люмінесцентної лампи Вуда (від англ. Wood's light). Ми використовували лампу потужністю 18 Вт.

Лампа Вуда – лампа, яка випромінює в найбільш довгохвильовій («м'якій») частині ультрафіолетового діапазону і, на відміну від кварцових ламп, практично не дає видимого світла [3]. Виготовляються такі лампи за тими ж принципами, що і звичайні люмінесцентні, з тією лише відмінністю, що у виробництві ламп Вуда використовується особливий люмінофор і (або) замість прозорої скляної колби використовується колба з дуже темного, майже чорного, синьо-фіолетового увіолевого скла з добавками оксиду кобальту або нікелю. Відкриття цього скла належить американському фізику Р. Вуду. Ультрафіолетове випромінювання можна перетворити на видиме світіння, використовуючи явище люмінесценції, зокрема фотолюмінесценції.

Люмінесценція (в перекладі з латинської – світло, що має слабку дію) – випромінювання світла речовиною за рахунок надходження до неї енергії, яка

переводить атоми речовини у збуджений стан у результаті нетеплових процесів. Речовину, в якій спостерігають люмінесценцію, називають люмінофором [4].

Люмінесценція може бути викликана дією на речовину світлових променів оптичного діапазону частот (фотолюмінесценція), потоку електронів (катодолюмінісценція), рентгенівських променів (рентгенолюмінесценція), енергії хімічної реакції (хемолюмінесценція), механічного впливу, наприклад, удар, ультразвук (механолюмінесценція) та ін. На явищі люмінесценції засновано принцип дії сцинтиляційних детекторів.

За тривалістю існування атомів у збудженому стані фотолюмінесценцію досить умовно поділяють на флуоресценцію (світіння припиняється після того, як закінчується дія збудника) і фосфоресценцію (світіння існує певний час після припинення дії збудника, тобто може продовжуватися годинами, цілодобово і навіть місяцями). Таким чином, фосфоресценція відрізняється від флуоресценції тільки тривалістю післясвітіння.

Дуже важливим є експериментально встановлений закон у ХІХ ст. англійським фізиком Дж. Стоксом. Випромінене під час фотолюмінесценції світло має більшу довжину хвиль, ніж випромінювання, яке збуджує світіння. Як приклад, на рис. 1 показано світіння солідолу в УФ променях.



Рис. 1. Світіння солідолу при УФ опромінюванні¹⁶

¹⁶ Джерело: фото-матеріал належить автору статті

Пізніше було доведено, що правило Стокса не завжди виконується. Загальніша закономірність, яка витримується завжди, відома як **закон Стокса–Ломмеля**: спектр люмінесценції загалом і його максимум зсунуті щодо спектра поглинання і його максимуму в довгохвильову ділянку.

Розглянемо пізнавальні досліди, які ми проводили на базі ОКЗ «Сєвєродонецький коледж культури і мистецтв імені Сергія Прокоф'єва» (2017 рік, м. Сєвєродонецьк), Міжнародної зеленої школи (2018 рік, с. Космач) та Центру розвитку обдарованості Унікум (2018 рік, м. Чернігів). Матеріали роботи також оприлюднювалися в рамках літньої сесії «STEM-школи – 2018» (м. Київ). Для відтворення дослідів знадобиться темна аудиторія.

1. Явище фотолюмінесценції покладене в основу будови люмінесцентних ламп (ламп денного світла). Внутрішня поверхня скляної розрядної трубки покрита речовинами, що яскраво світяться під дією короткохвильового випромінювання газового розряду.

2. У цьому експерименті використаємо аркуші жовтуватого і білого офісного паперу (рис. 2). Жовтуватий папір в УФ не світиться.

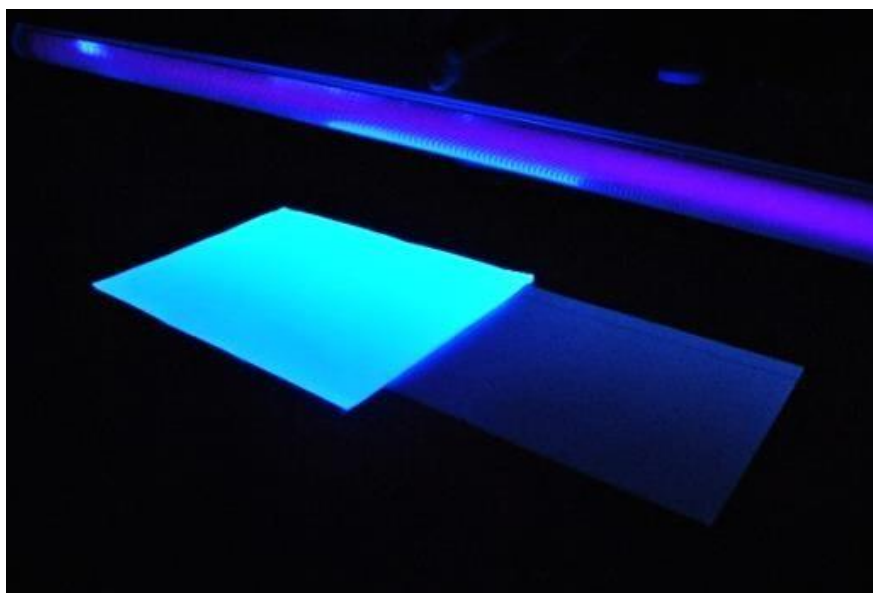


Рис. 2. Порівняння паперу в УФ освітленні¹⁷

¹⁷ Джерело: фото-матеріал належить автору статті

Білий папір поглинає УФ-випромінювання, перетворюючи отриману енергію у видиме світло, в блакитній частині спектра. З метою підвищення білизни паперу в його структуру вводять флуоресцентну речовину. Вона й перетворює УФ випромінювання у видиме світло.

3. Розпорошимо над білим офісним папером сонцезахисний спрей. Піддаючи папір УФ випромінюванню, спостерігаємо, що в місцях, вкритих спреєм, інтенсивність світіння зменшилася.

4. Для наступного досліду нам знадобиться мийний засіб (пральний порошок), водопровідна вода і медичний бинт. Пральний порошок являє собою «суміш хімічних сполук, водний розчин яких здатний відокремлювати забруднення від поверхні текстилю при гідромеханічній обробці, переводити їх у розчин, і утримувати в ньому» [5].

Сучасні пральні порошки містять багато різних компонентів (поверхнево-активні речовини, фосфати (фосфонати), цеоліти, ензими та ін.). Для нашого досліду інтерес представляють складні хімічні флуоресцентні речовини, що надають ефект білизни – оптичні відбілювачі. Використаємо пральний порошок для демонстрації явища флуоресценції. В УФ випромінювання помістимо оптично прозорі колби з водою та водним розчином прального порошку. Освітлений розчин випромінює яскраве блакитне світло (рис. 3).

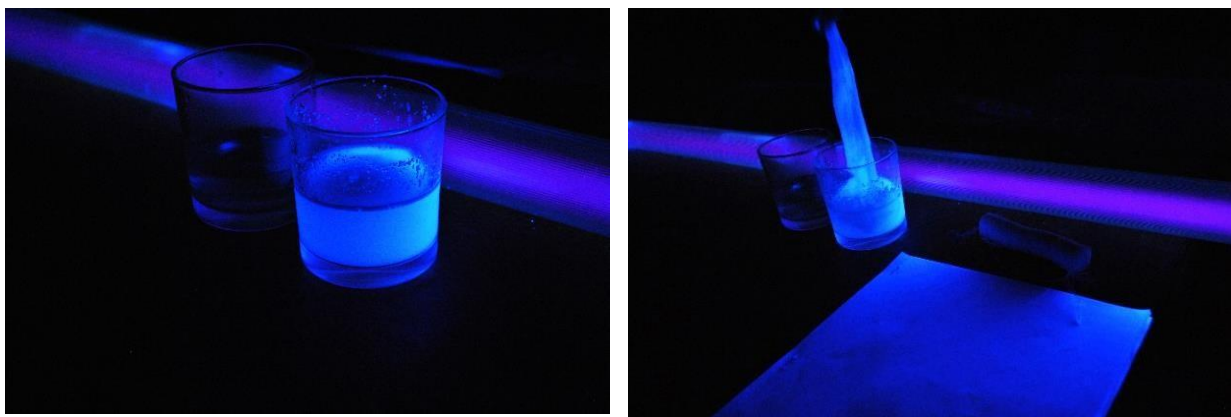


Рис. 3. Вода та розчин прального порошку в УФ (розчин прального порошку флуоресціює блакитним)¹⁸

¹⁸ Джерело: фото-матеріал підготовлено автором у співпраці з колективом Міжнародної зеленої школи

Оптичні відбілювачі не виводять плям, а роблять їх менш помітними (ніби «осідають часточками» на тканині). Для підтвердження цього використаємо медичний бинт. Бачимо, що після прання він почав флуоресцювати (рис. 4).

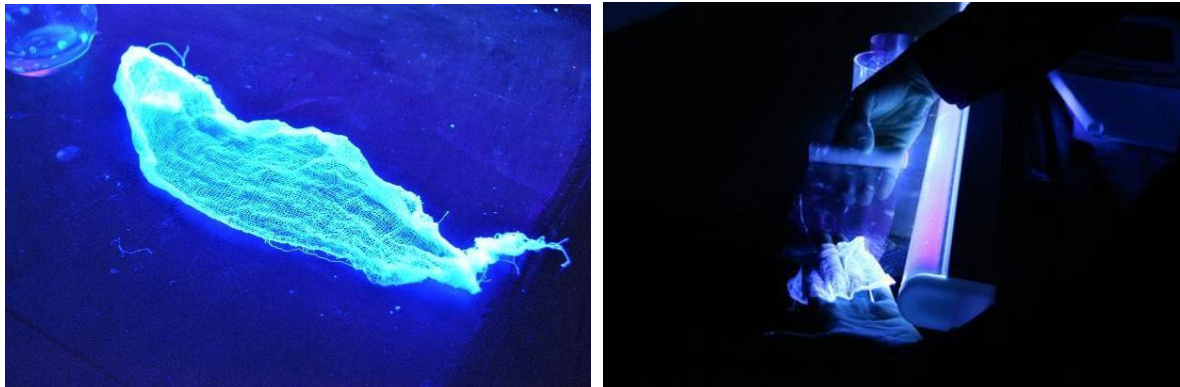


Рис. 4. Медичний бинт після прання з пральним порошком набув флуоресцентної властивості¹⁹

5. У цій демонстрації порівняємо в ультрафіолетовому випромінюванні господарське вибілювальне мило з дигтярним і білим туалетним (рис. 5). Біле мило яскраво світиться, дигтярне – ні. Який висновок мають зробити учні? Виявляється, для надання чистоти колірному відтінку в туалетне мило також можуть додавати оптичні відбілювачі (рис. 5).



Рис. 5. Дигтярне, туалетне та господарське вибілювальне мило при УФ освітленні²⁰

6. Під дією УФ випромінювання світяться деякі бактерії, грибкові колонії, молюски, риби. Фотолюмінесцентний аналіз застосовується дерматологами при діагностиці багатьох захворювань. За допомогою лампи Вуда можемо переконатися в тому, що багато тканин людського організму

¹⁹ Джерело: фото-матеріал підготовлено автором у співпраці з колективом Міжнародної зеленої школи
²⁰ Джерело: фото-матеріал належить автору статті

мають характерне світіння, наприклад нігті, зуби (рис. 6), кришталік ока (явище біоломінесценції) (рис. 6).

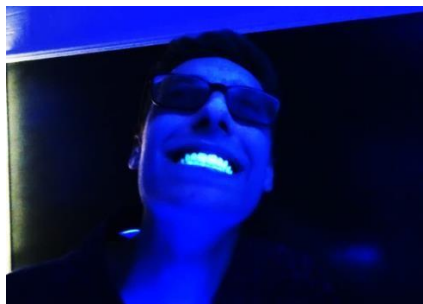


Рис. 6. Зуби в УФ флуоресціюють ніжним біло-блакитним кольором²¹

7. Яскраві фарби також можуть виготовлятися з додаванням флуоресцентних речовин (рис. 7). Їх з успіхом використовують для різних сфер виробництва декорованої продукції та боді-арту.



Рис. 7. Флуоресцентні акрилові фарби та фарби-грим²²

Задовільний демонстраційний ефект дозволяють отримати маркери для виділення важливих частин тексту. Яскраві чорнила з їх стрижнів добре розчиняються у воді, а освітлена УФ рідина яскраво флуоресціює (рис. 8).



Рис. 8. Водні розчини чорнил з маркерів при УФ опромінюванні²³

²¹ Джерело: фото-матеріал належить автору статті

²² Джерело: фото-матеріал належить автору статті

²³ Джерело: фото-матеріал належить автору статті

8. З метою захисту від підробок документи прийнято забезпечувати ультрафіолетовими мітками. У нашому досліді доцільно застосувати лампу Вуда як УФ-детектор валют і детектор документів – досліджуємо на предмет флуоресцентних знаків (фарба, нитки тощо) паспорта, банківські платіжні картки та банкноти різних країн (рис. 9).



Рис. 9. Ультрафіолетові позначки на банкнотах і першій сторінці паспорта громадянина України для виїзду за кордон²⁴

9. За допомогою спеціальних дослідів було доведено, що бджоли не сприймають кольори так як людина [8, с. 77–96]. Вони не розрізняють червоного, але реагують на УФ випромінювання. «Виявляється, для бджіл привабливими є білі, жовті та блакитні квіти. Вони сідають і на червоні квіти, які відбивають УФ світло. Тому бджоли бачать тільки розкриті квіти, а бутони, листки, стебла рослин їх не приваблюють» [1]. Створена дослідниками Імперського коледжу Лондона і коледжу Королеви Марії Лондонського університету база даних **FReD (Floral Reflectance Database, <http://www.reflectance.co.uk>)**, дозволяє «побачити» колірну гаму рослин очима бджіл та інших комах.

10. При такому підході учні можуть виявити «посадкові позначки», видимі в УФ. Ці «позначки» можуть мати форму концентричних кіл або певних точок. Існує думка, що вони і приваблюють комах в якості направляючих до нектару [1; 11].

11. Величезна кількість речовин характеризується здатністю до флуоресценції, серед них вітамін А, рибофлавін (вітамін В2), хлорофіл.

²⁴ Джерело: фото-матеріал підготовлено автором у співпраці з колективом Міжнародної зеленої школи

Вітамін А має жовто-зелену флуоресценцію. Продемонструвати це в УФ освітленні допомагає розчин олійний ретинолу ацетату. Вітамін В2, як і вітамін А, переважно флуоресціює у зеленій ділянці спектра. Хлорофіл має червону флуоресценцію. Групою вчених з університетів Колумбії та Інсбрука було обґрунтовано здатність спілих бананів флуоресціювати блакитним через утворення стійких сполук, що накопичуються у банановій шкірці з розпадом хлорофілу [14]. Вважається, це може бути також знаком для тварин, які здатні бачити в УФ. Іншими дослідниками розроблено неруйнівний метод оцінки пошкоджень апельсинів (без порушення цілісності фрукта), що виникають при суттєвих коливаннях температури навколишнього середовища [15]. При цьому в УФ освітленні оцінюється наявність і площа флуоресцентних плям на поверхні цедри (рис. 10,а). Сік апельсинової та мандаринової цедри чудово флуоресціює на руках тих, хто чистив фрукти (рис. 10,б).

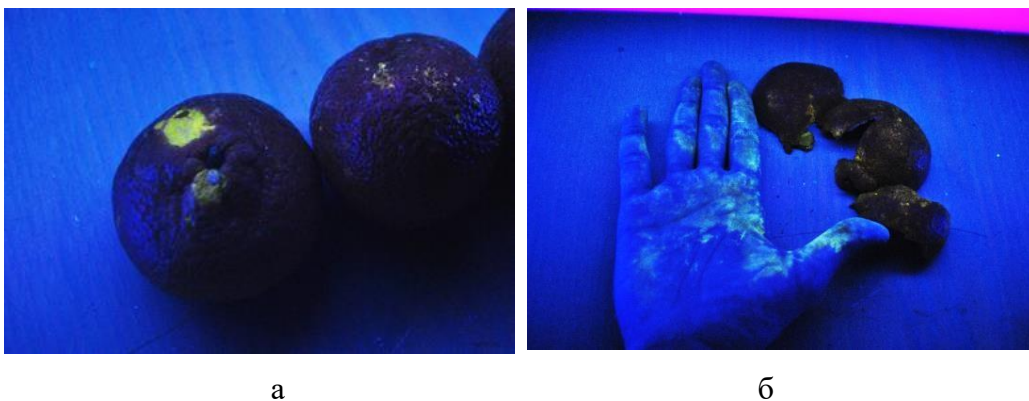


Рис. 10. Сік з мандаринової цедри флуоресціює при УФ освітленні²⁵

12. Здатність до флуоресценції мають природні камені та мінерали – алмаз, апатит, барит, кальцит, червона шпінель, польові шпати, топаз, флюорит, циркон, янтар та ін. «Деякі мінерали світяться певним кольором, велика ж частина мінералів флуоресціює різним кольором залежно від сторонніх домішок, від розташування цих домішок в кристалічній ґратці мінералу і від ряду інших фізико-хімічних властивостей освітленого об'єкта» [2, с. 36].

²⁵ Джерело: фото-матеріал належить автору статті

13. Для підтвердження цього освітимо УФ лампою набір природних каменів (рис. 11).



Рис. 11. Природні камені при опроміненні видимим (ліворуч) і ультрафіолетовим (праворуч) світлом²⁶

14. Явище фотолюмінесценції характеризується дуже високою чутливістю при малих концентраціях флуоресцентної речовини в розчині. Ця висока чутливість робить фотолюмінесценцію важливим засобом виявлення деяких мізерно малих домішок [10, с. 434]. Перевірити це нам допоможе гірко-кислий безалкогольний газований напій, до складу якого входить хінін – «природний алкалоїд, головний алкалоїд кори хінного дерева, що має жарознижувальні, антималярійні, знеболюючі та протизапальні властивості» [9]. Кору хінного дерева здавна застосовували індіанці Перу, а тонізуючий напій з хініном було винайдено для боротьби з тропічною малярією в Індії та Африці. За деякими джерелами хінін також може застосовуватися у лікуванні спазмів м'язів та артриту. В УФ освітленні порівняємо енергетичний та тонізуючий безалкогольні напої з питною водою (рис. 12).

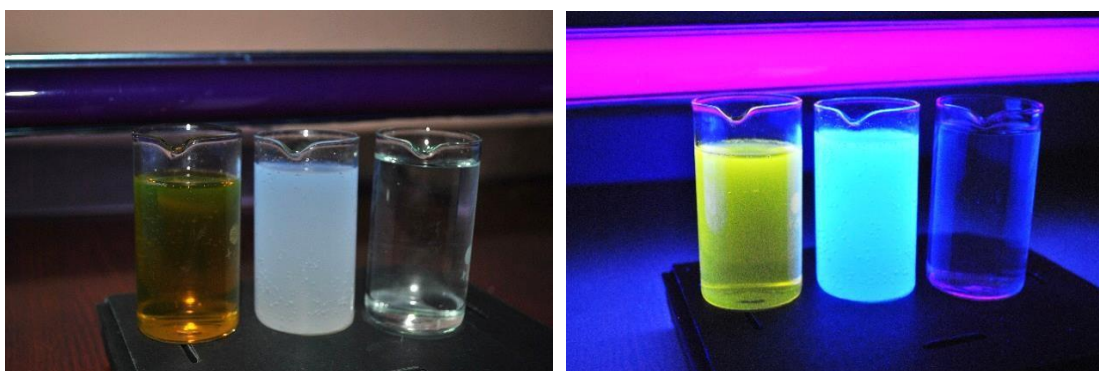


Рис. 12. Енергетик, тонік і питна вода при опроміненні видимим (ліворуч) і ультрафіолетовим (праворуч) світлом²⁷

²⁶ Джерело: ілюстративний матеріал належить автору статті

²⁷ Джерело: ілюстративний матеріал належить автору статті

Бачимо, що вода не флуоресціює. Жовто-зелена флуоресценція енергетика обумовлена наявністю в складі напою рибофлавіну (вітаміну В2). Яскраво-блакитне світіння тоніка пояснюється наявністю в напої похідних хініну.

15. У цьому досліді розглянемо лінзи сонцезахисних окулярів на предмет фільтрації УФ компоненти. Лампу Вуда закрити світлонепроникним кожухом з невеличкою щілиною (рис. 13-а).

16. Між щілинним джерелом УФ і колбою з флуоресцентною рідиною помістимо досліджувану лінзу (рис. 13,б). У нашому випадку скляна темна лінза повністю блокує довжину хвилі, що випромінюється джерелом УФ, і світіння рідини не спостерігається.

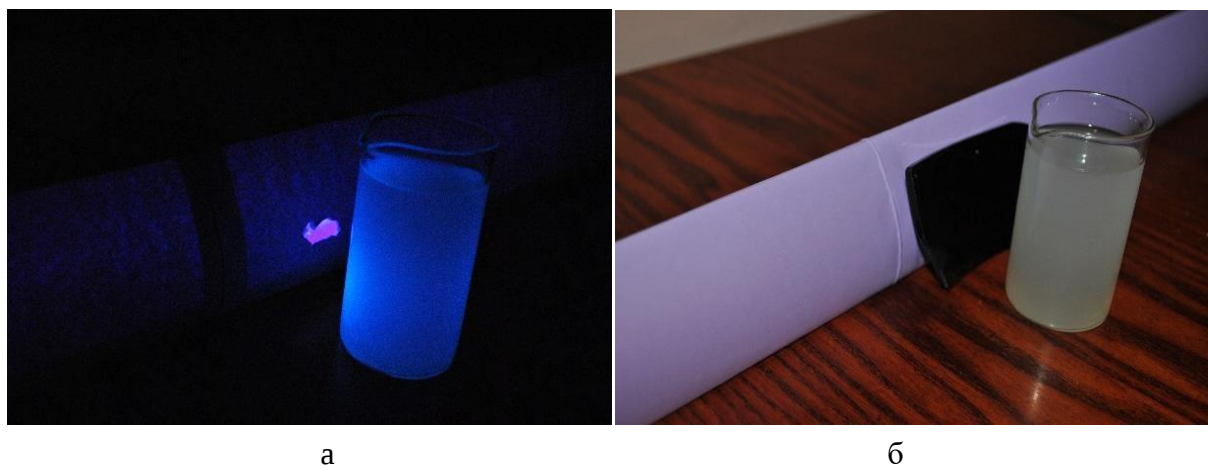


Рис. 13. Вивчення лінз сонцезахисних окулярів на предмет фільтрації УФ²⁸

Пластикова темна лінза із дешевих окулярів ослаблює інтенсивність УФ і рідина починає підсвічуватися. Для того, щоб учні мали змогу визначити переваги і недоліки різних видів сонцезахисних окулярів на підставі кількісного аналізу, доцільно використовувати датчик інтенсивності УФ цифрової лабораторії Einstein™ разом з програмним забезпеченням MiLAB.

17. Ще не так давно в метрополітенах по всьому світу широкою популярністю користувалися жетони для турнікетів, принцип дії багатьох з них також ґрунтувався на ефекті флуоресценції.

²⁸ Джерело: фото-матеріал належить автору статті

У приймач опускається пластмасовий жетон, виготовлений з додаванням флуоресцентного барвника (рис. 14). Усередині турнікета розташовано джерело ультрафіолету, під дією якого падаючий жетон яскраво флуоресцює з певною довжиною хвилі. Спеціальний фотоелемент з детектором реєструють це світіння, після чого подається сигнал дозволу на прохід.

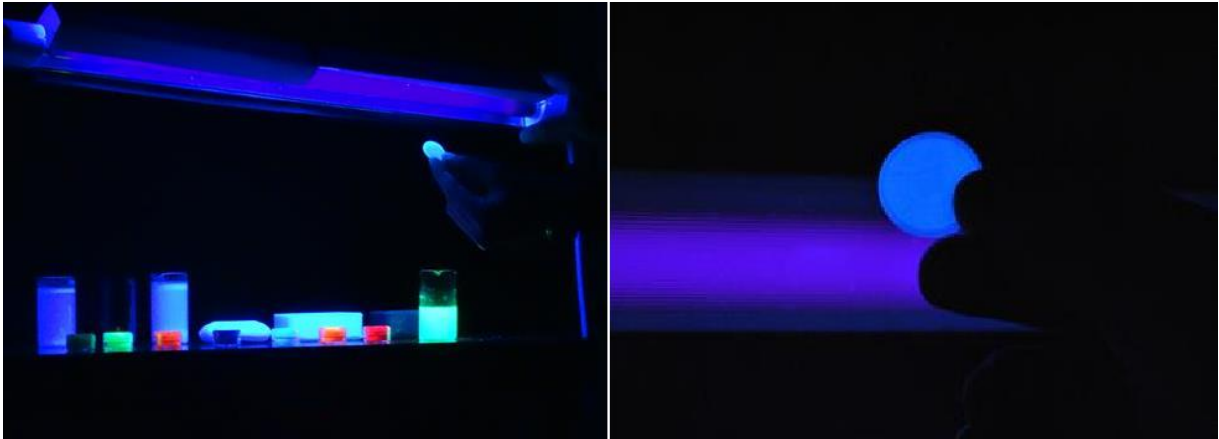


Рис. 14. Жетон для турнікетів метрополітену флуоресцює в УФ²⁹

18. Світлодіоди білого світіння зазвичай складаються з самого кристала, що випромінює синє світло, і нанесеного на нього люмінофора. Завдяки накладанню власного випромінювання кристала та індукованого ним випромінювання флуоресцентної речовини (рис. 15) наш зір сприймає у цілому світло як біле [7].

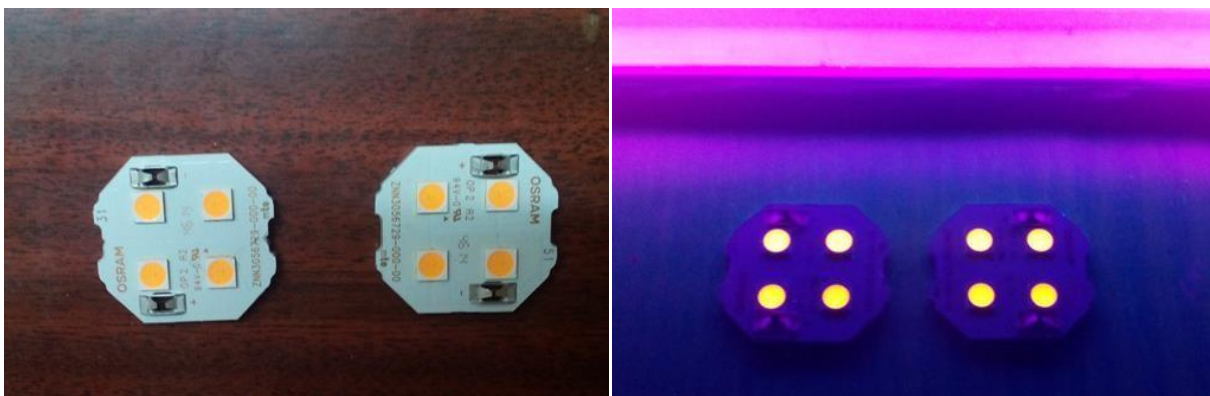


Рис. 15. Світлодіоди LED лампи при опроміненні видимим (ліворуч) і ультрафіолетовим (праворуч) світлом³⁰

Опромінення світлодіодів ультрафіолетом дозволяє виявити несправні елементи LED лампи без використання спеціальних електронних

²⁹ Джерело: фото-матеріал належить автору статті

³⁰ Джерело: фото-матеріал належить автору статті

вимірювальних приладів. На люмінофорі несправних світлодіодів будуть проглядатися чорні точки.

Висновки. Описані та систематизовані демонстраційні досліди мають на меті полегшити вчителям загальноосвітніх і керівникам секцій позашкільних навчальних закладів процес підготовки з теми «Ультрафіолетове випромінювання».

Значення в природі та використання у техніці і мистецтві», а також спонукати вихованців до навчально-пізнавальної діяльності, допомагати їм краще опановувати новий матеріал. Учні мають зробити висновок щодо важливості застосування фотолюмінесценції у різних галузях людського життя (ідентифікація речовин, виявлення малих концентрацій речовин, визначення ступеня чистоти речовини тощо). Як додаткові приклади сфер застосування УФ учням слід навести такі (рис. 16):



Рис. 16. Флуоресцентні пігменти (ліворуч) і маски, створені та розфарбовані флуоресцентними акриловими фарбами учнями Міжнародної зеленої школи у 2018 році (праворуч)³¹

санітарно-гігієнічна практика (перевірка харчових продуктів на псування або наявність сторонніх домішок); медичні, фармацевтичні та криміналістичні дослідження (фотополімерні матеріали при пломбуванні зубів, стерилізація хірургічних інструментів, знезараження повітря і приміщень, фізіотерапевтичні процедури, діагностика деяких грибкових захворювань шкіри та волосся, виявлення слідів токсичних і наркотичних речовин, біологічних рідин тощо);

³¹ Джерело: фото-матеріал підготовлено автором у співпраці з колективом Міжнародної зеленої школи

салони краси і косметології (солярій, нарощування нігтів тощо); мистецтвознавство (експертиза картин та інших художніх творів на предмет реставрацій, флуоресцентні фарби в сучасному мистецтві); поліграфія (сушка фарб і лаків, отримання високоякісного глянце); детектори грошових купюр (перевірка акцизних марок, цінних паперів та іншої захищеної продукції). УФ детектори можуть використовуватися в апаратах і системах самообслуговування населення (торгових та ігрових автоматах, платіжних терміналах); мікроскопічні методи дослідження, електронна спектроскопія; дослідження структури білків методом флуоресцентних зондів і міток (біологія); індустрія розваг (візерунки, нанесені флуоресцентними фарбами (рис. 16), лаки для нігтів, флуоресцентна косметика, ультрафіолетові татуювання, світлові ефекти, ультрафіолетові бусини, браслети та світлові палички).

Список використаних джерел

1. Біда Д. Побачити невидиме. Частина 1 [Електронний ресурс] / Д. Біда // Колосок. – 2011. – № 10. – Режим доступу до ресурсу : http://kolosok.org.ua/wp-content/uploads/2017/08/kolosok_10_2011.pdf.
2. Копченкова Е.В. Минералогический анализ шлихов / Е.В. Копченкова. – М. : Госгеоліздат, 1951. – 207 с.
3. Лампа чорного світла. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Лампа_чорного_світла.
4. Люмінесценція. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Люмінесценція>.
5. Пральний порошок. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Пральний_порошок.
6. Ультрафіолетове випромінювання. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Ультрафіолетове_випромінювання.

7. Факторы срока службы светодиодов. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : <http://vdmals.ua/factory-sroka-sluzhby-svetodiodov>.
8. Фриш К. Из жизни пчел [Електронний ресурс] / К. Фриш ; перевод с немец. Т.И. Губиной. – М. : Мир, 1980. – 215 с. – Режим доступу до ресурсу : http://www.sivatherium.narod.ru/library/Frisch/gl_09.htm.
9. Хінін. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/Хінін>.
10. Элементарный учебник физики : [учеб. пособие в 3 т. ; под ред. Г. С. Ландсберга]. – М. : Физматлит, 2001. – Т. 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. – 656 с.
11. Bowdler N. Database shows how bees see world in UV [Електронний ресурс] / N. Bowdler // BBC News (13 December 2010). – Режим доступу до ресурсу : <http://www.bbc.com/news/science-environment-11971274>.
12. ISO 21348 Definitions of Solar Irradiance Spectral Categories. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : http://www.spacewx.com/pdf/SET_21348_2004.pdf.
13. Lucas R. Solar ultraviolet radiation : global burden of disease from solar ultraviolet radiation [Електронний ресурс] / R. Lucas, T. McMichael, W. Smith, B. Armstrong // Environmental Burden of Disease Series. – 2006. – № 13. – Режим доступу до ресурсу : <http://www.who.int/uv/health/solaruvrad.pdf>.
14. Moser S. Blue luminescence of ripening bananas [Електронний ресурс] / S. Moser, Th. Müller, M. Ebert, S. Jockusch, N. J. Turro, B. Kräutler // Angewandte Chemie. – 2008. – Vol. 47. – Issue 46. – P. 8954–8957. – Режим доступу до ресурсу : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.200803189/full>.
15. Obenland D. Peel fluorescence as a means to identify freeze-damaged navel oranges [Електронний ресурс] / D. Obenland, D. Margosan, S. Collin, J. Sievert, K. Fjeld, M. Lu Arpaia, J. Thompson, D. Slaughter. – Режим доступу до ресурсу : http://ucanr.edu/sites/Postharvest_Technology_Center_/files/231630.pdf.

**Воронкин Алексей. ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО
ТЕМЕ «УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. ЗНАЧЕНИЕ В ПРИРОДЕ И
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ТЕХНИКЕ И ИСКУССТВЕ»**

Статья посвящена рассмотрению такой актуальной проблемы, как обновление системы демонстрационных экспериментов в обучении физике в общеобразовательных учебных заведениях. Предложенная методическая разработка пригодится молодым учителям-преподавателям во время объяснения нового материала, при организации и проведении физических опытов, а также учебно-воспитательных внеклассных мероприятий.

Делается вывод, что применение в демонстрационном физическом эксперименте междисциплинарных подходов благоприятно сказывается на восприятии учебного материала, повышает интерес учащихся к изучению естественных наук, способствует формированию положительного отношения к учебной деятельности.

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, лампа Вуда, фотолюминесценция.

**Voronkin Oleksii. DEMONSTRATIONAL EXPERIMENTS ON
«ULTRAVIOLET RADIATION. VALUE IN NATURE AND USE IN TECHNICS
AND ART»**

The problem of system's updating of demonstration experiments in Physics teaching in general educational institutions is considered. The proposed methodological materials are useful for young teachers at new material explanation, organization and conducting of physical experiments, and teaching and educational extra-curricular activities. The use of interdisciplinary approaches in the demonstrational physical experiment affects favorably on educational material perception, increases the interest of students in the natural sciences study, and favors the positive attitude formation to the learning activity.

Key words: Ultraviolet, wood's light, photoluminescence.