실험 시험

2017년 1월 15일

먼저 이것을 읽으시오:

1. 실험 시험은 한 문제로 이루어져 있다. 이 시험 시간은 3시간이다.

2. 제공된 펜만 사용하시오.
3. 수치 계산에는 프로그래밍할 수 없는 자신의 계산기를 사용할 수 있다. 계산기가 없으면 올림피아드 주최 측에 요청하시오.
4. ***답안용지***(Writing sheet)***와 여분의 종이***가 제공된다. 여분의 종이는 풀이의 초안을 쓰는 데 사용할 수 있지만, 채점하지 않는다. 채점받을 최종 풀이는 ***답안용지***에 써야 한다. 글은 되도록 적게 쓰고, 주로 식, 수치, 그림, 그래프를 사용하시오.

5. ***답안용지***의 앞면만 사용하시오**.** 테두리 안쪽에만 쓰시오.
6. 각 용지 위쪽의 칸에 국가(***Country***), 학생 코드(***Student Code***), 문제 번호(***Question Number***), 각 용지의 일련번호(***Page Number***), 사용한 ***답안용지***의 총 매수(***Total Number of Pages***)를 적으시오. 채점받고 싶지 않은 메모에 빈 ***답안용지***를 사용했다면, 그 용지 전체에 큰 X 표시를 하고 번호를 매길 때 포함하지 마시오.

7. 시험이 끝나면 문제마다 모든 용지를 다음 순서로 정리하시오.
    - 사용한 ***답안용지***(순서대로)
    - 채점받고 싶지 않은 용지
    - 사용하지 않은 용지와 인쇄된 문제지

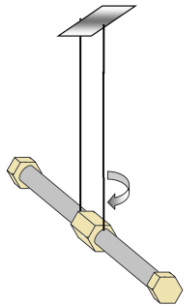
    용지를 봉투에 넣고 모든 것을 책상 위에 두시오. 어떤 종이나 장비도 시험실 밖으로 가져갈 수 없다.

비틀림 진자 (15.0점)

실험 기구 및 장비: 볼트 두 개와 이음 너트, 홀더 두 개 또는 링 홀더가 달린 스탠드, 실, 길이 40 cm인 나무 자 2개, 스톱워치, 100 g짜리 추, 점토.

비틀림 진자는 너트로 단단히 이어 붙인 볼트 두 개를 실 두 가닥에 매단 것이다. 진자가 수평면 안에서 비틀림 진동만 하도록 하시오. 중력 가속도는 $g = 9.81\ \mathrm{m/s^2}$이다.

1부. 작은 자유 진동 (5.0점)



1.1 실의 길이를 10 cm에서 50 cm까지 바꾸면서, 진자의 작은 비틀림 진동의 주기가 실의 길이에 따라 어떻게 달라지는지 측정하여라.
1.2 작은 비틀림 진동의 주기에 대한 이론식을 유도하여라.
1.3 유도한 식이 실험 데이터를 올바르게 설명한다는 것을 그래프로 보여라.

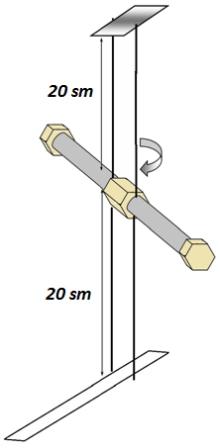
1.4 진자의 회전 반지름을 계산하고 실험 오차를 평가하여라.

힌트: 어떤 축에 대한 강체의 관성 모멘트는 $I = mR^2$의 꼴로 나타낼 수 있다. 여기서 m은 물체의 질량이고, R는 회전 반지름이다.

이후의 모든 부분에서는 오차 분석을 하지 않아도 된다!

.

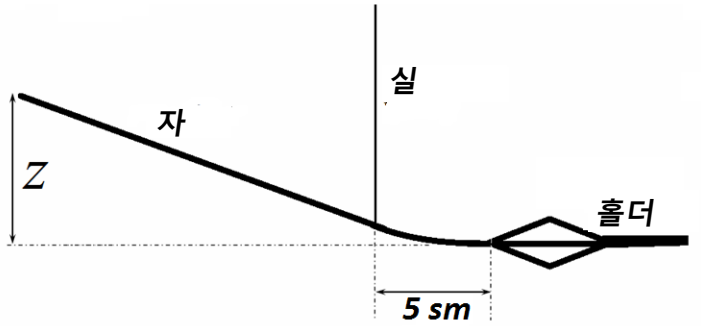
2부. 장력을 더한 작은 진동 (5.0점)



볼트 아래쪽에 실 두 가닥을 더 매어라. 이 실들도 서로 평행해야 하고, 위쪽의 두 실과 같은 거리만큼 떨어져 있어야 한다. 실의 아래 끝은 길이 40 cm인 나무 자에 매어라. 이를 위해 자를 스탠드의 홀더에 단단히 고정한다. 자를 스탠드 받침대 아래에 끼워 놓아도 된다. 실은 홀더에서 4~5 cm 떨어진 곳에서 자에 매어야 한다. 볼트 위쪽과 아래쪽의 실의 길이는 같아야 하며, 약 20 cm여야 한다. 스탠드의 위쪽 홀더를 올리거나 내려서 실의 장력을 바꿀 수 있다. 실의 장력은 아래 그림과 같이 자가 휜 크기 z로 나타낸다.

2.1 실의 장력, 즉 자가 휜 크기 z에 따라 작은 비틀림 진동의 주기가 어떻게 달라지는지 측정하여라.
2.2 진동 주기가 실의 장력에 따라 어떻게 달라지는지 이론적으로 유도하여라.

2.3 유도한 이론적 관계가 확인되도록 실험 데이터를 그래프에 나타내어라.



3부. 큰 각도의 비틀림 (5.0점)

이 부분에서는 진자를 큰 각도로 비틀어야 하며, 그 각도는 반 바퀴 회전수 $N < 20$으로 잰다. 측정은 적당한 크기로 고른 실의 장력에서 해야 하며, 그 장력을 정확히 밝혀야 한다.

3.1 처음 비틀림 각 N_0에 따라 진자가 풀리는 데 걸리는 시간이 어떻게 달라지는지 조사하여라. 얻은 관계를 그래프로 그려라.

3.2 탄성 변형의 퍼텐셜 에너지는 비틀림 각에 대해 근사적으로 다음과 같이 의존한다고 가정할 수 있다.

$$U = CN^{\gamma},$$

여기서 C는 상수이다. 실험 데이터를 바탕으로 지수 γ가 어느 범위에 있는지 판단하여라.

a) $\gamma < 2$; b) $\gamma = 2$; c) $\gamma > 2$.

진자를 처음에 어떤 각도 N_0만큼 비틀어 놓으면, 진자는 실들이 다시 평행해질 때까지 풀리고, 그 뒤 관성 때문에 그보다 작은 어떤 각도 N_1만큼 반대로 다시 비틀린다.

3.3 다시 비틀린 각 N_1이 처음 비틀림 각 N_0에 따라 어떻게 달라지는지 조사하여라. 측정은 실의 장력을 서로 다른 두 크기로 하여 해야 한다(각 장력을 밝혀야 한다). 얻은 관계를 그래프로 그려라. 얻은 관계를 나타내는 간단한 식을 제안하여라. 그 식에 들어 있는 매개변수의 값을 어림하여라.

진자가 비틀림 진동을 하는 동안 실의 장력을 조절하면 에너지를 어느 정도 공급할 수 있다. 진자를 매단 스탠드를 책상 가장자리에 놓아라. 아래쪽에서 실은 홀더에 고정했거나 스탠드 받침대 아래에 끼운 자에 걸쳐 있어야 한다. 자 아래로 늘어진 실에 100 g짜리 추를 매달아라.

3.4 이 경우에 다시 비틀린 각 N_1이 처음 비틀림 각 N_0에 따라 어떻게 달라지는지 조사하여라. 얻은 관계를 그래프로 그려라. 얻은 관계를 나타내는 간단한 식을 제안하여라. 그 식에 들어 있는 매개변수의 값을 어림하여라.

3.5 3.4의 실험을 되풀이하되, 다시 비틀리는 단계에서는 매달린 추를 들어 올리고 풀리는 단계에서는 추를 건드리지 마라. 이 경우에 다시 비틀린 각 N_1이 처음 비틀림 각 N_0에 따라 어떻게 달라지는지 조사하여라. 얻은 관계를 3.4와 같은 그래프에 그려라. 얻은 관계를 나타내는 간단한 식을 제안하여라. 그 식에 들어 있는 매개변수의 값을 어림하여라.