실험 I 풀이

부분 A

1. [모두 0.5점]

임의 눈금을 보정하려고 고른 실험 방법은 단진자 방법이다 [0.3점]

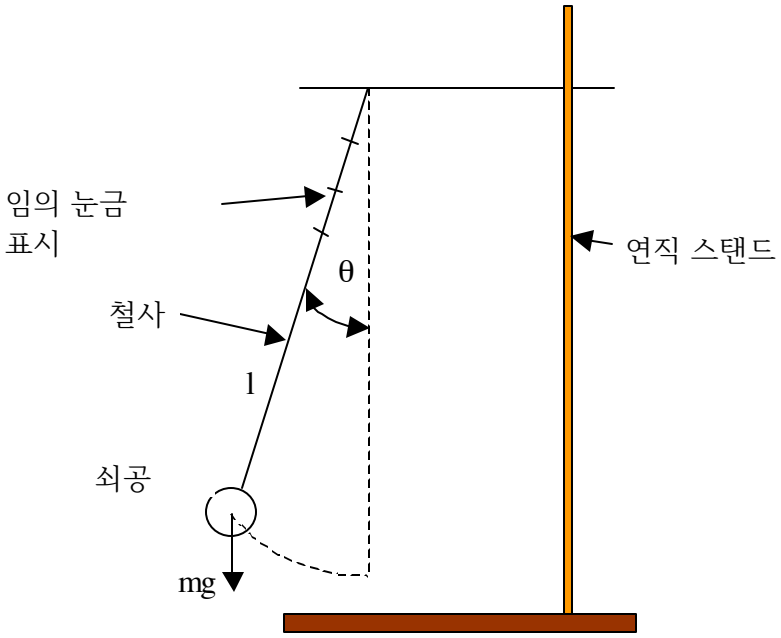


그림 1. 실험 장치 그림 [0.2점]

2. [모두 1.5점]

잴 수 있는 양들 사이의 관계식: [0.5점]

$$T_{osc} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\,;\; {T_{osc}}^2 = 4\pi^2\frac{l}{g}$$

근사:

$\sin\theta \approx \theta$ [0.5점]

수학적 진자 (철사의 질량 << 쇠공의 질량,
쇠공의 반지름 << 철사의 길이) [0.5점]
철사의 유연성, 공기 마찰 등 [0.1점, 위의 두 주요 항목 가운데 하나가 빠졌을 때만]

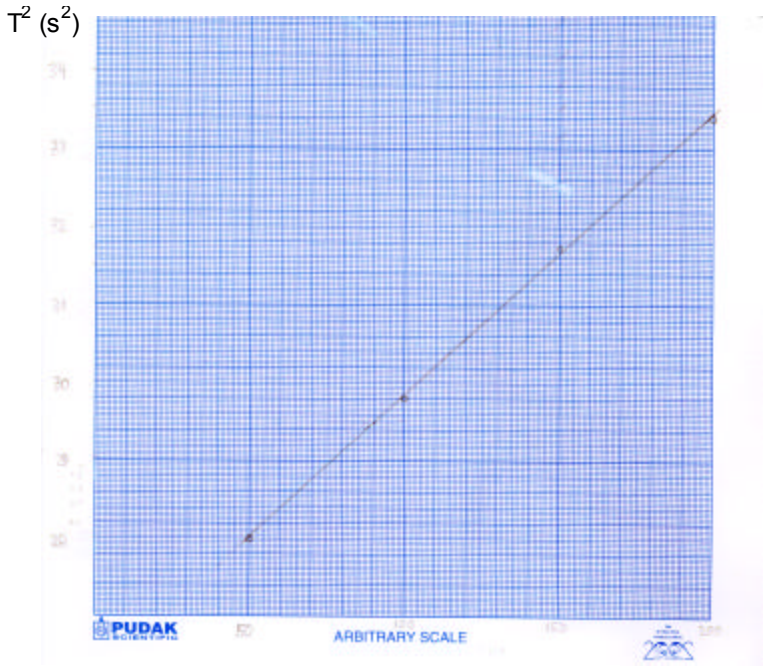
3. [모두 1.0점] 단진자 실험의 데이터 예
진동 횟수 ≥ 20 [0.2점], T 차이 ≥ 0.01 s [0.4점], 데이터 수 ≥ 4 [0.4점]

번호	50회 진동 시간 t(s)	주기, T (s)	철사에 표시한 눈금 (임의 눈금)
1	91.47	1.83	200
2	89.09	1.78	150
3	86.45	1.73	100
4	83.8	1.68	50

4. [모두 0.5점]

번호	주기, T (s)	철사에 표시한 눈금 (임의 눈금)	$T^2(s^2)$
1	1.83	200	3.35
2	1.78	150	3.17
3	1.73	100	2.99
4	1.68	50	2.81

철사에 표시한 눈금에 대한 T^2의 그래프:



철사에 표시한 눈금 (임의 눈금)

5. 임의 눈금의 가장 작은 단위를 mm로 정하기 [모두 1.5 점]

$$T_{osc_1}^2 = \frac{4\pi^2}{g} L_1 \ , \qquad T_{osc_2}^2 = \frac{4\pi^2}{g} L_2$$

$$\left(T_{osc_1}^2 - T_{osc_2}^2\right) = \frac{4\pi^2}{g} L_1 - L_2 = \frac{4\pi^2}{g} \Delta L$$

$\Delta L = \frac{g}{4\pi^2}\left(T_{osc_1}^2 - T_{osc_2}^2\right)$또는 이와 같은 다른 식 [0.5점]

No.		계산한 △L (m)	임의 눈금으로 잰 △L	임의 눈금의 가장 작은 단위 값 (mm)
1.	T_1^2-T_2^2 = 0.171893 s^2	0.042626	50	0.85
2.	T_1^2-T_3^2 =0.357263 s^2	0.088595	100	0.89
3.	T_1^2-T_4^2 =0.537728 s^2	0.133347	150	0.89
4.	T_2^2-T_3^2 =0.18537 s^2	0.045968	50	0.92
5.	T_2^2-T_4^2 =0.365835 s^2	0.09072	100	0.91
6.	T_3^2-T_4^2 =0.180465 s^2	0.044752	50	0.90

임의 눈금의 가장 작은 단위의 평균값, $\bar{1}$ = 0.89 mm [0.5점]

측정에서 생기는 오차 어림: [0.5점]

번호	임의 눈금의 가장 작은 단위 값 (mm)	$(l-\bar{l})$	$(l-\bar{l})^2$
1.	0.85	-0.04	0.0016
2.	0.89	0	0
3.	0.89	0	0
4.	0.92	0.03	0.0009
5.	0.91	0.02	0.0004
6.	0.90	0.01	0.0001

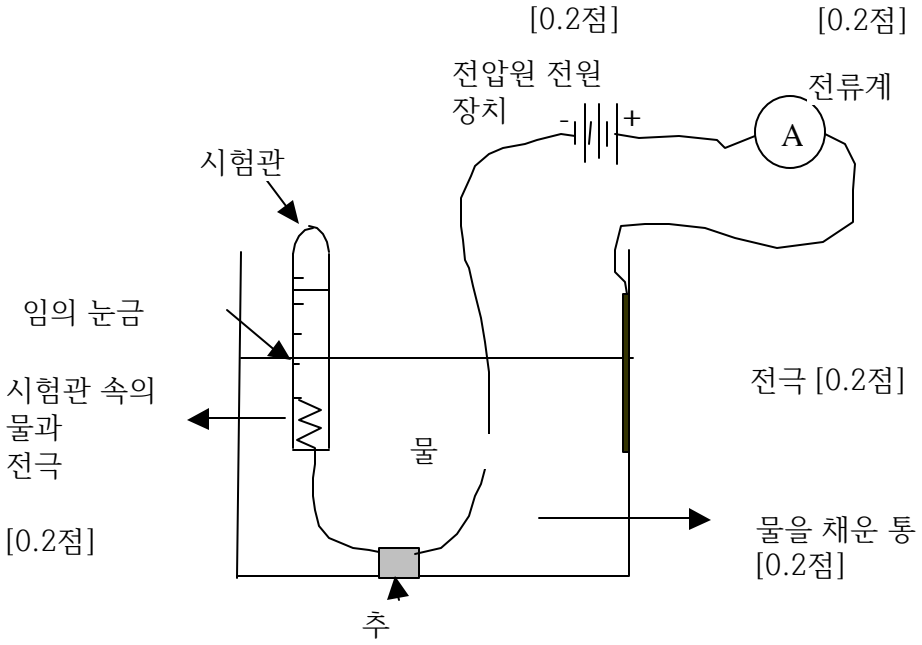
표준 편차는:

$$\Delta l = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{6}(l-\bar{l})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{0.003}{5}} = 0.02 \text{ mm}$$

다른 타당한 방법을 써도 된다

부분 B

1. 실험 장치: [모두 1.0점]



2. 시간 t, 전류 I, 수위 차 △h 사이의 관계식 유도:
[모두 1.5점]

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

반응 $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$에서, 이 과정에서 생기는 분자 수(△N)만큼 옮겨지는 전하는 $\triangle Q = 2e\triangle N$이다: [0.2점]

$$I = \frac{\Delta N\, 2e}{\Delta t} \qquad \text{[0.5점]}$$

$$P\,\Delta V = \Delta N\, k_B\, T \qquad \text{[0.5점]}$$

$$= \frac{I\,\Delta t}{2e} k_B\, T$$

$$P\,\Delta h(\pi r^2) = \frac{I\,\Delta t}{2}\frac{k_B}{e} T \qquad \text{[0.2점]}$$

$$I\,\Delta t = \frac{e}{k_B}\frac{2P(\pi r^2)}{T}\Delta h \qquad \text{[0.1점]}$$

3. 실험 데이터: [모두 1.0점]

번호	△h (임의 눈금)	I (mA)	Δt (s)
1	12	4.00	1560.41
2	16	4.00	2280.61
3	20	4.00	2940.00
4	24	4.00	3600.13

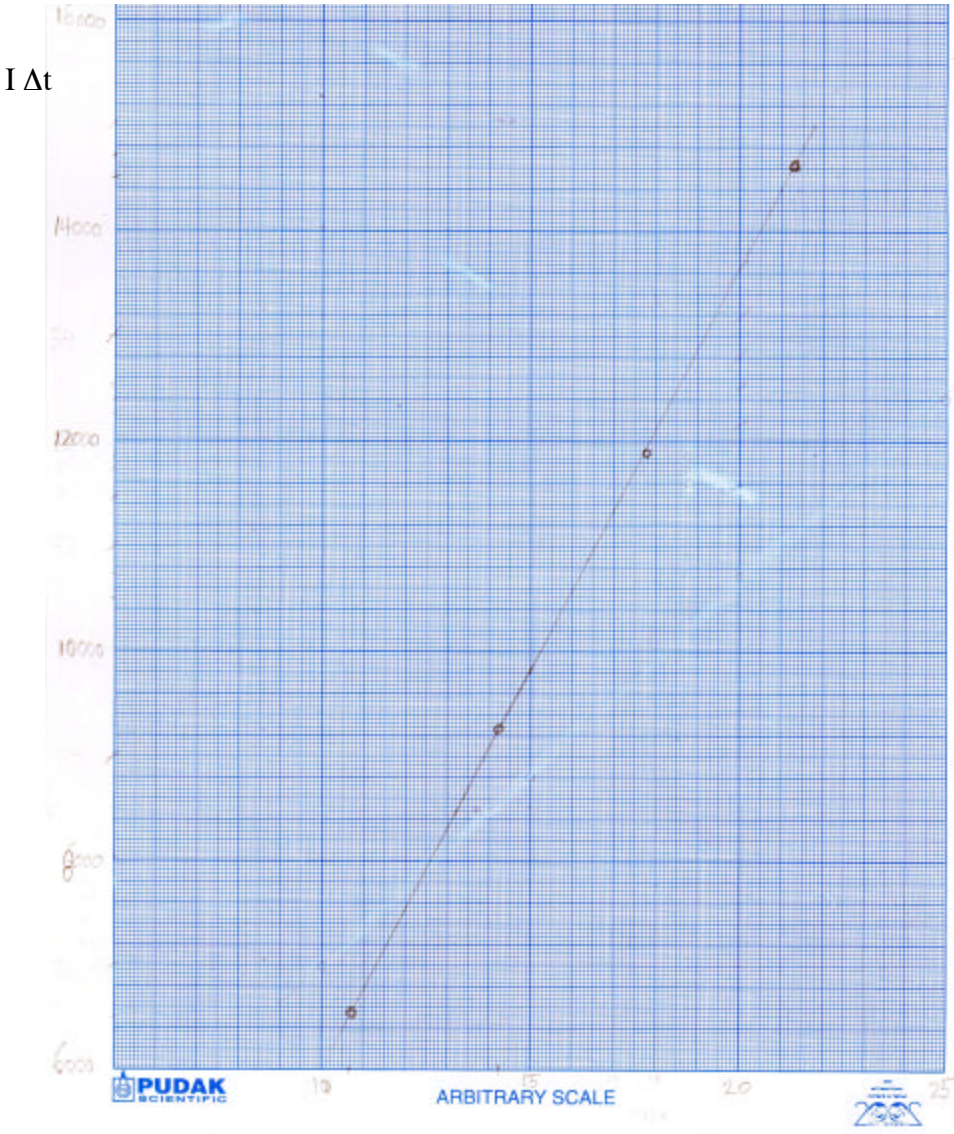
- 시험관의 둘레 φ = 임의 눈금 46 [0.3점]
- 수위 읽기의 불확도로 인한 오차가 받아들일 만하도록 고른 △h (≥ 눈금 4)와 교란이 받아들일 만하도록 고른 I (≤ 4 mA) 값 [0.3점]
- 데이터 수 ≥ 4 [0.4점]

위 실험 데이터를 얻은 주위 조건 (T, P):
$T = 300$ K
$P = 1.00\ 10^5$ Pa

4. e/k_B 값 정하기 [모두 1.5점]

번호	△h (임의 눈금)	Δh (mm)	I (mA)	Δt (s)	I Δt (C)
1	12	10.68	4.00	1560.41	6241.64
2	16	14.24	4.00	2280.61	9120.48
3	20	17.80	4.00	2940.00	11760.00
4	24	21.36	4.00	3600.13	14400.52

위 데이터로 그린 △h에 대한 I△t의 그래프



그래프에서 얻은 기울기는 763.94이다.

$$\frac{e}{k_B} = \frac{763.94 \times 300 \times \pi}{2 \times 10^5 \times (23 \times 0.89 \times 10^{-3} \times 0.82)^2} = 1.28 \times 10^4 \text{ Coulomb K/J}$$

[1.0점]

다른 방법 [배점 같음]

No.	Δh (mm)	I Δt (C)	기울기	e/k_b
1	10.68	6241.64	584.4232	9774.74
2	14.24	9120.48	640.4831	10712.37
3	17.80	11760.00	660.6742	11050.07
4	21.36	14400.52	674.1816	11275.99

e/k_B의 평균 = 1.07×10^4 C·K/J
[1.0점]

No.	e/k_b	차이	차이의 제곱
1	9774.74	-928.55	862205.5
2	10712.37	9.077117	82.39405
3	11050.07	346.7808	120256.9
4	11275.99	572.6996	327984.9

어림한 오차 [0.5점]

얻은 표준 편차는 0.66×10^3 Coulomb K/J,
어림한 오차의 다른 타당한 척도를 써도 된다