

# 파이썬 프로그래밍을 통한 화학반응속도 빅데이터 처리 및 반응차수 결정(1차시)

# #0 수업 안내

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

오늘은

화학 반응 속도 측정을 위한 아두이노 장치 설계

## 학습목표

- 화학 반응 속도, 1차 반응의 반감기를 설명할 수 있다.
- 아두이노, RGB 센서를 이용한 조도측정장치를 구상 및 설계할 수 있다.

# #1 아두이노를 이용해 농도 [A]를 측정하는 방법은?

식용색소 blue#1과 과산화수소의 탈색 반응

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

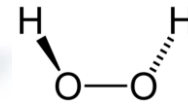
#6 정리



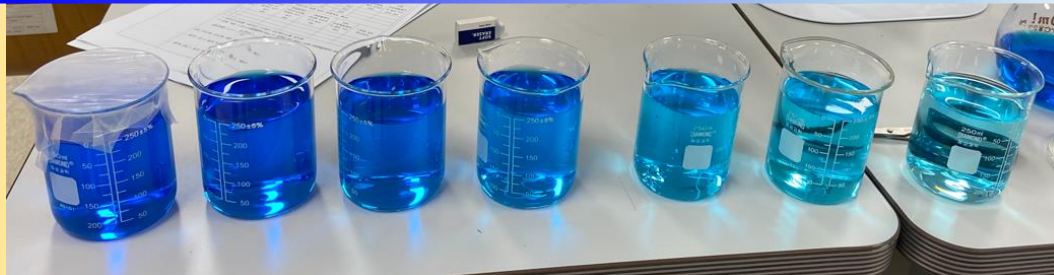
blue #1



과산화 수소



탈색 반응



(청색 식용색소):

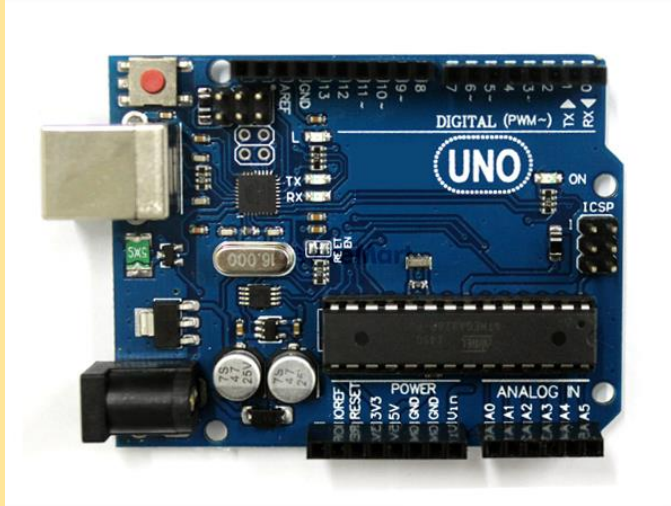
<http://bebechoco.com/>

(과산화 수소): [다산메디칼 과산화수소 \(drmro.com\)](http://damsamedical.com/)

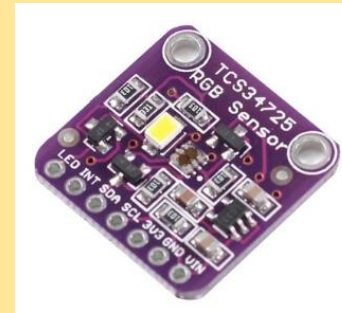
# #1 아두이노를 이용해 농도 [A]를 측정하는 방법은?

식용색소 blue#1과 과산화수소의 탈색 반응

- 아두이노와 RGB 센서를 이용해 색깔을 띄는 용액의 농도를 측정하는 방법은 무엇이 있을까?



아두이노 UNO



RGB 센서



케이블

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

# #2 화학 반응 속도란?

## 반응 속도의 정의

- 반응 속도 : 화학 반응이 빠르게 또는 느리게 일어나는 정도  
→ 측정 : 단위 시간 동안 증가한 생성물 , 감소한 반응물의 (농도) 변화를 관찰하면 됨

$$\text{반응속도}(v) = \frac{\text{반응 물질의 농도 감소량}}{\text{반응 시간}} = \frac{\text{생성 물질의 농도 증가량}}{\text{반응 시간}}$$

- 단위 :  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  ,  $\text{M} / \text{s}$
- 반응 속도의 측정 : 단위 시간 동안 발생한 기체의 부피, 단위 시간 동안 감소한 반응 물질의 질량 측정

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

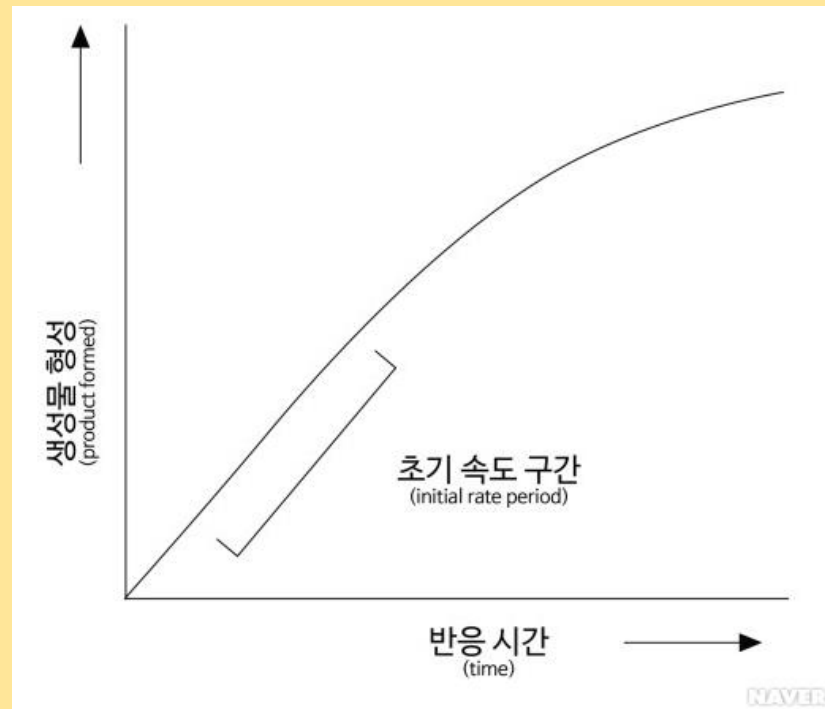
# #2 화학 반응 속도란?

## 초기 속도법

- 초기 반응 속도

- 화학 반응에서 생성물의 농도가 증가함과 동시에 역반응도 일어나므로 반응 속도를 결정하기 위해서는 정반응과 역반응의 반응 속도를 모두 고려해야함

→ 반응물이 처음 섞이는 순간에는 역반응의 반응 속도는 고려하지 않아도 됨



#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

# #2 화학 반응 속도란?

## 초기 속도법

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

- 초기 반응 속도
  - 화학 반응이 처음 시작되는 시점( $t=0$ )에서의 순간 반응 속도
  - $t = 0$ 에서의 접선의 기울기
  - 반응 차수를 결정하는 일반적인 방법 중 하나는 **초기 속도법**(method of initial rates)이다. **초기 속도**(initial rate)는 반응이 시작한 바로 직 후( $t=0$ )에 측정한 순간 **속도** 이다.

# #2 화학 반응 속도란?

반응 속도식의 의미와 반응 차수

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

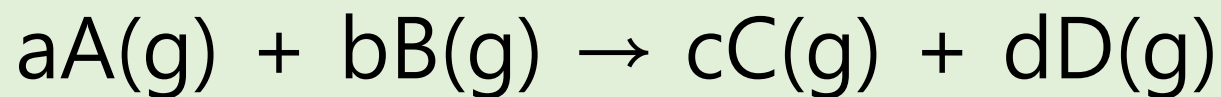
#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

- 반응 속도는 반응 물질의 농도에 의해 달라짐
- A와 B가 반응하여 C와 D가 생성되는 화학반응에서, 반응속도 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.



$$\text{반응 속도}(v) = k[A]^m[B]^n$$

# #2 화학 반응 속도란?

반응 속도의 의미와 반응 차수

$$\text{반응 속도}(v) = k[A]^m[B]^n$$

- 반응 속도 상수( $k$ )

- $k$  는 비례상수

- 화학 반응의 종류에 따라 값이 달라짐

- 농도의 영향을 받지 않음

- 온도와 (활성화 에너지)에 영향을 받음

$$k = Ae^{-E_a/RT} \quad \dots \text{아레니우스 식}$$

- 반응 차수에 따라 단위가 달라짐

반응 속도식	반응 차수	k의 단위
$v = k[A]$	1차	$s^{-1}$
$v = k[A][B]$	2차	$M^{-1}s^{-1}$
$v = k[A]^2[B]$	3차	$M^{-2}s^{-1}$

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

# #2 화학 반응 속도란?

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

반응 속도의 의미

$$\text{반응 속도}(v) = k[A]^m[B]^n$$

- 반응 차수

- m, n 을 의미 → 계수와 관계없는 실험값  
m, n ≠ a, b (같은 경우도 있음)
- A에 대한 m차 반응, B에 대한 n차 반응이라고 표현
- 전체 반응 차수 : m+n
- $aA(g) + bB(g) \rightarrow cC(g) + dD(g)$  반응에서

$$\text{반응 속도}(v) = -\frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{d[B]}{dt} = k[A]^m[B]^n$$

# #2 화학 반응 속도란?

반응 속도의 의미

$$\text{반응 속도}(v) = k[A]^m[B]^n$$

- 반응 차수의 실험적 결정

-  $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$  반응에서, 측정한 초기 반응 속도

$\frac{1}{2} \frac{d[\text{NO}_2]}{dt}$  는 다음과 같다.

실험	[NO] (M)	[O <sub>2</sub> ] (M)	초기 반응 속도(M·s <sup>-1</sup> )
1	1.0 x 10 <sup>-3</sup>	1.0 x 10 <sup>-3</sup>	2.5 x 10 <sup>-4</sup>
2	1.0 x 10 <sup>-3</sup>	2.0 x 10 <sup>-3</sup>	5.0 x 10 <sup>-4</sup>
3	2.0 x 10 <sup>-3</sup>	2.0 x 10 <sup>-3</sup>	2.0 x 10 <sup>-3</sup>

- 따라서  $v = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$

-  $k$  는 위 식에 실험 1값을 대입하면  $2.5 \times 10^5 \text{ M}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

# #2 화학 반응 속도란?

## 적분 속도식

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

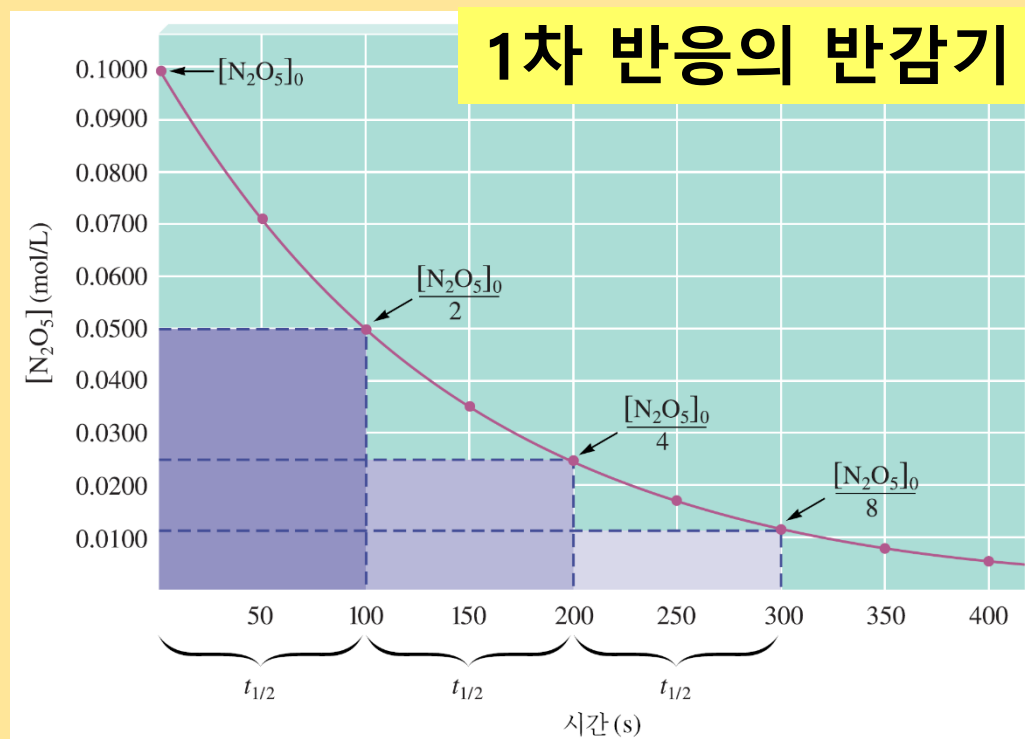
#6 정리

- 적분 속도식: 어떤 시간  $t$ 에 남아 있는 반응물의 농도를 계산할 수 있게하는 **농도-시간식**(concentration-time equation)
  - 미분 방정식으로 표현된 반응 속도식을 적분하면 얻을 수 있음
- 적분 속도식으로부터 알 수 있는 것
  - ① 특정 반응 시간( $t$ )에서의 반응물의 농도( $[A]_t$ )
  - ② **반감기**( $t_{1/2}$ ): 화학 반응이 진행되어 반응물의 초기 농도가 반으로 줄어드는데 걸리는 시간

# #2 화학 반응 속도란?

## 반감기

- 반감기( $t_{1/2}$ ): 화학 반응이 진행되어 반응물의 초기 농도가 반으로 줄어드는데 걸리는 시간



( $\text{N}_2\text{O}_4$  분해 반응에서 시간에 따른  $[\text{N}_2\text{O}_5]$ 의 도시): 줌달의 일반화학 9판

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

# #2 화학 반응 속도란?

## 적분 속도식 정리

#0 수업 안내

#1 문제 제시

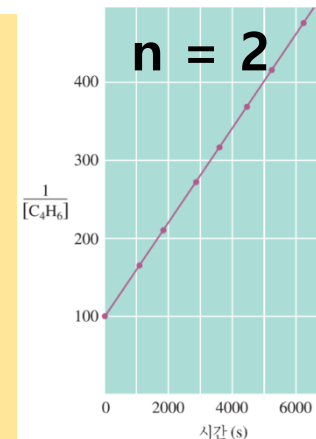
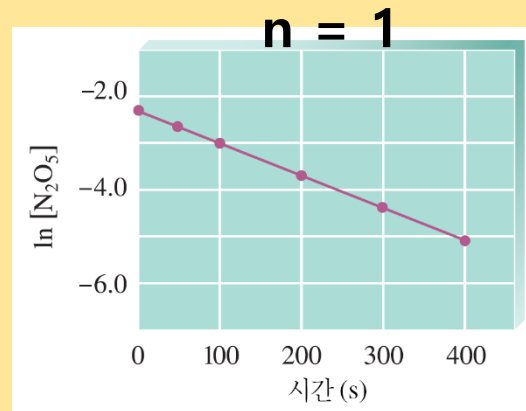
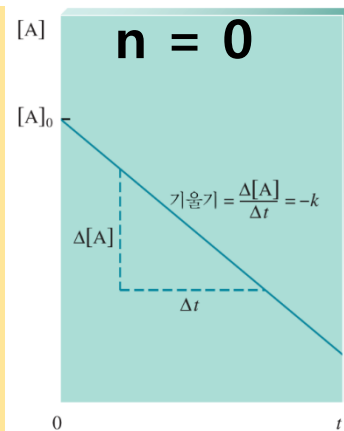
#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리






**표 12.6**  $aA \rightarrow$  생성물 반응에서  $[A]$ 에 대한 영차, 일차 또는 이차 반응 요약

	차수		
	영차	일차	이차
속도식;	속도 = $k$	속도 = $k[A]$	속도 = $k[A]^2$
적분된 속도식	$[A] = -kt + [A]_0$	$\ln[A] = -kt + \ln[A]_0$	$\frac{1}{[A]} = kt + \frac{1}{[A]_0}$
직선관계	$[A]$ 대 $t$	$\ln[A]$ 대 $t$	$\frac{1}{[A]}$ 대 $t$
속도 상수와 직선의 기울기 간의 관계	기울기 = $-k$	기울기 = $-k$	기울기 = $k$
반감기	$t_{1/2} = \frac{[A]_0}{2k}$	$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$	$t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$

# #3 문제의 본질적 이해

반응물의 '농도 측정' 을 위한 아두이노 장치 설계

- 아두이노 실험 장치 아이디어 구상 → 재료: 필요한 것을 마음껏 사용!

LED 스탠드		일정한 세기의 강한 빛을 제공해줌
RGB 센서		센서에 빛이 도달하는 정도에 따라 저항값이 달라져 RGB 빛의 양을 감지할 수 있음
전선		회로를 연결하는데 사용
아두이노 UNO		모든 명령을 프로그래밍 할 수 있음, 전원 공급 (가정: 프로그래밍은 전문 프로그래머에게 맡김)

(아두이노 부품): <https://www.devicemart.co.kr/>

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

# #3 문제의 본질적 이해

반응물의 '농도 측정' 을 위한 아두이노 장치 설계

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

<구상지>

## #4 최선의 해결책 선정

조별 발표 & 토의를 통해 최선의 장치를 정해봅시다.

- 푸른색 반응물의 농도를 가장 정확하게 측정할 것 같은 장치는?



#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

# #5 해결책 제시 및 아이디어 보완

반응물의 '농도 측정' 을 위한 아두이노 장치 설계

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

- 아두이노 조도계의 원리

<용액의 성질>

- 푸른색 용액은 빨간색 계열(보색)의 파장의 빛을 잘 흡수한다.

<농도와 흡광도의 관계>

- 농도가 진하면 진할수록 빨간색 빛을 많이 흡수한다.



(아두이노 조도계):  
[10.1021/acs.jchemed.8b00589](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00589).

# #5 해결책 제시 및 아이디어 보완

반응물의 '농도 측정' 을 위한 아두이노 장치 설계

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

- 아두이노 조도계의 원리

<아두이노 장치 설계 아이디어>

- 5가지 농도의 푸른색 표준 용액 5개를 제조한다.
- 비커에 각 용액을 넣고, 바닥에 RGB 센서를 두어 용액의 농도에 따른 'R'값을 측정한다.  
(농도가 진할수록 R값이 작다.)
- 이 데이터를 이용해 미지의 용액의 R값을 측정하면 농도를 추정할 수 있다.

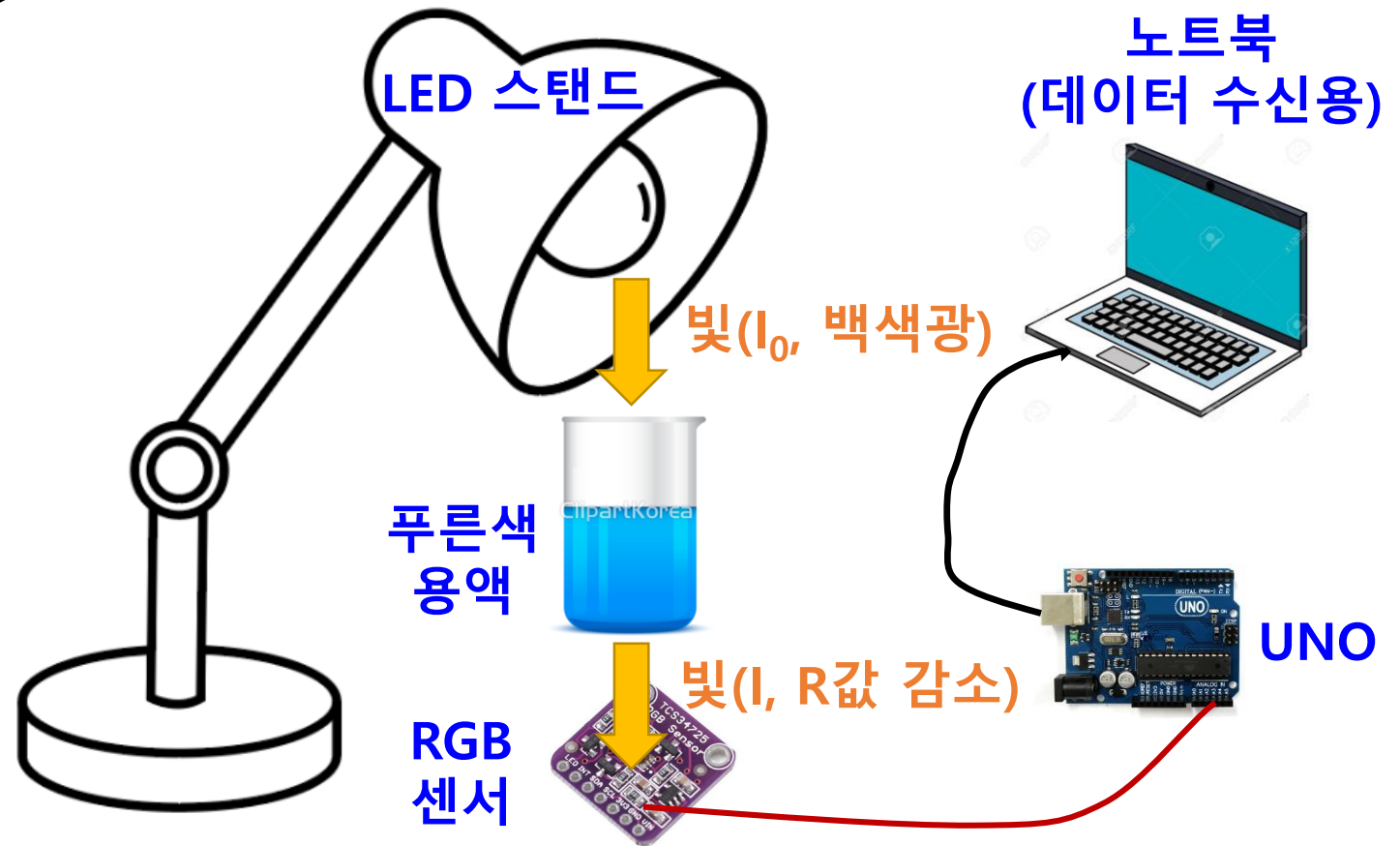


(아두이노 조도계):  
[10.1021/acs.jchemed.8b00589](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00589).

# #5 해결책 제시 및 아이디어 보완

반응물의 '농도 측정' 을 위한 아두이노 장치 설계

<예시 답안>



#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

# #6 정리

오늘 학습한 내용은?

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

- 반응 속도의 정의
- 반응 속도를 측정하는 방법
- 초기 속도법
- 반응 속도식의 의미
- 반응 차수
- 반응 속도 상수
- 적분 속도식
- 반감기

# #6 정리

#0 수업 안내

#1 문제 제시

#2 개념 설명

#3 문제의 이해

#4 최선의 해결책

#5 해결책 제시

#6 정리

## 학습 과제

- 그룹별로 파란색 용액을 통과하는 빛의 RGB 값을 측정해주는 코드 생각해보기

## 차시 예고

- 농도 데이터 수집을 위한 프로그래밍 수행
- 식용색소의 탈색반응을 이용한 반응속도론 실험 수행