



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ  
УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ  
ТА ПОЛЬСЬКОЮ  
МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

*XI Міжнародної науково-  
практичної конференції  
молодих вчених, курсантів  
та студентів*

ПРОБЛЕМИ ТА  
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ  
СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ  
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Львів – 2016

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

д-р техн. наук Рак Т.Є. – головний редактор  
д-р с.-г. наук Кузик А.Д. – заступник головного редактора

д-р техн. наук Гащук П.М.

д-р техн. наук Гуліда Е.М.

д-р техн. наук Зачко О.Б.

д-р техн. наук Ковалшин В.В.

д-р психол. наук Кривошишина О.А.

д-р техн. наук Рак Ю.П.

д-р техн. наук Семерак М.М.

д-р фіз.-мат. наук Стародуб Ю.П.

д-р фіз.-мат. наук Тачій Р.М.

канд. техн. наук Басов М.В.

канд. екон. наук Горбань В.Б.

канд. техн. наук Горюстай О.Б.

канд. геол. наук Карабін В.В.

канд. техн. наук Кирилів Я.Б.

канд. фіз.-мат. наук Меньшикова О.В.

канд. техн. наук Пархоменко Р.В.

канд. екон. наук Повстин О.В.

канд. техн. наук Ренкас А.С.

канд. техн. наук Рудик Ю.І.

канд. психол. наук Слободяник В.І.

Нами опрацьована методика виявлення сульфід-йонів крапельним шляхом, по реакції з диметилпара-фенілендіаміном  $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{N}(\text{CH}_3)_2$  в присутності  $\text{FeCl}_3$ . Для цього в пробірку вносять 2 краплі розчину натрій сульфід, 10 мл води, 5 крапель концентрованої хлоридної кислоти і декілька кристалів реагенту, перемішують і прибавляють 2 краплі 0,1н. розчину ферум(III) хлориду, з'являється інтенсивне синє забарвлення. Більш доступним і не менш чутливим є реактив пара-фенілендіамін  $\text{H}_2\text{N}\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{NH}_2$ . Методика виявлення аналогічна, тільки з'являється фіолетове забарвлення.

Опрацьована методика розділення і виявлення сульфід- і тиоціанат-йонів методом іонообмінної хроматографії. На дно хроматографічної скляної колонки поміщають ватний тампон і заповнюють сухим сорбентом (алюміній оксид) на  $\frac{1}{2}$  висоти. Готують суміш, що складається з двох 0,25 н. розчинів натрій сульфід і натрій тиоціанату в рівних об'ємах (по 2 мл). За допомогою піпетки вносять в колонку 10 крапель суміші. Хроматограму промивають 5 краплями води. Після повного вбирання розчинів сорбентом в колонку вносять проявник – 5 крапель розчину ферум(III) нітрату. При цьому зверху утворюється темно червона зона ферум(III) тиоціанату, внизу чорна зона ферум(III) сульфід.

Для виявлення сірководню в повітрі відбирали 20 л повітря за допомогою аспіратора (5 паралельних проб). Далі з аспіратора шприцом набирали 10 мл повітря, випускали через гумовий корок в колбу, в середині якої знаходились смужки фільтрувального паперу, змоченого розчином плюмбум(III) ацетату. При наявності сірководню утворюється плюмбум сульфід, внаслідок чого папір чорніє. Також дуже доказовою є реакція з розчином срібла нітрату. При цьому в колбу з парами сірководню дають 2 мл концентрованого розчину срібла нітрату, якщо  $\text{H}_2\text{S}$  присутній, то утворюється бурий осад  $\text{Ag}_2\text{S}$ . Можна в розчин срібла нітрату пропускати сірководень – утвориться чорний осад.

Аналіз одержаної інформації дає можливість зробити висновок, що гідрогенсульфід є токсичною речовиною, забруднює довкілля і викликає важкі захворювання. Для його швидкого виявлення необхідно використовувати наведені методики і реакції, які є доступними для будь-якої лабораторії.

УДК 53.082.5

КОРИФЕЙ НОВІТНЬОЇ ФІЗИЧНОЇ ОПТИКИ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ  
ОЛЕКСАНДР СМАКУЛА

Смакула І. І.

Ярицька Л.І., канд. фіз.-мат. наук, доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Олександр Теодорович Смакула – відомий науковець, який увійшов в історію фізики завдяки відкриттю явища просвітлення оптики. Народився в селі Добриводи на Тернопільщині у вересні 1900 року. У 1922 р. закінчив з відзнакою Тернопільську гімназію і був прийнятий в Геттінгенський університет. Згодом склав докторські іспити і захистив вчене звання доктора філософії. Восени 1934 р. О. Смакула починає працювати у відомій фірмі «Карл Цейс» в німецькому місті Єна. У 30-40-х роках інтереси О. Смакули були зосереджені навколо проблеми оптики і спектроскопії кристалів. У 1935 році він робить відкриття, на яке отримав патент Німеччини: спосіб покращення оптичних приладів, що отримав назву «просвітлення оптики». Домогтися ахроматичного просвітлення в широкій ділянці спектра, та ще й за умови різних кутів падіння світлових променів – це складна багатопараметрична задача. Адже для цього потрібні багат шарові тонкоплівкові покриття з нанесенням шарів змінної товщини. Суть цього способу полягає в зменшенні відбиття світла, що суттєво покращує яскравість і якість оптичних зображень. Так, при показнику заломлення скла  $n_{\text{ск}} = 1.5$  втрати при відбиванні світла становлять 4% при перпендикулярному падінні світла на одну плоску поверхню. Оскільки в складних оптичних приладах таких поверхонь буває досить багато, то й втрати на відбивання світла можуть бути дуже великими. Наприклад, при 10 поверхнях  $n_{\text{ск}} = 1.5$  вони складають 40%, а при 30 поверхнях вже 80%. Реальні втрати можуть бути ще більшими, оскільки світлові промені падають, як правило, на поверхні під кутами і падіння, відмінними від нуля, тобто не перпендикулярно відбиваючій поверхні.

О. Смакула, розглядаючи умови інтерференції, які призводять до гасіння відбитих від різних поверхонь світлових променів, довів, що гасіння двох хвиль відбувається тоді, коли амплітуди хвиль однакові (умова амплітуд) і коли ці хвилі мають різницю ходу  $\lambda/2$  або різницю фаз, що дорівнює  $\pi$  (умова фаз). Умова амплітуд буде виконана, якщо показник заломлення прозорої плівки  $n_{\text{пл}}^2$  буде пов'язаний з показником заломлення скляної поверхні простим співвідношенням:  $n_{\text{пл}}^2 = \sqrt{n_{\text{ск}}}$ .

Друга умова – умова фаз – буде виконана, якщо оптична товщина плівки, тобто добуток її показника заломлення  $n_{\text{пл}}$  на геометричну товщину, і  $d_{\text{пл}}$  буде задовольняти такій умові:

$$n_{\text{пл}} d_{\text{пл}} = (2k + 1) \frac{\lambda}{4}, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Вже попередні дослідження показали, що поряд із показником заломлення суттєвий вплив на зменшення відбивання має товщина шару і що йдеться про явище інтерференції. Дотримання товщини шару досягається

шляхом випаровування певної кількості речовини. Безпосередній контроль за виготовленням плівки здійснюють шляхом візуального порівняння кольору світла, відбитого від плівки та від еталонних скляних зразків. Рівномірність товщини шару на всі оптичні поверхні досягаються шляхом особливого розміщення просвітлених оптичних елементів відносно випаровувача. Особливих зусиль вимагають малі, сильно випуклі поверхні лінз у мікроскопі.

Для серійного виробництва елементів з просвітленою оптикою треба було розробити високопродуктивне обладнання, яке було б простим в експлуатації, але працювало б надійно і швидко. Були сконструйовані подвійні вакуумні установки, два скляні ковпаки, які були вміщені в одній відкачній системі. Той час, коли з одного скляного ковпака відкачується повітря, інший може наповнюватися оптичними елементами. За допомогою цієї установки можна було здійснювати щопівгодини нове нанесення плівок.

Оскільки оптичні лінзи є основним елементом різних приладів — мікроскопів, фотоапаратів, телескопів, перископів, стереотруб, біноклів, різних оптичних пристроїв до стрілецької зброї тощо — це відкриття стало великим здобутком, яким користується все людство дотепер, як на Землі, так і в космосі для фотографування Землі та інших планет. Винаходи і розробки професора Смакула з просвітлення оптики увійшли в історію фізики. Це золота сторінка в історії фотографічної, кінематичної та іншої відеотехніки. Цей здобуток нашого вченого відносять до найважливіших винаходів XX століття поряд з винаходами транзистора, лазера, інтегральної схеми.

Наприкінці війни американська розвідка викрала Смакулу в німців і відвезла цінного вченого до США, де він продовжував працювати у військово-промисловому комплексі, зокрема, над матеріалами, пов'язаними із інфрачервоним випромінюванням. Тривалий час Смакула був професором Массачусетського технологічного інституту, де заснував і очолював лабораторію фізики кристалів, успішно займався розв'язанням найактуальніших проблем електроніки, дослідженням технології і властивостей оптичних матеріалів і пристроїв, ферромагнітних і п'єзоелектричних матеріалів, лазерів на рідкоземельних елементах тощо. Олександр Смакула — автор десятків наукових праць німецькою, англійською, російською мовами, а також монографії «Монокристали: вирощування, виготовлення і застосування» обсягом понад 500 сторінок, що вийшла 1962 р. в Берліні. Цінність цієї книги не втрачена й сьогодні, особливо як посібник для студентів і молодих науковців. В ній Смакула висвітлює структуру та побудову монокристалів, методи їх вирощування, застосування в оптиці, рентгенології, напівпровідниках, лазерах (посилувач енергії в мікрохвильовому режимі), детекторах енергії й випромінювання, а також методи випаровування штучних каменів, які використовуються в ювелірній практиці.

Отже, Олександр Теодорович Смакула, попри всібіжні утиски сталінської і гітлерівської влади, сумів показати світу, що в такі часи можна робити відкриття, які заслуговують Нобелівської премії. Вчений, хоч і волею був від рідного дому, але ніколи не забував Україну. Востаннє на Львівщині він приїжджав у 1972 р. після конференції у Вірменії. Тоді вчений наче прощався з рідною землею, з Тернопільщиною, Смакуловою ро-

рою, з близькими і друзями юності. Олександр Смакула помер 17 травня 1983 р. в Америкі, похований в м. Обрун (США).

#### Література

1. Козирський В. Олександр Смакула — автор відкриття століття: (до 100-річчя від дня народження.) / В. Козирський, В. Шендеровський // Фізика. — 2000. — № 26. — С. 5, 8.
2. Довгий Я. Олександр Смакула: повернення на рідну землю // Світ фізики. — 2000. — № 3. — С. 11-21.
3. Кияк Б. Смакулова гора // Світ фізики. — 2000. — № 1. — С. 20-22.

УДК 539.213.2:535.8

### ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З РЕЧОВИНОЮ

Шевченко Є.

Балицька В.О., канд. фіз.-мат. наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Найбільш розповсюдженими серед іонізуючих випромінювань є фотони рентгенівських і гама-променів, які взаємодіють з середовищем найбільш складним чином. Розрізняють три характерних процеси такої взаємодії, ймовірності яких залежать як від заряду атомів, так і від енергії електромагнітного випромінювання.

Першим з цих процесів є фотоефект, який полягає в тому, що фотон з енергією  $h\nu$ , (як правило, меншою за 0,3 МеВ) вибиває електрон з оболонки, що супроводжується утворенням одного або декількох фотонів характеристичного випромінювання.

Другий ефект — комптон-ефект характерний для  $\gamma$ -квантів з енергіями порядку 1 МеВ, за якого відбувається випромінювання збудження атомних ядер, що призводить до процесів радіоактивного розпаду, штучної радіоактивності та поділу тяжких ядер. Володіючи відносно високою енергією, фотони цього діапазону зазнають пружного розсіювання на зовнішніх електронах атомів.

І третій ефект — ефект утворення пар, який має пороговий ефект і спостерігається за енергій менших 1,022 МеВ (чисельне значення енергії становить  $mc^2$ ).

В результаті кожного з трьох ефектів взаємодії випромінювання з речовиною виникає велика кількість високошвидкісних електронів, значна частина яких володіє енергією достатньою для іонізації атомів речовини. Енергія, що поглинається при цьому опромінювальним середовищем, визначає радіаційний ефект. Перша характеристика радіаційного ефекту — експозиційна доза (кількісна характеристика поля іонізуючого випромінювання, одиниця вимірювання рентген). В дозиметрії застосовується правило: доза 1 рентген накопичується за 1 годину на віддалі 1 м від джерела радіо масою 1 г.