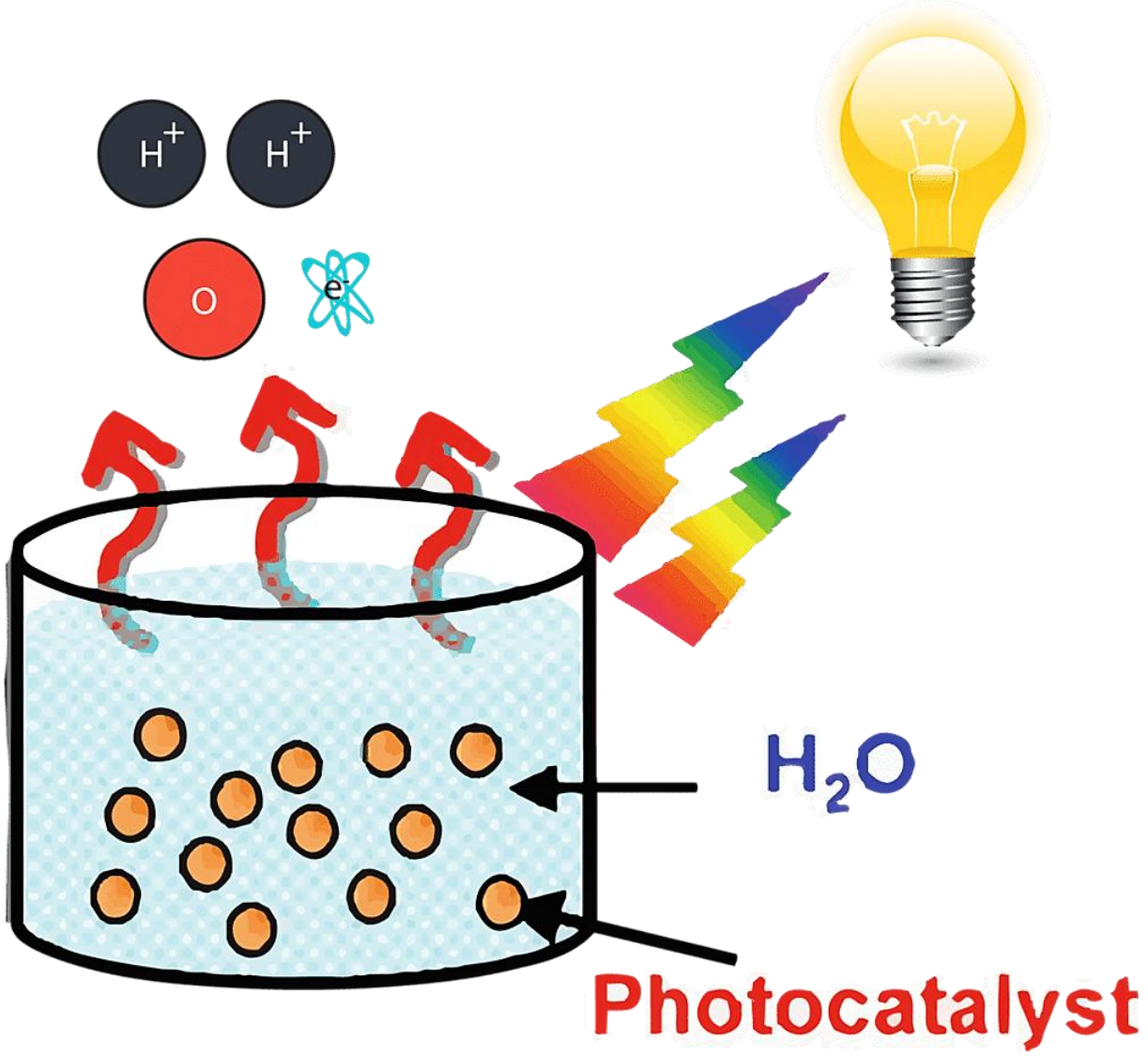
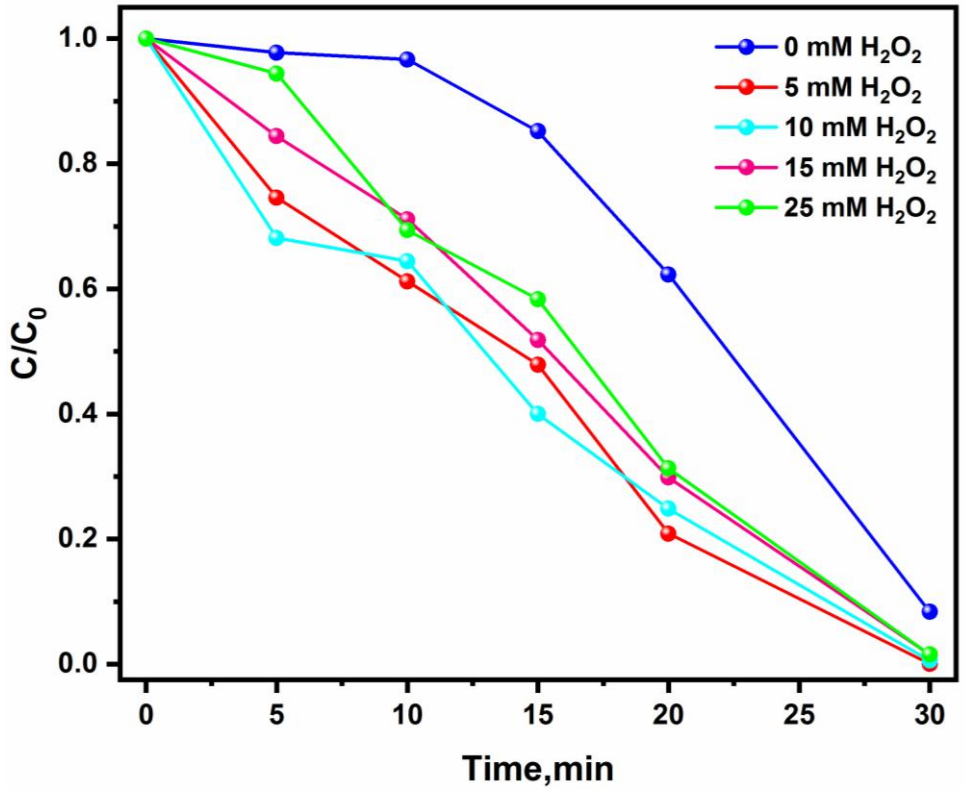


ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕТИКИ ФОТОДЕГРАДАЦІЇ БАРВНИКІВ ПІД ДІЄЮ $UV/TiO_2/H_2O_2$



ТЕМА: Визначення кінетики фотодеградації барвників під дією $UV/TiO_2/H_2O_2$ за допомогою смартфону.

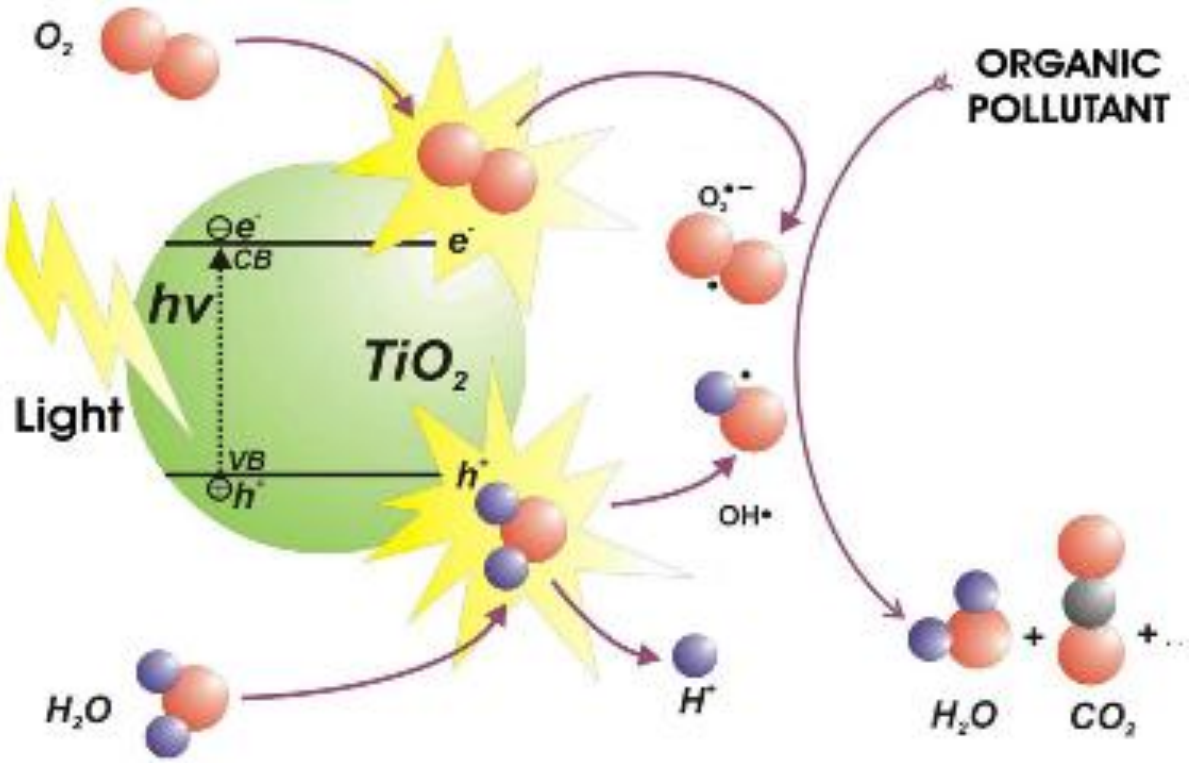
МЕТА: навчитися проводити визначення кінетики проходження фотодеградації барвників за допомогою смартфону, будувати кінетичні криві, знаходити константу фотокаталітичної реакції з графіку.

ОБЛАДНАННЯ ТА РЕАКТИВИ: P25-TiO2 (аероксид), H2O2 (31,5-%), мікрофотореактор, спектрофотометр ULAB-102 UV, барвники: Конго червоний, Direct Red 23, Метилоранж; автоматична піпетка, смартфон, кювети з товщиною поглинаючого шару 5 мм, аналітичні ваги, мірна колба на 100 см3, піпетки об’ємом на 1,0; 2,0; 5,0 та 25,0 см3.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Термін **Фотокаталіз** походить від двох грец. слів - "фотос" (світло) і "каталіз" (руйнування).

Фотокаталіз – це процес прискорення хімічних реакцій під дією світла в присутності фотокаталізаторів - речовин, що поглинають кванти світла і багаторазово вступаючи з учасниками хімічної реакції в проміжні взаємодії, відновлюючи свій хімічний склад після кожного циклу таких взаємодій.



Токсичні ОС + світло + вода + фотокаталізатор = нетоксичний газ (CO_2) + вода + фотокаталізатор

Фотокаталізатор має наступні переваги перед будь-якими сучасними технологіями очищення повітря / води:

- Руйнування забруднювача, а не просто перенесення на верхньому шарі твердих тіл;
- Деградація забруднювача при температурі навколишнього середовища та тиску;
- Синтез фотокаталізаторів використовуючи легкодоступні матеріали та за допомогою відомих методик;
- Економічне, дешеве та низьке споживання енергії;
- Пристосований для великої кількості забруднюючих речовин (ТОС, бактерії, цвіль).

Вплив концентрації зовнішніх акцепторів електронів (H2O2)

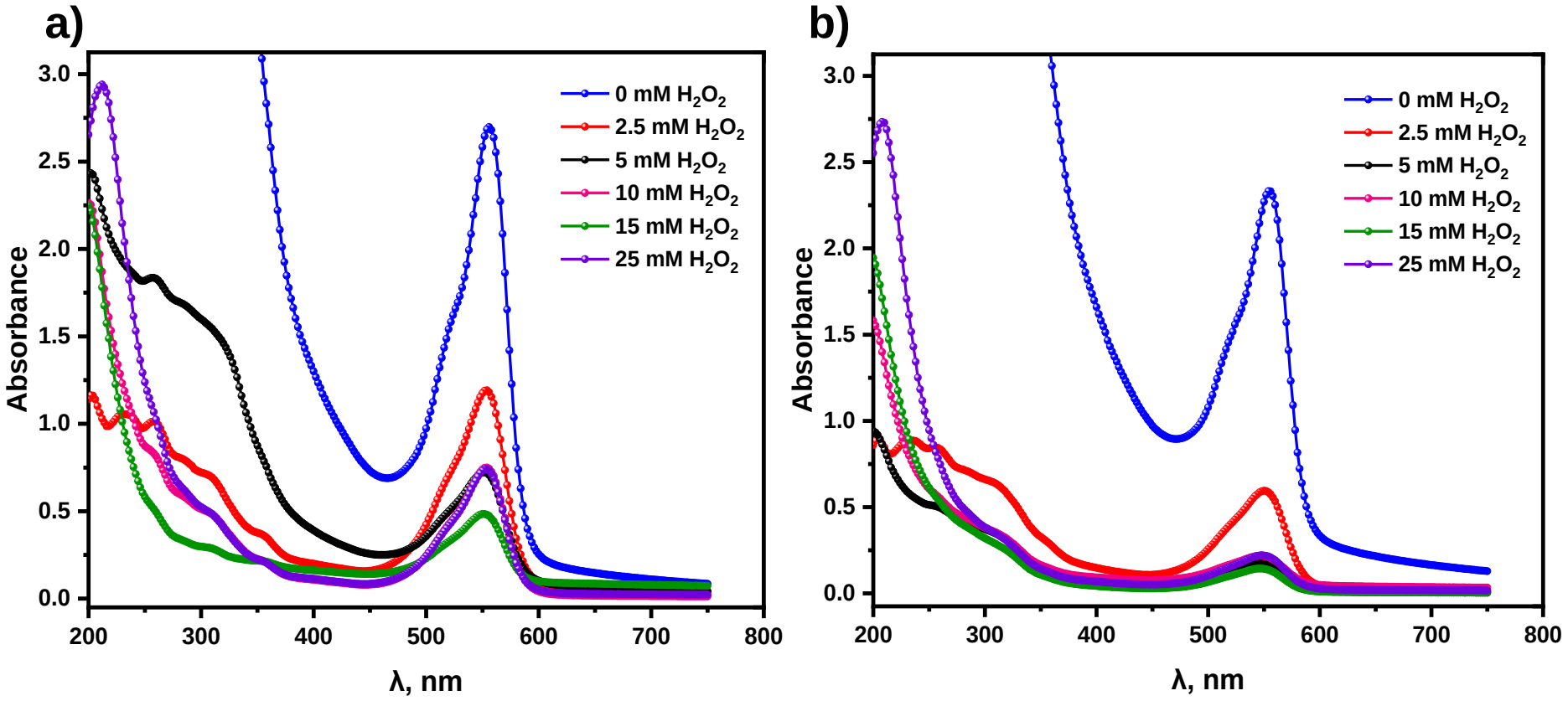


Рис. 1. УФ-спектри розчинів барвників родаміну Б після УФ опромінення протягом 30 хв (а) та 45 хв (б) при зазначених концентраціях пероксиду водню.

Вплив концентрації барвника (Родамін Б)

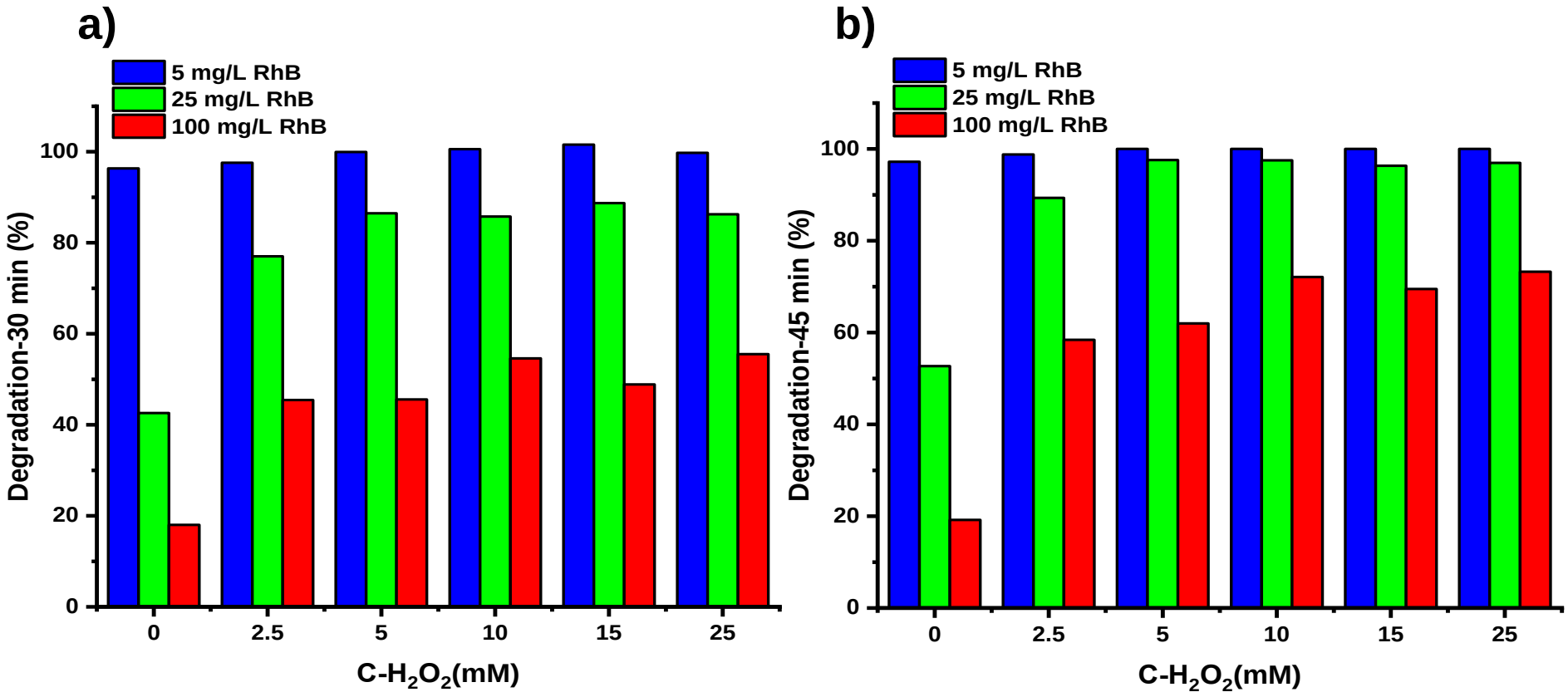


Рис. 2. Ефективність деградації RhB при різних кількостях H2O2 після УФ-опромінення протягом 30 хв **(а)** та 45 хв **(б)**.

Вплив концентрації фотокаталізатора

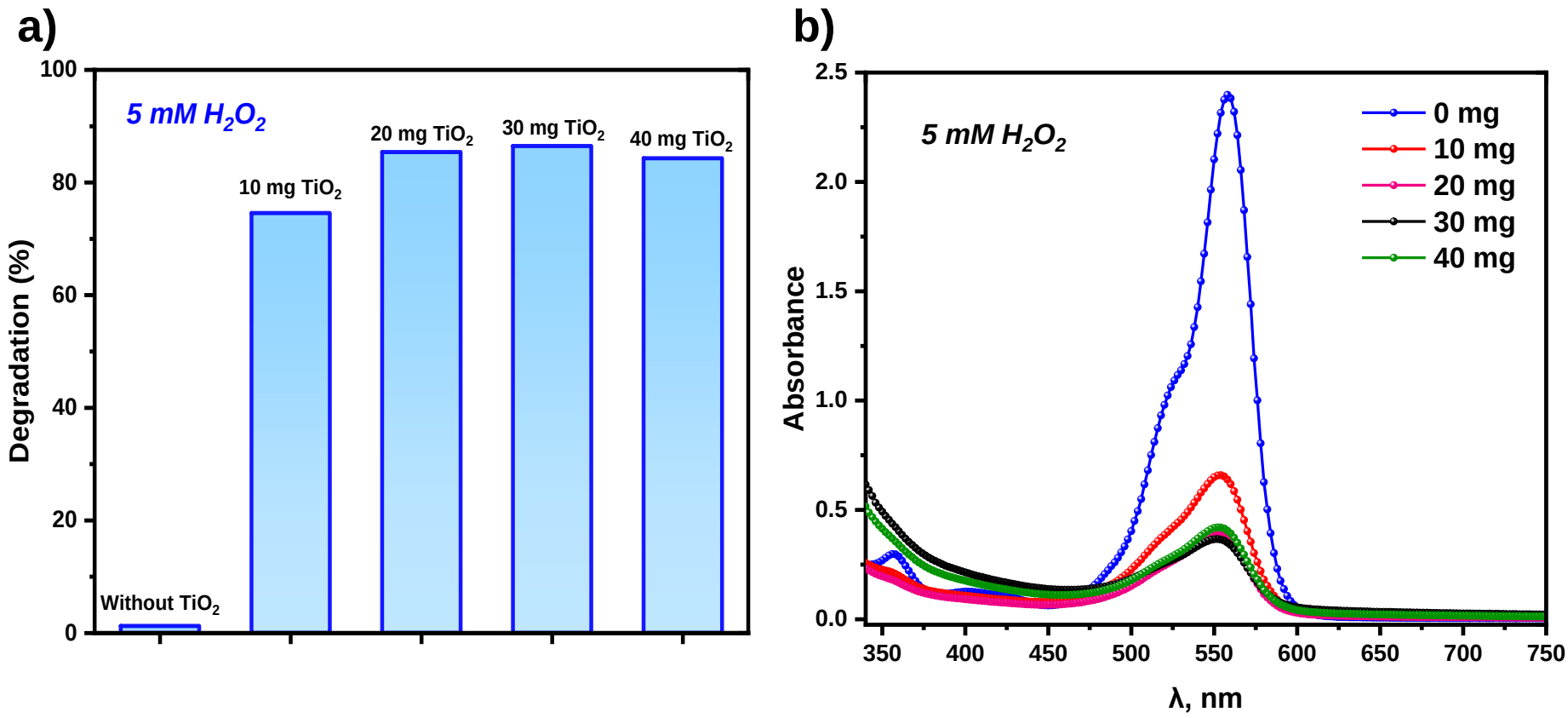
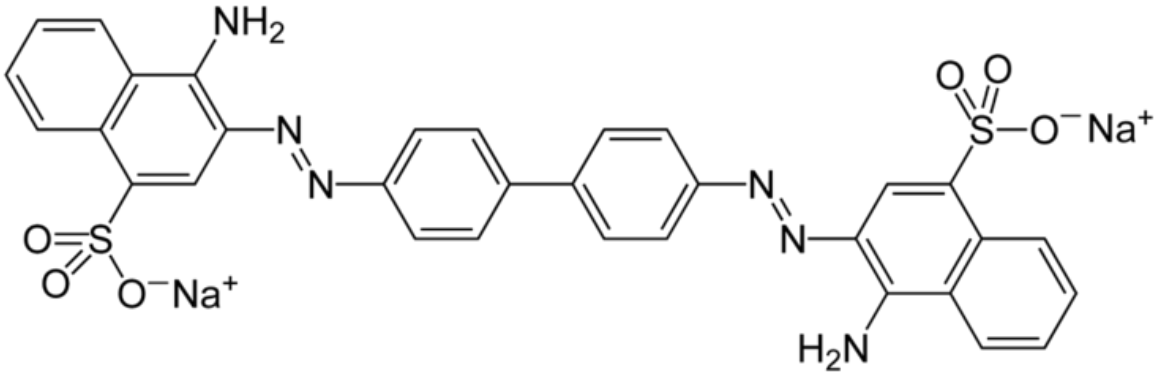


Рис. 3. (a) УФ-спектри розчинів родаміну В після ультрафіолетового опромінення протягом 30 хв при зазначених наважках TiO2, **(b)** ступінь деградації родаміну В після ультрафіолетового опромінення протягом 30 хв при зазначених наважках TiO2.

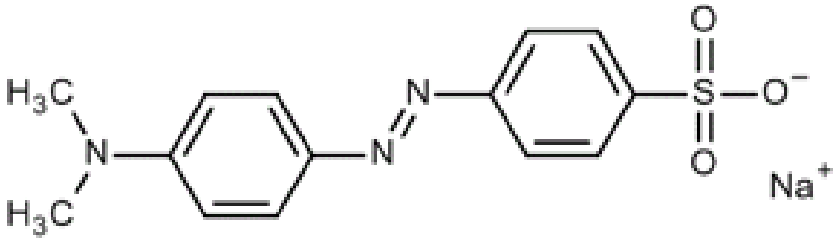
Конго червоний

№ п/п	Назва	Формула	M (г/моль)	λ_{max}, нм
1	Конго червоний	$C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$	696.66	505



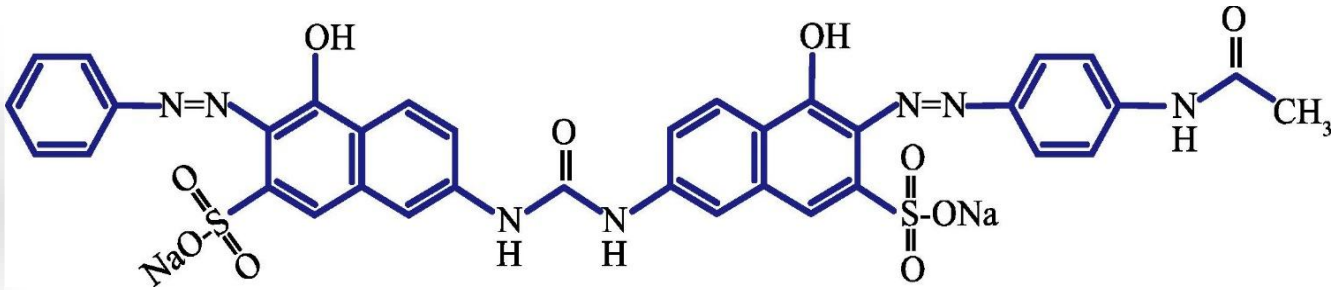
МЕТИЛОРАНЖ

№ п/п	Назва	Формула	M (г/моль)	λ_{max}, нм
1	Метилоранж	$C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$	327.33	470



Direct Red 23

№ п/п	Назва	Формула	M (г/моль)	λ_{max}, нм
1	Direct Red 23	$C_{35}H_{25}N_7Na_2O_{10}S_2$	813.71	505



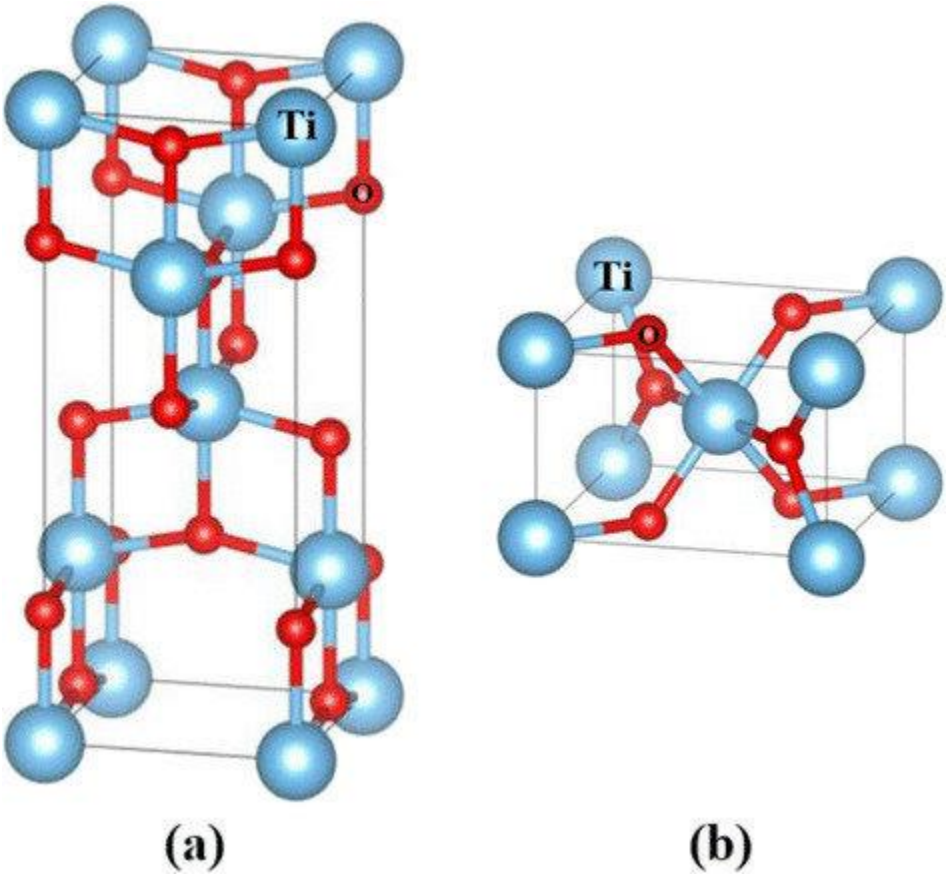
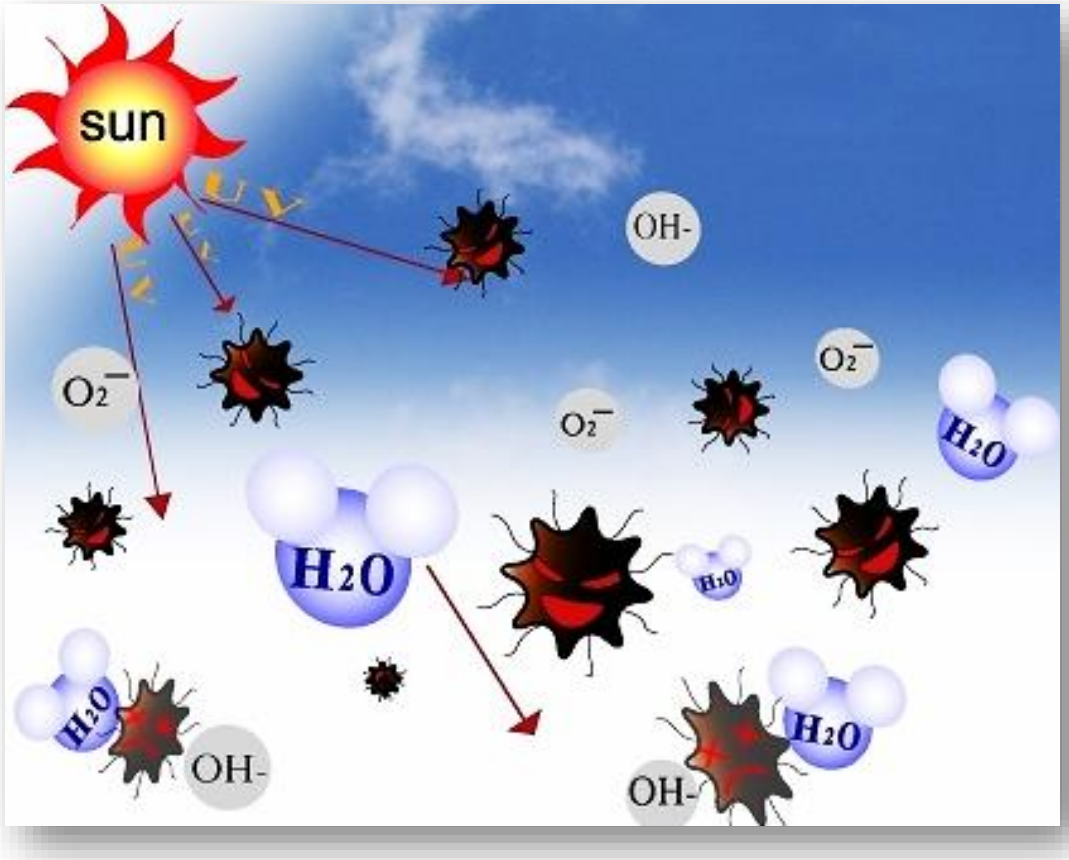


Рис. 4. Елементарні комірки анатазу TiO2 **(a)** і рутилу TiO2 **(b)**.

Структурні параметри P25-TiO2

Phase	wt. %	a, Å	c, Å	V, Å^3	D, Å
Anatase	87.9	3.7855	9.5064	136.23	195
Rutile	12.1	4.5928	2.9588	62.41	389



ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Приготування реакційної суміші:

Зважте фотокаталізатор (P25-TiO2) на аналітичних вагах 10, 20, 30, 40 або 50 мг, величину наважки вказує викладач. Додайте 17 мл дистильованої води. Для проведення експерименту використовується флакон ємністю 20 мл.

2. Проведіть калібрування смартфону для визначення концентрації барвника.

Детектором для отримання інформації про колір реакційної суміші служить камера смартфону. Рекомендована програма, яка використовується для розпізнавання кольору має назву «Спектр» і є у вільному доступі для завантаження на Play Market.

3. Проведіть калібрування смартфону для визначення концентрації барвника.

Реєстрування всіх зображень зразків проводять на фоні чорного екрану. Для фронтального освітлення використовують лампу потужністю 7 Вт, яка забезпечує рівномірне освітлення флакону з розчином. Отримані дані про кольори є основою для кількісного аналізу.

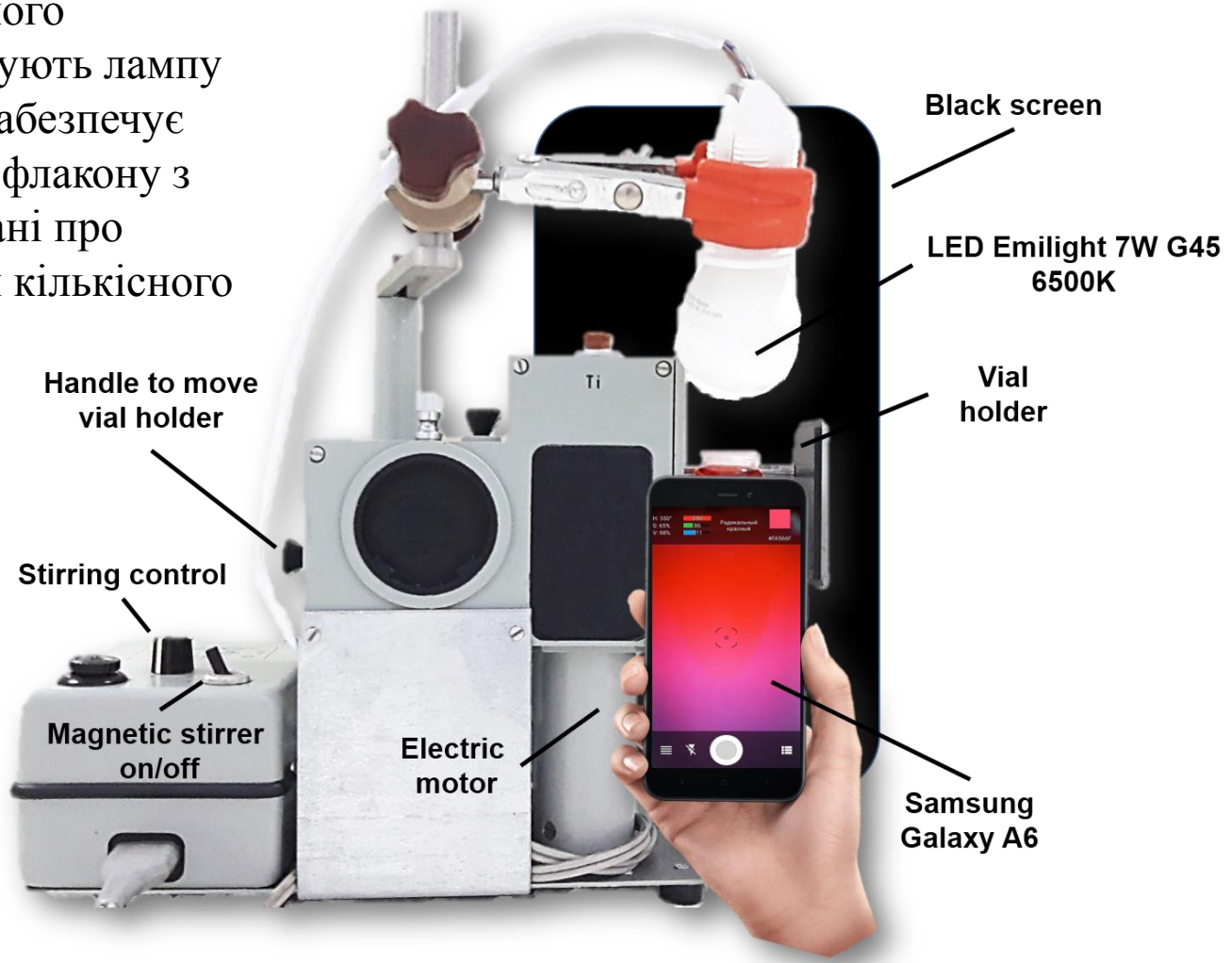
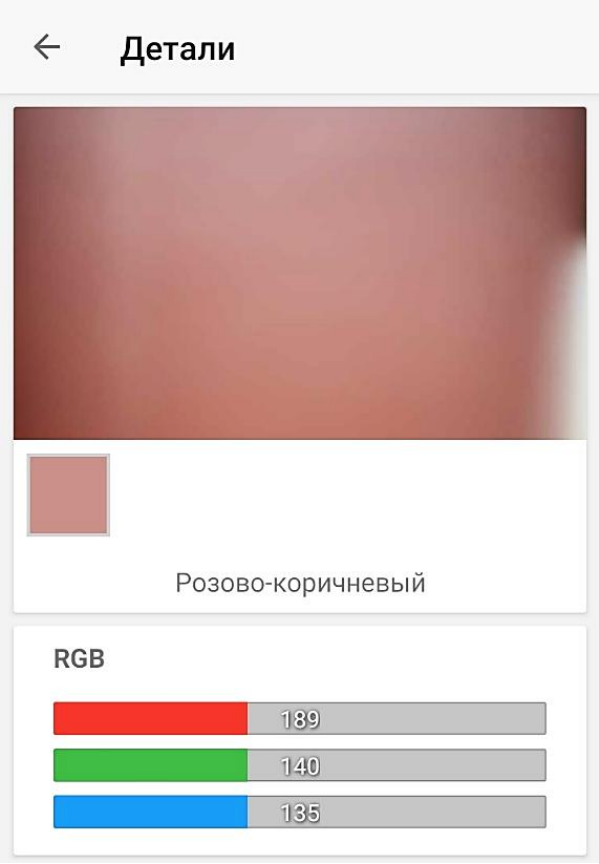


Рис. 5. Загальний вигляд мікрофотореактора та процес запису зображень.

4. Для кількісної інтерпретації результатів аналізу використовують формули, які представлені у Табл. 1.



Таблиця 1

№ п/п	Складова кольору	Формула
1	r	$\frac{R}{R+G+B}$
2	g	$\frac{G}{R+G+B}$
3	b	$\frac{B}{R+G+B}$

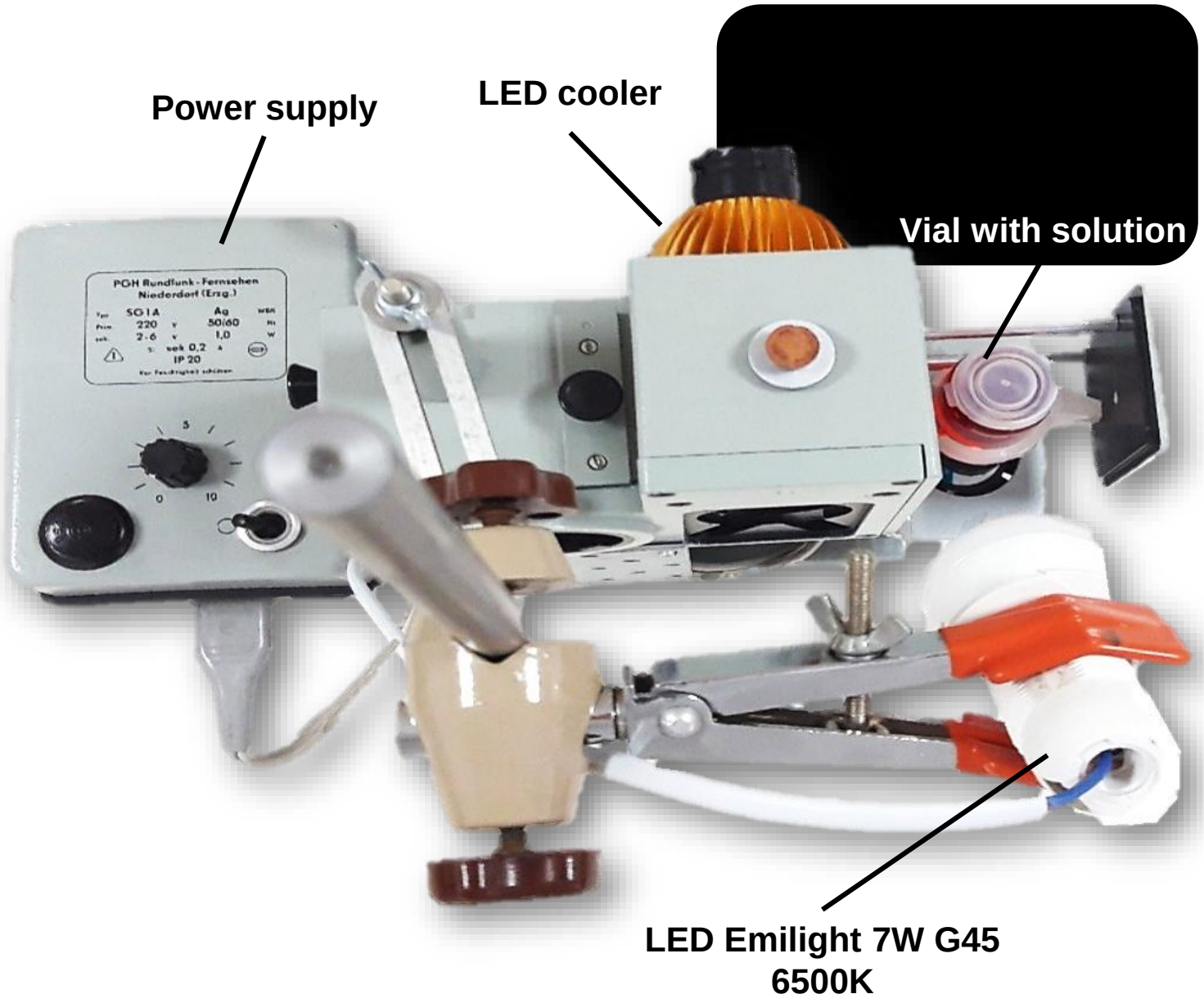
5. Концентрацію барвника в реакційній суміші вказує викладач: 5, 10, 25, 100 мг/л. Попередньо у колбі ємністю 100 мл приготуйте концентрований розчин барвника, рекомендована концентрація розчину 100 мг/л.

6. Проведіть покрокове реєстрування даних RGB, після кожного додавання необхідного об’єму барвника та занесіть дані у Табл. 2.

Таблиця 2

V_x, мл	C_x, мг/л	Red	Green	Blue	r
0.000	0	159	189	217	0.2814
0.170	1	203	207	217	0.3237
0.170	2	229	223	219	0.3412
0.170	3	224	214	210	0.3456
0.170	4	224	211	206	0.3494
0.170	5	230	207	203	0.3593

7. Побудуйте графік залежності r від концентрації барвника в реакційній суміші. Знайдіть рівняння прямої, підібравши з наявних: лінійне, поліноміальне, логарифмічне, те, яке описуватиметься найвищим коефіцієнтом кореляції (R2 ≤ 1.0).


Power supply
LED cooler
Vial with solution
LED Emilight 7W G45
6500K

8. Процес фотодеградації проводять протягом 30 хв, реєстрування зображень суміші проводять з проміжками у часі, які вказані у таблиці 3.

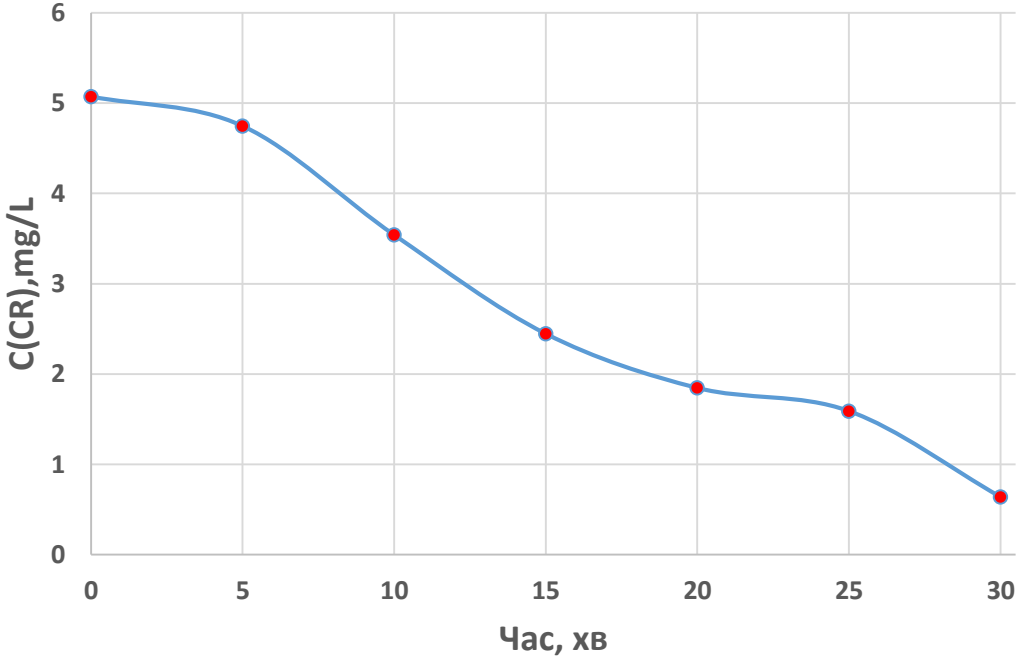
Таблиця 3

Час	Red	Green	Blue
0	230	207	203
5	223	205	196
10	233	221	213
15	228	222	219
20	219	224	210
25	216	223	210
30	212	222	226

9. Використовуючи рівняння отримане з калібрувальної кривої, розрахуйте концентрацію барвника в кожен момент часу. Побудуйте графік залежності зміни концентрації досліджуваного барвника від часу.

Таблиця 4

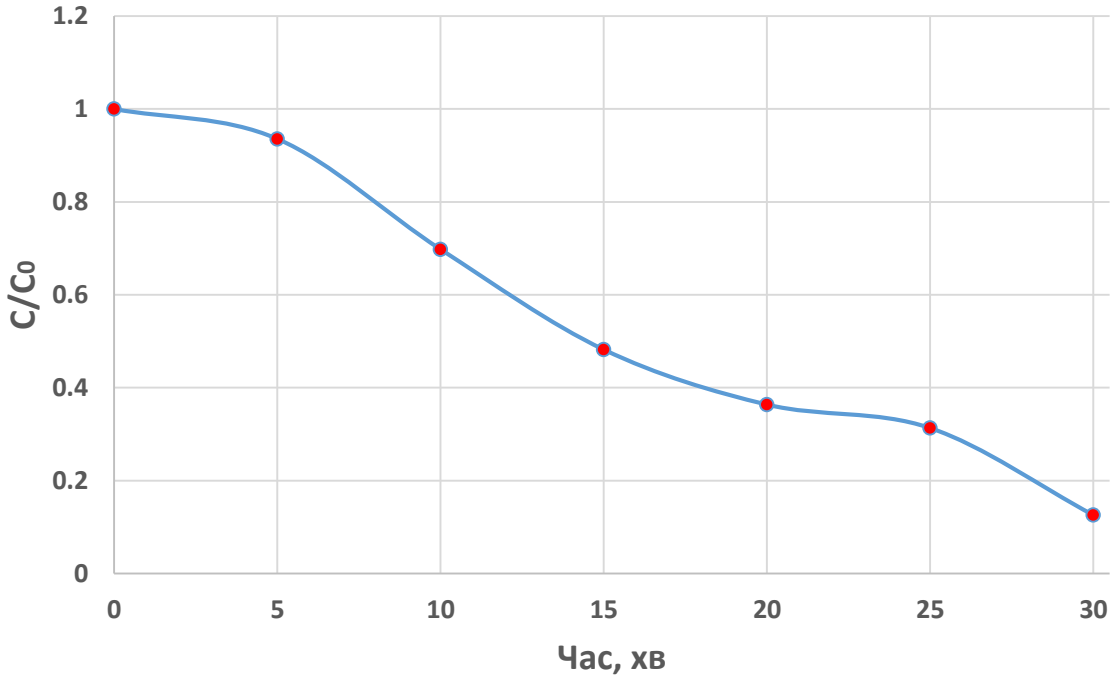
Час	r=R/R+G+B	C, мг/л
0	0.3593	5.072
5	0.3573	4.746
10	0.3493	3.540
15	0.3408	2.446
20	0.3353	1.845
25	0.3328	1.589
30	0.3212	0.639



10. Побудуйте графік залежності відношення (C/C0) від часу. Розрахуйте значення ln(C/C0) для кожної точки експерименту.

Таблиця 5

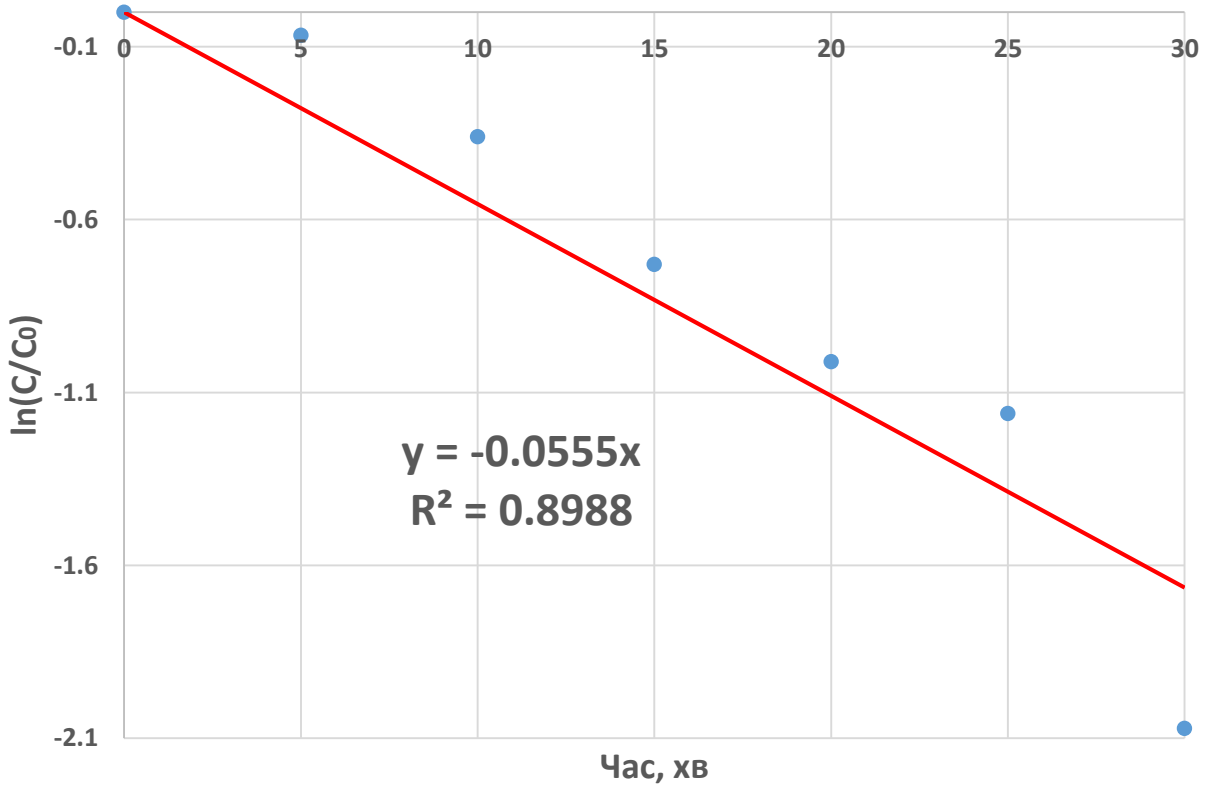
Час	C/C_0	$\ln(C/C_0)$
0	1	0
5	0.9356	-0.066
10	0.6979	-0.359
15	0.4821	-0.729
20	0.3638	-1.010
25	0.3134	-1.160
30	0.1260	-2.071



11. Побудуйте графік залежності відношення $\ln(C/C_0)$ від часу. Знайдіть значення нахилу лінії для даного графіку, провівши її через точку (0; 0).

Значення нахилу кривої і є константою швидкості фотокаталітичної реакції.

$k(\text{min}^{-1}) = 0.0555$



Контрольні питання

1. Дайте визначення процесу фотокаталізу?
2. Яким чином можна збільшити швидкість проходження фотокаталітичних реакцій?
3. За допомогою якого пристрою здійснюється реєстрація швидкості проходження фотокаталітичних реакцій в даній роботі?
4. Які барвники використовуються у якості забруднюючих речовин в даній роботі?
5. До якого класу органічних барвників вони відносяться?
6. Які поліморфні модифікації TiO_2, ви знаєте?
7. Чим TiO_2 рутильної модифікації відрізняється від анатазної?