2. 역학 블랙박스: 안에 공이 든 원통

질량 m인 작고 무거운 입자(공)가 질량 M인 긴 속 빈 원통의 꼭대기 아래 거리 z인 곳에 고정되어 있다. 원통의 중심축에 수직으로 구멍이 여러 개 뚫려 있다. 이 구멍들은 회전축용이어서 원통을 연직면 안에서 매달 수 있다.

학생은 필요한 비파괴 측정을 하여 다음의 수치와 그 오차 어림을 구해야 한다.

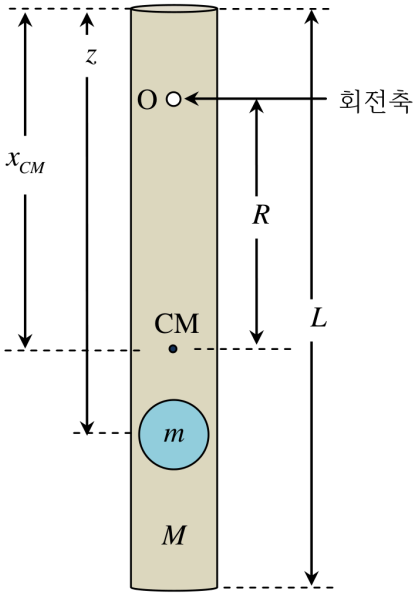
i. 공이 든 원통의 질량 중심 위치.
질량 중심을 재는 실험 장치의 개략도도 그리시오. **[1.0점]**

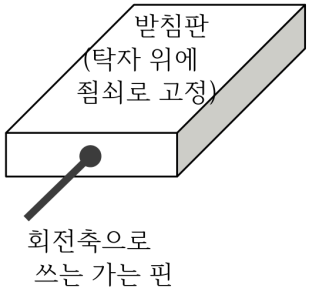
ii. 거리 z **[3.5점]**

iii. 비 $\frac{M}{m}$. **[3.5점]**

iv. 중력 가속도 g. **[2.0점]**

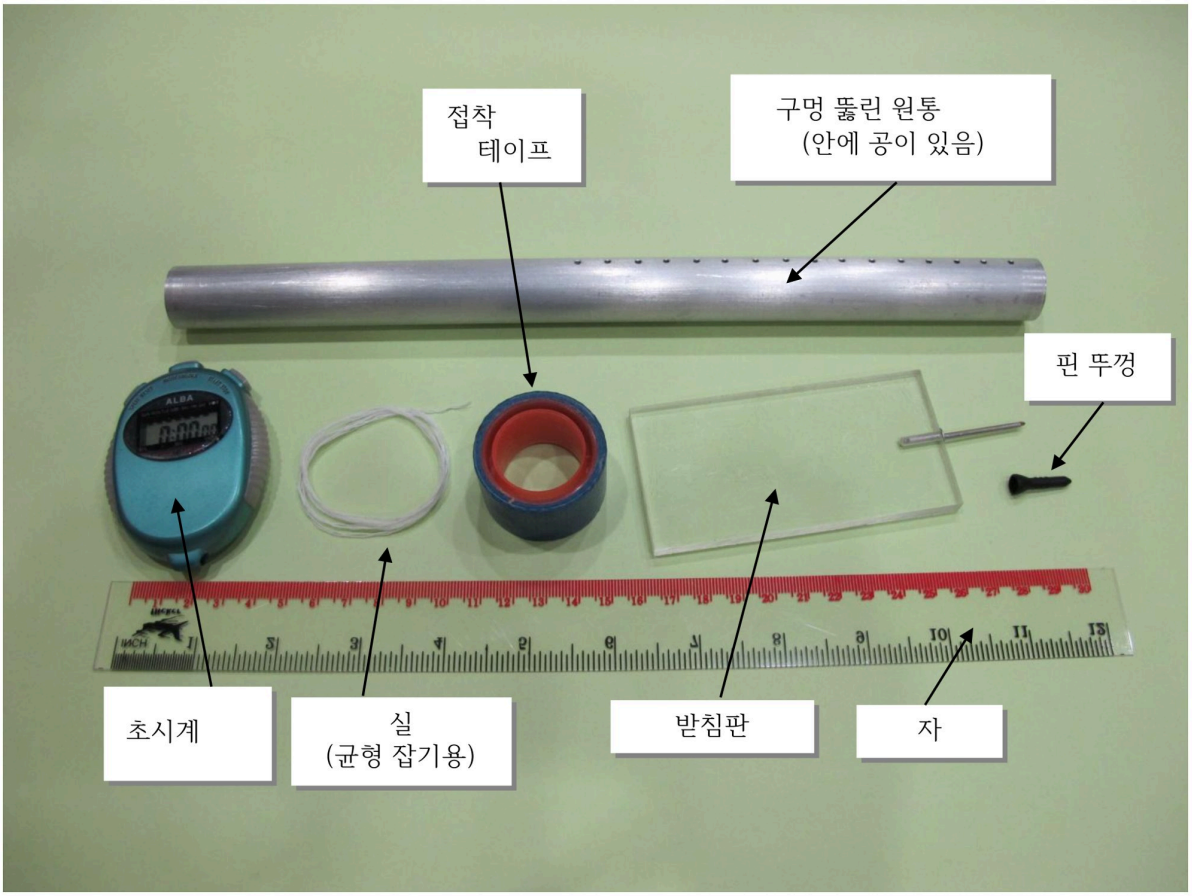
장비: 구멍이 뚫리고 안에 공이 든 원통, 가는 핀이 달린 받침판, 핀 뚜껑, 자, 초시계, 실, 연필, 접착테이프.





x_{CM} 는 원통의 꼭대기에서 질량 중심까지의 거리이다.

R 는 회전점에서 질량 중심까지의 거리이다.



주의: 가는 핀은 날카롭다. 쓰지 않을 때에는 안전을 위해 핀 뚜껑을 씌워 두어야 한다.

쓸모 있는 정보:

1. 이런 물리 진자에서는 $[(M+m)R^2 + I_{CM}]\dfrac{d^2\theta}{dt^2} \approx -g(M+m)R\theta$이다. 여기서 I_{CM}은 질량 중심에 대한 공이 든 원통의 관성 모멘트이고 θ는 각변위이다.
2. 길이 L, 질량 M인 긴 속 빈 원통에서, 원통에 수직인 회전축에 대한 질량 중심의 관성 모멘트는 $\dfrac{1}{3}M\left(\dfrac{L}{2}\right)^2$으로 근사할 수 있다.
3. 평행축 정리: $I = I_{\text{질량 중심}} + \mathfrak{M}x^2$. 여기서 x는 회전점에서 질량 중심까지의 거리이고 $\mathfrak{M}$은 물체의 전체 질량이다.
4. 공은 점질량으로 볼 수 있으며 원통의 중심축 위에 있다.
5. 원통은 고르며 양 끝 마개의 질량은 무시할 수 있다고 가정하시오.