실험 시험 풀이

제1부

측정 결과를 표 1에 나타내었다. 마지막 열은 계산한 변형률 $\varepsilon = (l - l_0)/l_0$의 값이다. 추의 무게에 따른 고무줄 길이의 상대 늘어남 그래프를 그림 1에 나타내었다. 추 1개 = 100 g이다.

추의 개수, N	L, cm	ε
0	20,8	0,00
1	23,1	0,11
2	28,1	0,35
3	37,2	0,79
4	49,7	1,39
5	61,3	1,95
6	71,2	2,42
5	65,2	2,13
4	55,3	1,66
3	42,1	1,02
2	31,5	0,51
1	24,6	0,18
0	20,8	0,00

표 1

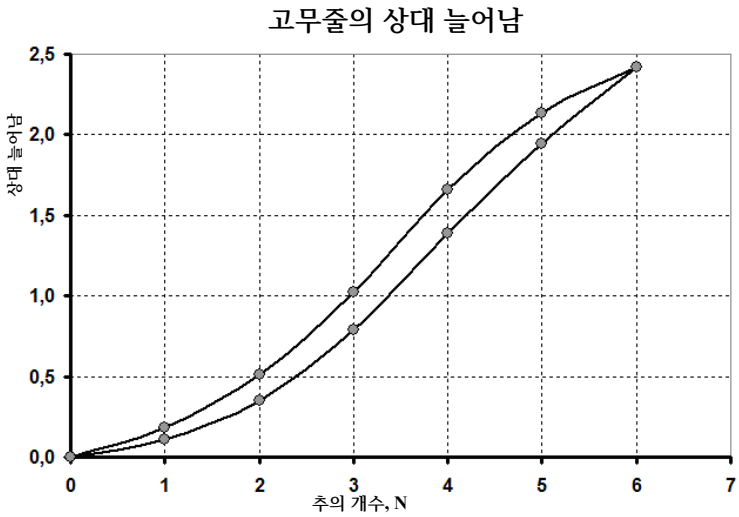


그림 1

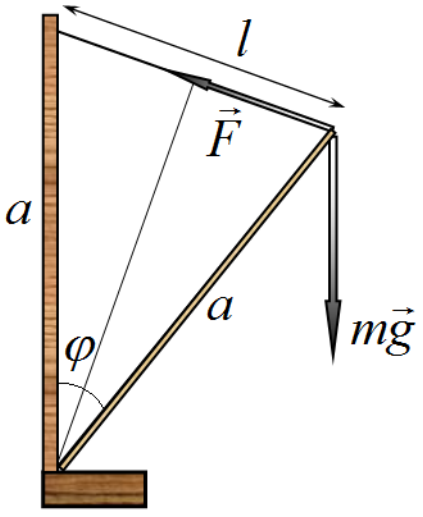
제2부

2.1 평형 조건은 탄성력의 모멘트와 중력의 모멘트가 같다는 데서 나오며, 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$F(l)\,a\cos\frac{\varphi}{2} = mga\sin\varphi,$$

여기서 φ는 연직 방향에서 벗어난 각이다.

$\sin\varphi = 2\sin\frac{\varphi}{2}\cos\frac{\varphi}{2}$와 $2a\sin\frac{\varphi}{2} = l$을 고려하면 조건 (1)을 얻는다.



2.2 이 그래프들을 그릴 때에는 늘이는 힘의 값마다 고무줄의 길이를 다음과 같이 다시 정규화해야 한다.

$l = fracl_0L_0L$. 함수 $f(l) = mgfracla$의 그래프는

원점을 지나는 직선이다. 필요한 그래프를 그림 2에 그렸다.

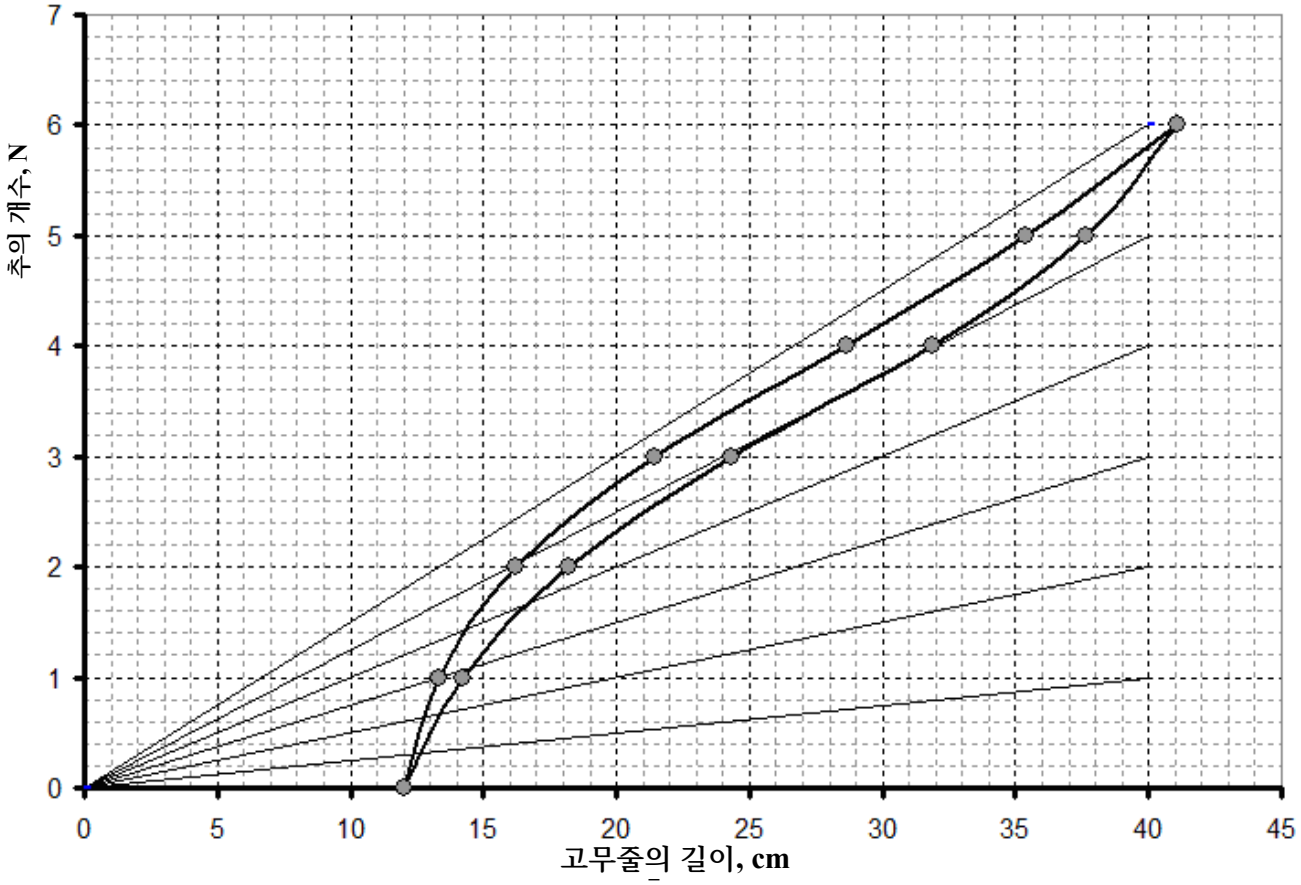


그림 2

평형 위치는 그래프들의 교점에 해당한다.

그림 2를 이용하여 구한 평형 위치와 실험으로 얻은 평형 위치를 표 2에 나타내었다. 그림 3은 이에 해당하는 곡선들을 보여 주며, 상당히 잘 일치한다.

F, N	L, 실험	L, 이론
0	11,6	12,0
1	11,7	12,5
2	12,0	12,7
3	13,1	13,2
4	14,6	14,0
5	18,4	16,5
6	51,0	47,0
5	48,7	40,0
4	18,2	17,0
3	14,6	14,0
2	13,0	13,5
1	11,8	12,5
0	11,6	12,0

표 2

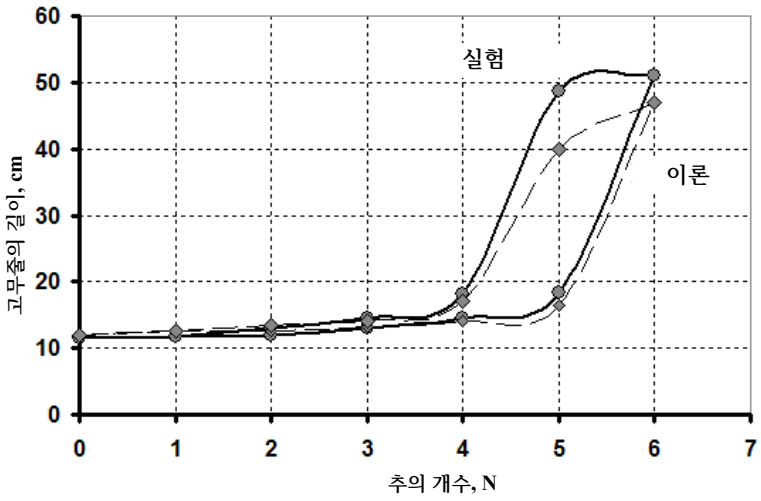


그림 3

제3부. 쌍안정성.

쌍안정성은 다음 직선이 탄성력의 그래프와 세 점에서 만날 때 가능하다: $f(l) = mg\frac{l-\delta}{a}$.

가능한 그래프를 그림 4에 나타내었다. 중간의 평형 위치는 불안정하다는 것에 주의하라!

주어진 장비로는 추가 5개 또는 6개(500 g 또는 600 g)일 때 쌍안정성이 뚜렷하게 관찰된다.

평형 위치는 고무줄의 길이 13–14 cm와 36–44 cm에 해당한다.

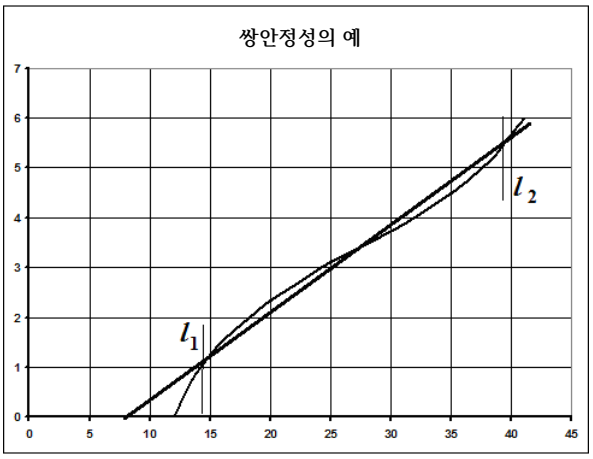


그림 4

채점 기준

	내용	점수
	제1부. 늘이기.	**4,5**
1.1	측정: - 측정함 (12개 점); - 이력 고리를 얻음; - 오차 20% 미만으로 측정함 - 오차 30% 미만으로 측정함	 1 0,5 1,0 (0,5)
1.2	매단 추의 중력에 대한 단위 늘어남의 그래프: - 모든 실험 점에 대하여 단위 늘어남을 계산함; - 그래프를 그림(축의 이름과 눈금을 표시하고, 표에 따라 점을 찍고, 근사 곡선을 그림)	 1 1
	제2부. 평형	**7,5**
2.1	평형 위치의 증명: - 중력의 모멘트; 탄성력의 모멘트; - 기하학적 관계와 삼각함수 변환;	 0,5 0,5
2.2	고무줄 길이의 이론적 계산: - 단위 늘어남으로부터 고무줄의 길이를 계산하는 식; - 탄성력의 모든 값에 대한 계산; - 고무줄의 길이에 대한 탄성력의 그래프(축의 이름과 눈금을 표시하고, 표에 따라 점을 찍고, 근사 곡선을 그림); - 직선 6개를 그림;	 0,5 0,5 0,5 0,5
2.3	- 그래프에서 값을 읽음(12개 점); - 중력에 대한 고무줄 길이의 이론 곡선(축의 이름과 눈금을 표시하고, 표에 따라 점을 찍고, 근사 곡선을 그림);	0,5 0,5

2.4	측정: - 측정함 (10개 점); - 이력 고리를 얻음(추 4개와 5개에서 차이가 남); - 오차 20% 미만으로 측정함; - 오차 *50%* 미만으로 측정함;	 1 0,5 1,0 *(0,5)*
2.5	실험 그래프를 그림: - 표에 따라 점을 찍음; - 근사 곡선을 그림.	 0,5 0,5
	제3부. 쌍안정성	**3**
3.1	쌍안정성의 정성적 설명: - 고무줄의 길이에 대한 중력의 근사 곡선; - 교점이 세 개가 되도록 평행 이동한 직선을 그림; - 안정한 평형 위치를 구함;	 0,5 0,5 0,5
3.2	안정한 평형 위치를 실험으로 찾음: - 추의 무게가 500 g일 때(600 g도 가능); - 평형 위치에서의 고무줄 길이를 위에서 말한 구간 안에서 얻음	 1 0,5