I. 물 전기 분해로 e/k_B 정하기

이론적 배경

물의 전기 분해는 다음 반응으로 나타낸다:

$$H_2O \rightarrow 2H^+ + O^{-2}$$
$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2\,;\; O^{-2} \rightarrow \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$$

이 반응은 물에 잠긴 한 쌍의 전극에 전류를 흘릴 때 일어난다. 반응에서 생기는 두 기체는 모두 이상 기체라고 가정하시오.

반응에서 생긴 기체 가운데 하나를 임의의 눈금이 표시된 시험관에 모은다. 옮겨진 전체 전하와 시험관 속 기체의 부피를 알면 e/k_B를 정할 수 있다. 여기서 e는 전자의 전하량이고 k_B는 볼츠만 상수이다.

이를 위해 이 실험은 두 부분으로 나뉜다.

부분 A: 동역학적 방법으로 시험관의 임의 눈금을 보정한다.
이 결과는 부분 B에서 쓰인다.

부분 B: 물 전기 분해로 물리량 e/k_B를 정한다.

두 실험(부분 A와 부분 B)을 알파벳 순서대로 할 필요는 없다.

다음 물리량을 가정한다:

- 중력 가속도, $g = (9.78 \pm 0.01)\ m\ s^{-2}$
- 시험관의 안지름 대 바깥지름의 비, $\alpha = 0.82 \pm 0.01$

온도 T와 압력 P의 현지 값은 주최 측이 알려 준다.

실험(부분 A와 B)에 주어지는 도구와 장치 목록:

- 지름이 서로 다른 절연 구리선 세 가닥:
  1. 갈색, 굵은 것
  2. 갈색, 가는 것
  3. 파란색
- 정전압 전원 (0-60 V, 최대 1 A)
- 플라스틱 통과 물 한 병.
- 선의 절연을 다치지 않게 전극을 제자리에 고정하는, 플라스틱 집게가 달린 황동 블록.
- 디지털 스톱워치.
- 멀티미터 (올바른 사용법에 주의).
- 시험관을 연직으로 세우는 나무 시험관 받침.
- 다용도 피펫

- 연직 스탠드.
- 표시용 흰색 수정액 한 병.
- 칼
- 가위
- 셀로판테이프 한 롤
- 쇠공
- 전극으로 쓸 스테인리스 강판 한 조각.
- 눈금이 있는 시험관.
- 그래프 용지.

그래프 용지와 실험 장치(예: 시험관)에 표시된 눈금은 모두 같은 눈금 단위이지만, 밀리미터로 보정되어 있지 않다.

실험

부분 A: 시험관의 임의 눈금 보정

- 임의의 길이 눈금을 이미 아는 눈금으로 바꿀 수 있는 동역학적 방법을 정하시오.
- 실험에서 잴 수 있는 양들을 시험관에 인쇄된 눈금으로 나타내는 식을 쓰고, 실험 장치를 간단히 그리시오.

- 모르는 길이 눈금을 정하고 보정하도록 실험 데이터를 모으고 분석하시오.

부분 B: 물리량 e/k_B 정하기

- 반응에서 생기는 기체 하나를 가두도록 시험관을 알맞게 배치하여 전기 분해 실험을 꾸미시오.
- 실험에서 잰 양들, 곧 시간 t, 전류 I, 수위 차 $\triangle h$ 사이의 관계식을 유도하시오.
- 실험 데이터를 모으고 분석하시오. 간단히 하려고 실험하는 동안 시험관 속 기체의 압력이 일정하다고 가정해도 된다.

- e/k_B의 값을 정하시오.

국가	학생 번호	실험 번호	쪽 번호	전체 쪽수

답안지

부분 A

1. 고른 방법을 쓰고 그 방법의 실험 장치를 간단히 그리시오: [0.5점]

2. 고른 방법에서 잴 수 있는 양들 사이의 관계식을 쓰시오:
   [0.5점]. 이 식을 얻는 데 쓴 근사를 모두 밝히시오 [1.0점].

3. 다음 순서로 데이터를 모아 정리하시오: 물리량, 값, 단위 [1.0점]

4. 따로 잰 두 양의 관계를 그린 그래프로 보정의 질을 보이고, 유효 범위를 표시하시오. [0.5점]

5. 임의 눈금의 가장 작은 단위를 mm로 정하고, 측정에서 생기는 오차를 어림하시오. [1.5점]

국가	학생 번호	실험 번호	쪽 번호	전체 쪽수

부분 B

1. 실험 장치를 간단히 그리시오. [1.0점]

2. 다음 식을 유도하시오:

$$I\,\Delta t = \frac{e}{k_B}\frac{2P(\pi r^2)}{T}\Delta h \qquad \textbf{[1.5점]}$$

3. 다음 형식으로 데이터를 모아 정리하시오: 물리량 (값, 단위)
[1.0점]

4. e/k_B의 값과 그 오차를 정하시오 [1.5점]