

¹ канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри фізики, СДПУ

² старший викладач кафедри фізики, СДПУ

e-mail: tkachenkovn1@mail.ru

ВИКОРИСТАННЯ КОМПАКТНИХ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП ДЛЯ ГРАДУЮВАННЯ МОНОХРОМАТОРА

Проведено порівняльний аналіз дугових ртутних ламп надвисокого тиску і компактних люмінесцентних ламп. Виявлені переваги компактних люмінесцентних ламп дозволяють використовувати їх для виконання лабораторних робіт з фізики у вишах та ЗОШ.

Ключові слова: спектр, градуювання, монохроматор, люмінесцентна лампа.

Вступ

Проградувати монохроматор — це означає кожному показникові α (відносні поділки — градуси) на шкалі барабану приладу поставити у відповідність довжину хвилі випромінювання λ . Зазвичай цю відповідність установлюють у вигляді графіка функціональної залежності $\lambda = f(\alpha)$.

Для градуювання використовують джерела, в спектрі яких довжини хвиль добре відомі. До таких джерел належать газорозрядні трубки наповнені воднем, та інертними газами (гелієм, неоном та ін.). Та найбільший спектральний діапазон охоплюють ртутно-кварцові лампи. Це потужні джерела світла. Випромінювання ламп має лінійчатий спектр з безперервним фоном. Їх використовують у різних оптичних приладах для отримання вузького пучка світла великої інтенсивності. Це дозволяє обирати більше яскравих ліній в спектрі випромінювання при градуюванні монохроматора.

За радянських часів монохроматори УМ-2 йшли у комплекті з ртутно-кварцовою кульовою лампою ДРШ-250. Пульст живлення монохроматора УМ-2 забезпечує нормальну роботу такої лампи. На передній панелі пульта крім вимикачів мережі живлення та лампи розжарювання, є також пускова кнопка та вимикач ртутної лампи.

Лампи ДРШ — це дугові ртутні лампи надвисокого тиску з природним охолодженням. Мають кулясту форму і дають сильне ультрафіолетове випромінювання. Тому, при користуванні лампою, мають бути вжиті заходи

для захисту дослідників від дії потужного ультрафіолетового випромінювання лампи, яке надзвичайно небезпечне — викликає незворотні пошкодження зору, сильні опіки на шкірі, а озон, що виділяється при роботі, має токсичну дію. Під час роботи в лампі розвивається тиск понад 10^6 Н/м^2 , тому ртутно-кварцова лампа закрита захисним металевим кожухом і поводитися з нею слід обережно, щоб працюючі поблизу лампи були захищені від попадання в них гарячих осколків колби лампи в разі її вибуху. Недоліком лампи є, також, тривалий час розгорання ($2 \div 5$ хв.) і охолодження після вимкнення для повторного запалювання ($10 \div 15$ хв.) [1]. Потрібна підвищена напруга для підпалу. Саме ці недоліки ускладнюють застосування ламп ДРШ для виконання лабораторних робіт з фізики у вишах та загальноосвітніх школах (ЗОШ).

Основна частина

Як відомо, пари ртуті містяться і в люмінесцентних лампах (ЛЛ), але під значно меншим тиском. На внутрішню поверхню лампи нанесений шар люмінофора, який перетворює ультрафіолетове випромінювання ртуті у видиме. Сучасна промисловість виготовляє компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ), які мають вигнуту форму колби, що дозволяє розмістити лампу у світильнику менших розмірів із стандартним побутовим патроном. У колбах сучасних КЛЛ вміст вільної ртуті знижено вже до $5 \div 7$ мг на лампу середньої потужності (а в деяких типах амальгамних компактних люмінесцентних ламп ртуті в чистому вигляді практично немає – вона знаходиться у зв'язаному стані, коли лампа вимкнена) [2].

Використання замість чистої ртуті високотемпературних амальгам (на основі *Cd* і *In*) дозволяє забезпечити оптимальний тиск парів ртуті в лампі ($P_{Hg} = 0,8 \div 1,0$ Па). Ці лампи мають інтегрований (влаштований в цоколь) електронний пускорегулювальний апарат (ПРА), що значно безпечніше від пускорегулювального пристрою ламп ДРШ. Завдяки застосуванню електронного ПРА КЛЛ мають поліпшені характеристики в порівнянні з традиційними люмінесцентними лампами – більш швидке включення, відсутність мерехтіння і дзижчання [3].

Спектри ЛЛ, загалом-то, схожі (у всіх ламп всередині пари ртуті) і інертний газ (зазвичай аргон), для полегшення запалювання [4]. При протіканні струму в лампі виникає, невидиме людським оком, ультрафіолетове випромінювання. Взаємодія з люмінофором, завдяки явищу люмінесценції, призводить до перетворення цього випромінювання у видиме. Зміною складу люмінофорів можна змінювати відтінок свічення лампи (отримувати лам-

пи з різними спектрами випромінювання) [5]. Але на загальне розташування дискретних спектральних ліній ртуті це не впливає.

Широке застосування ці лампи отримали завдяки своїм високим техніко-економічним характеристикам: їх світлова віддача, або енергоефективність (тобто кількість люменів світла на один Ват споживаної електроенергії) становить $75 \div 90$ лм/Вт, тоді як у лампи розжарювання - всього $10 \div 15$ лм/Вт, залежно від потужності і типу [6].

При цьому люмінесцентні лампи мають термін служби не 1000 годин, покладені за стандартом лампам розжарювання (на жаль, вони найчастіше не дотягують до стандарту!), а $12 \div 15$ тис. годин, тобто в $12 \div 15$ разів більше.

Світлова віддача лампи ДРШ - 250 становить близько 50 лм/Вт [7]. Споживана потужність для лампи ДРШ - 250 становить 250 Вт, тоді як для КЛЛ – кілька одиниць Ват.

Саме зазначені переваги ЛЛ перед лампами ДРШ надихнули нас на експериментальні дослідження щодо застосування КЛЛ у навчальному фізичному експерименті, зокрема, для градуювання монохроматора.

У табл. 1 і на рис. 1 наведено експериментальні результати градуювання монохроматора УМ - 2 за найбільш яскравими спектральними лініями випромінювання ртуті КЛЛ PLEOMAX CE 9W.

№ п/п	Колір лінії ртуті	λ , нм	α , град.
1	Червона, яскрава	690,7	2890
2	Жовта, права з двох близько розмічених	612,0	2608
3	Жовта-помаранчева	585,2	2488
4	Жовта, права з двох близько розмічених	577,0	2456
5	Жовто-зелена, яскрава	546,1	2268
6	Блакитна	491,6	1850
7	Фіолетова	435,8	1188
8	Бузкова	404,6	636

Табл. 1: Взаємозв'язок між довжинами хвиль найбільш яскравих спектральних ліній ртуті і значеннями кута α , відліченими за шкалою барабана монохроматора УМ-2, що було встановлено для КЛЛ PLEOMAX CE 9W.

Довжини хвиль спектральних ліній ртуті, що спостерігали ми для КЛЛ, порівнювались з відповідними довжинами хвиль спектральних ліній ртуті для лампи ДРШ - 250 [8].

Зауважимо, що інтенсивності дискретних спектральних ліній випромінювання ртуті КЛЛ PLEOMAX CE 9W достатньо для їх візуального спостереження без особливого напруження зору.

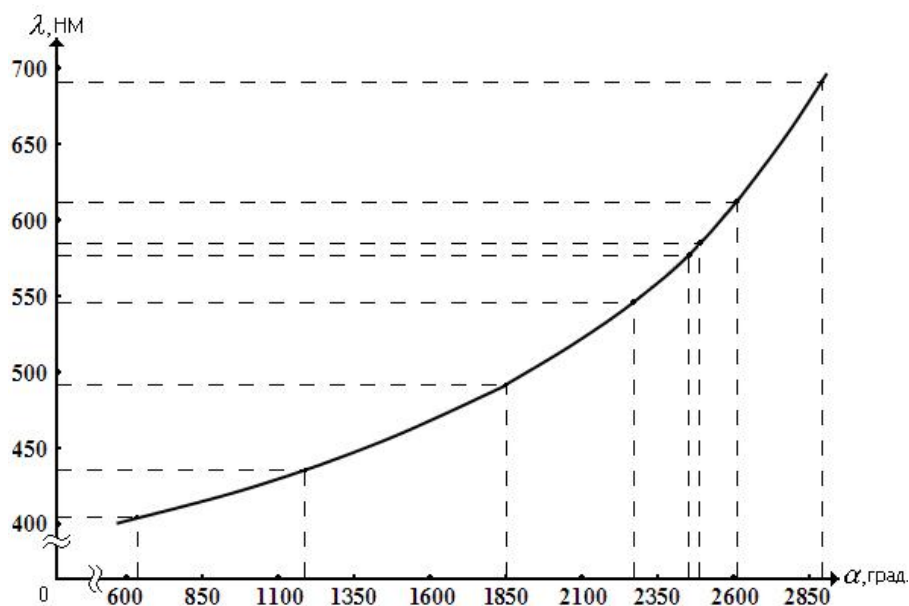


Рис. 1: Градуированный график монохроматора УМ-2, що було побудовано за результатами табл.1.

Висновки

Наведені вище переваги КЛЛ перед ДРШ - 250 з точки зору простоти, екологічності, техніки безпеки і економічності використання, дозволяють рекомендувати використання КЛЛ для виконання лабораторних робіт з фізики у вишах та ЗОШ. Зокрема, для градування монохроматора.

Література

- [1] Физический энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров и др. – М.: «Советская энциклопедия», 1984. – 944 с.
- [2] http://general-light.com.ua/news/rabota_kll.html
- [3] Дурдаев А.А О перспективах повышения экологичности люминесцентных ламп / А.А. Дурдаев, А.А. Ашрятов, А.С. Федоренко // Электротехнический рынок. – 2007. – №11 (17). – С. 26 – 27.
- [4] <http://www.11957.ru/2009/07/07/ehnergoberegayushhie-lampy/>
- [5] Денисов В.П. Технология и производство электрических источников света : [учеб. для техникумов] / В.П. Денисов, Ю.Ф. Мельников. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 384 с.
- [6] Айзенберг Ю.Б. Компактные люминесцентные лампы. Покупать или нет? / Ю.Б. Айзенберг // Иллюминатор. – 2002. – №1. – С. 110 – 113.
- [7] <http://www.laboratorium.dp.ua/item/1>
- [8] Гольдин Л.Л. Руководство к лабораторным занятиям по физике / Л.Л. Гольдин, С.М. Козел [и др.]. – М.: Наука, 1961. – 579 с.