PSL

무료 수업 샘플

단진자

진동 입문 팩

01 단진자
단진자 · 45분

학생용 활동지 | 실험 링크 | 예측 질문 | 데이터 표 | 정답과 해설 | 교사용 지도서

© 2026 PSL · Physics Simulations Lab · pslsimulations.com. 교사 1인용 라이선스입니다. 담당 학생에게 인쇄해 나눠 주거나 비밀번호로 보호된 학급 페이지에 공유할 수 있습니다. 공개 게시하거나 다른 교사에게 배포하지 마세요. 시뮬레이션은 언제든 무료로 이용할 수 있습니다.

한국어 · 한국어 번역판. 기준판은 영어판입니다.

1차시 · 학생용 활동지 · 단진자

시뮬레이션: 단진자 **소요 시간:** 약 45분 **대상:** 중학교 3학년~고등학교 3학년 · 대학 입문

이름 날짜 학급

실험 열기: 또는 PSL에서 '단진자'를 검색하세요.
pslsimulations.com/#/lab/mechanics-lab/pendulum

학습 목표

- 진자의 길이에 따라 주기가 어떻게 달라지는지 측정한다.
- 작은 각도에서 성립하는 식 $T = 2\pi\sqrt{(L/g)}$가 어느 놓는 각도부터 실제 값과 크게 달라지는지 알아본다.

진자의 주기 T는 한 번 완전히 왕복하는 데 걸리는 시간입니다. 진폭이 작을 때는 $T = 2\pi\sqrt{(L/g)}$입니다. L은 진자의 길이이고, 중력 가속도는 $g = 9.81\ m/s^2$입니다. 화면에는 이 '작은 각도에서의 주기'가 표시되지만, 모형은 각도가 커졌을 때의 운동도 계산합니다. 언제부터 표시값이 실제 주기와 크게 달라지는지 찾아봅시다.

사용할 조작 항목: 길이(0.5~3 m) · 놓는 각도(5~150°) · 표시값: 작은 각도에서의 주기

1 · 예측하기

시뮬레이션을 조작하기 전에

P1 진자의 길이를 4배로 늘리면 주기는…

☐ 그대로이다 ☐ 2배가 된다 ☐ 4배가 된다 ☐ 절반이 된다

예측에 얼마나 확신이 있나요? ① ② ③ ④ ⑤ (1 = 추측, 5 = 확신)

P2 놓는 각도가 주기에 영향을 줄까요? 길이가 1.5 m인 진자를 10°와 120°에서 각각 놓았을 때의 주기를 예측해 보세요.

P3 놓는 각도가 대략 몇 도일 때부터 식과 실제 주기의 차이가 5%를 넘을까요?

2 · 실험하기

한 번에 한 가지 조건만 바꿉니다

파트 A · 길이

1. 놓는 각도를 10°로 설정합니다. 재생 속도는 1×로 유지합니다.
2. 각 길이에서 작은 각도의 주기 표시값을 읽습니다. 초시계로 5번 완전히 왕복하는 데 걸린 시간을 재고 5로 나눕니다.

길이 L (m)	표시 주기 T (s)	5번 왕복하는 데 걸린 시간 (s)	측정 주기 T (s)	T^2 (s^2)
0.5				
1.0				
1.5				
2.0				
3.0				

파트 B · 각도

1. 길이를 1.5 m로 설정합니다. 표시값은 2.46 s가 되어야 합니다.
2. 놓는 각도마다 5번의 완전한 왕복에 걸리는 시간을 재어 주기를 구합니다. 다음으로 차이의 백분율을 구합니다: (측정값 − 2.46) ÷ 2.46 × 100.

놓는 각도	5번 왕복하는 데 걸린 시간 (s)	측정 주기 T (s)	2.46 s와의 차이 (%)
10°			
35°			
60°			
90°			
120°			
150°			

3 · 설명하기

실험 데이터를 활용하세요

E1 파트 A의 자료를 이용하세요. 길이가 0.5 m에서 2.0 m로 4배가 되면 주기는 어떻게 변했나요? P1의 예측이 맞았나요?

E2 다음 값을 세로축에, L을 가로축에 놓고 그래프를 그리세요: T^2 . 그래프의 모양을 설명하고 기울기를 구하세요. 다음 식을 이용해 중력 가속도를 구합니다: 기울기 = $4\pi^2/g$.

E3 파트 B에서 측정 주기와 표시값의 차이가 처음으로 5%를 넘은 각도는 몇 도였나요?

E4 이 식은 $\sin\theta \approx \theta$라고 가정합니다. 큰 각도에서 놓은 진자가 식의 예측보다 왕복하는 데 더 오래 걸리는 이유를 설명하세요.

수업 마무리 문제

괘종시계의 진자 길이가 1.0 m입니다. (a) 주기를 계산하세요. (b) 진자의 진폭이 더 커지면 시계는 빨라지나요, 느려지나요? 이유도 적으세요.

1차시 · 교사용 지도서 · 단진자

시뮬레이션: 단진자 **소요 시간:** 약 45분 **필요한 수학:** 대수, 제곱근(그래프는 선택)

실험 링크: pslsimulations.com/#/lab/mechanics-lab/pendulum

개요

학생들은 T ∝ √L을 확인한 뒤, 익숙한 식이 큰 각도에서는 맞지 않는 근사임을 알아냅니다. 시뮬레이션은 다음 비선형 운동 방정식을 그대로 적분합니다: $d^2\theta/dt^2 = -(g/L)\sin\theta$. 따라서 큰 각도에서 잰 주기는 작은 각도의 표시값보다 깁니다. 1× 재생에서는 실제 시간과 같습니다. L = 1.5 m에서 잰 주기는 10°에서 2.47 s, 120°에서 3.37 s였습니다.

수업 전 준비

수업 전에 시뮬레이션을 한 번 엽니다. 학생들은 초시계를 준비합니다(휴대전화도 됩니다). 두 명이 짝을 이루어 한 명이 '초기화'로 진자를 놓고, 다른 한 명이 시간을 잽니다.

흔한 오개념

- '추가 무거우면 더 빠르게 흔들린다.' (식에 질량이 들어 있지 않습니다. 이 모형의 추는 점질량입니다.)
- '길이가 2배가 되면 주기도 2배가 된다.' (주기는 √2 ≈ 1.41배가 됩니다.)
- '진폭은 주기에 영향을 주지 않는다.' (큰 각도에서는 영향을 줍니다. 파트 B에서 확인합니다.)

정답과 해설

P1

2배입니다. T ∝ √L이므로 길이가 4배면 주기는 √4 = 2배입니다.

P2

10°에서는 약 2.46 s로 표시값과 거의 같습니다. 120°에서는 약 3.37 s로 약 37% 깁니다.

P3

타당한 예측은 모두 인정하고 B 부분의 실험 결과와 비교하게 한다.

파트 A

표시값: 0.5 m → 1.42 s, 1.0 m → 2.01 s, 1.5 m → 2.46 s, 2.0 m → 2.84 s, 3.0 m → 3.47 s. 측정값이 약 0.1 s 이내로 일치하면 적절합니다. 다음 값을 계산합니다: T^2 의 값은 2.01, 4.03, 6.04, 8.05, 12.1 s^2.

파트 B

L = 1.5 m에서 예상 측정값: 10° → 2.46 s (+0.2%), 35° → 2.52 s (+2.4%), 60° → 2.64 s (+7.3%), 90° → 2.90 s (+18%), 120° → 3.37 s (+37%), 150° → 4.33 s (+76%).

E1

주기가 2배가 되었습니다(1.42 s → 2.84 s). T ∝ √L이므로 길이를 4배로 하면 주기는 2배가 됩니다.

E2

원점을 지나는 직선입니다. 기울기 ≈ 4.0 s^2/m. $g = 4\pi^2 \div 4.02 \approx 9.8$ m/s^2. 학생의 값이 약 5% 이내면 적절합니다.

E3

측정한 각도 중 차이가 처음으로 5%를 넘은 각도는 60°이다. 차이는 35°에서 2.4%, 60°에서 7.3%이다.

E4

중력의 접선 방향 복원력은 크기가 mg |sin θ|이고 평형점을 향합니다. 각도가 클 때는 |sin θ|가 |θ|보다 훨씬 작습니다(sin 90° = 1이지만 90° = 1.57 rad). 따라서 되돌리는 힘이 작은 각도의 식에서 가정한 값보다 작아 복귀가 늦어지고 주기가 길어집니다.

마무리 문제

(a) $T = 2\pi\sqrt{(1.0/9.81)} \approx 2.01$ s. (b) 느려집니다. 진폭이 크면 주기가 길어져 한 시간에 진자가 왕복하는 횟수가 줄어들고, 시계가 늦어집니다.

확장 활동

이 시뮬레이션에서 g는 고정되어 있습니다: 9.81 m/s^2. 다른 천체에서의 진자 운동을 직접 볼 수는 없습니다. 달에서 길이가 1.5 m인 진자의 주기를 계산하게 합니다(달에서는 g = 1.62 m/s^2). T = 2π√(1.5/1.62) ≈ 6.05 s로, 지구에서보다 약 2.5배 깁니다.

학습 지원과 심화

지원: 다음 열은 값을 미리 채워 줍니다: T^2 . 기울기는 생략합니다. 심화: 파트 B를 다음 근사식과 비교합니다: $T \approx T_0(1 + \theta_0^2/16)$. 각도는 라디안으로 넣습니다: θ_0 . 이 근사가 크게 어긋나는 조건을 찾아봅니다.

PSL

진동 입문 팩 / 진동과 파동 주제 묶음

진동 입문 팩 · 19 USD

- 단진자
- 외력을 받는 용수철의 공명
- 결합 진자와 에너지 전달

진동과 파동 주제 묶음 · 49 USD

- 단진자
- 외력을 받는 용수철의 공명
- 결합 진자와 에너지 전달
- 줄과 관에서의 정상파
- 북의 공명 무늬
- 클라드니 무늬와 대칭

단원 평가와 정답 · 12문항

2주 수업 계획 및 용어 목록