서로 협력하며 문제를 해결하는

물리학 실험 프로젝트

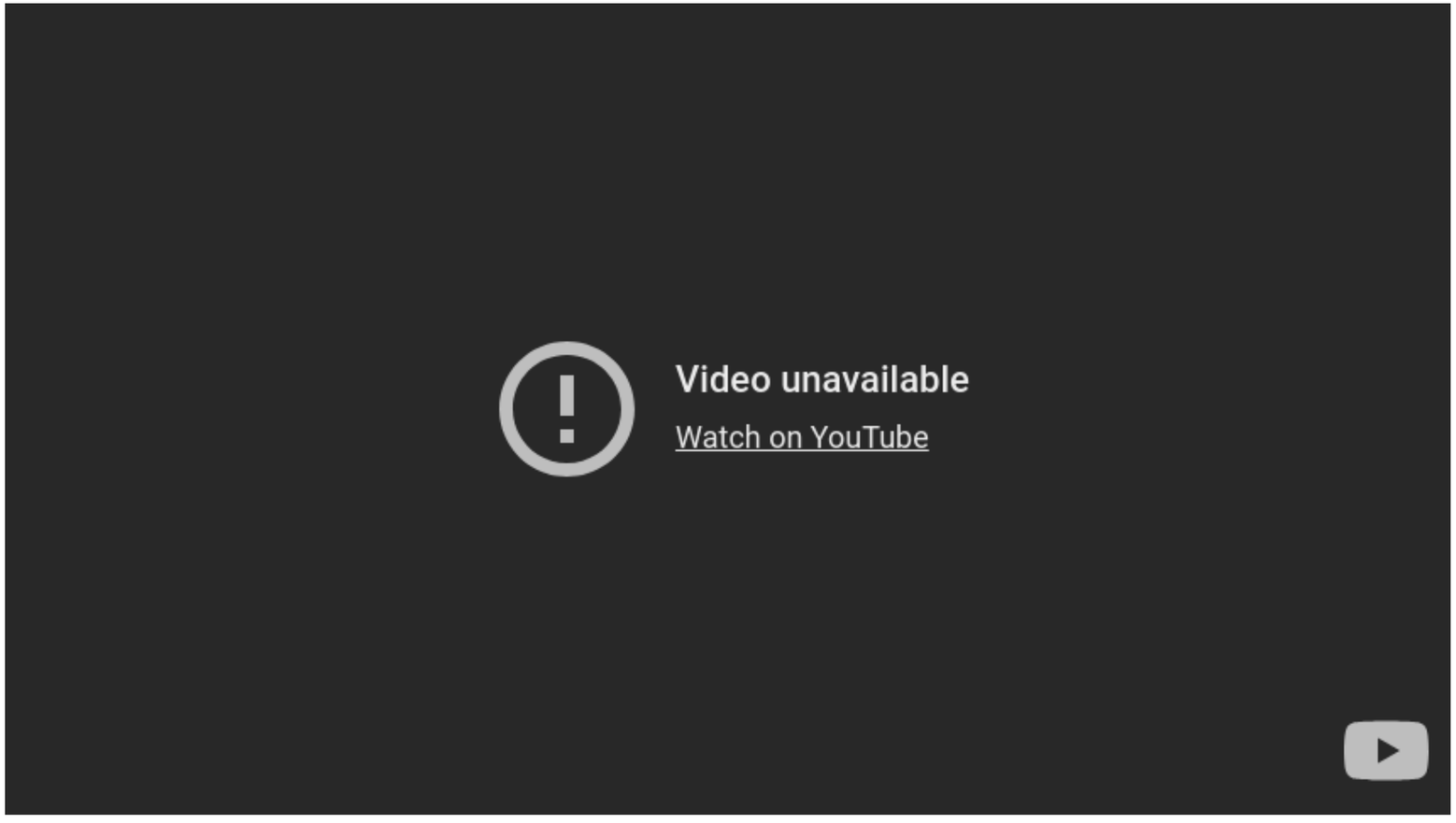
수업 사례 소개

2025.07.26.(토)

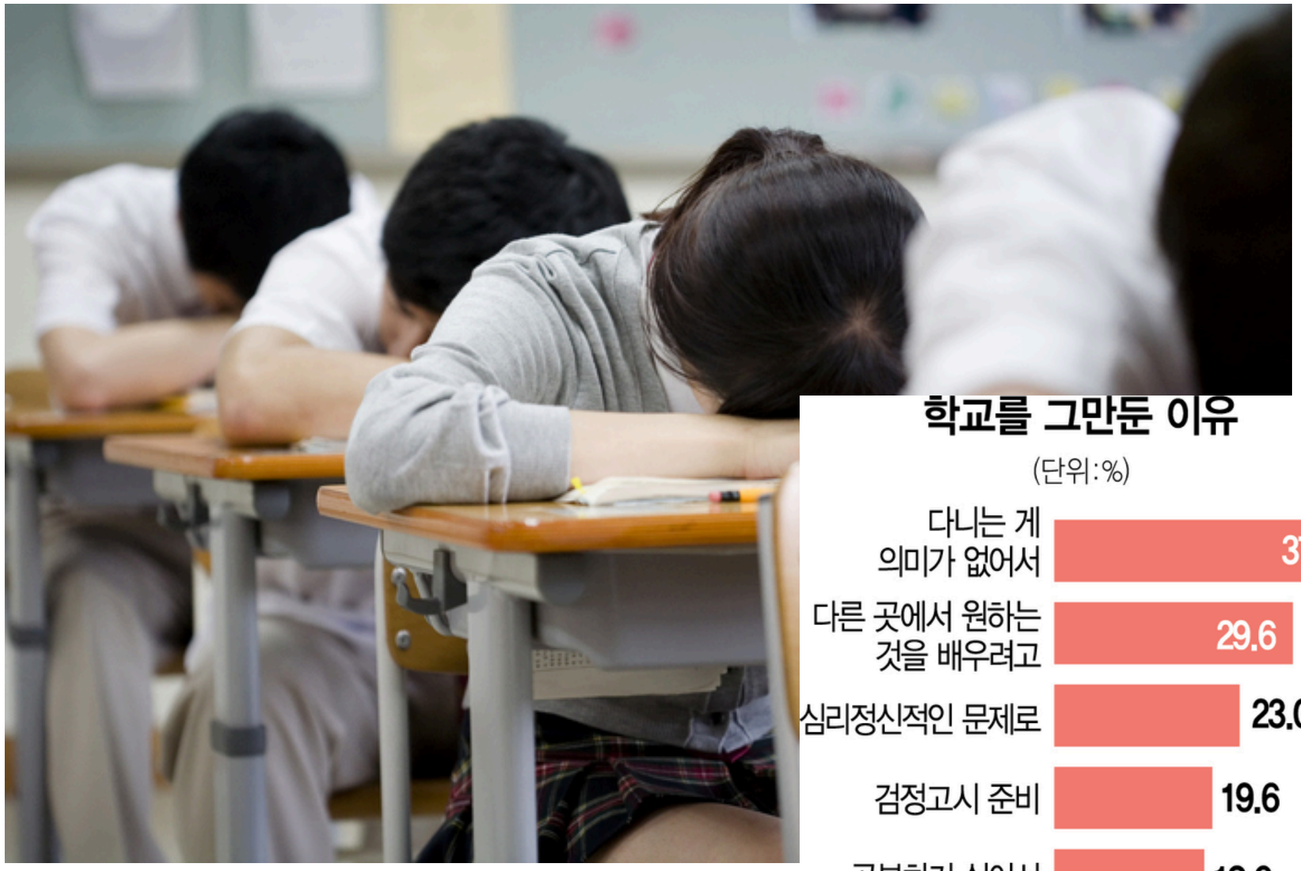
2025 대한민국 과학교육 포럼 – 과학교사큰모임

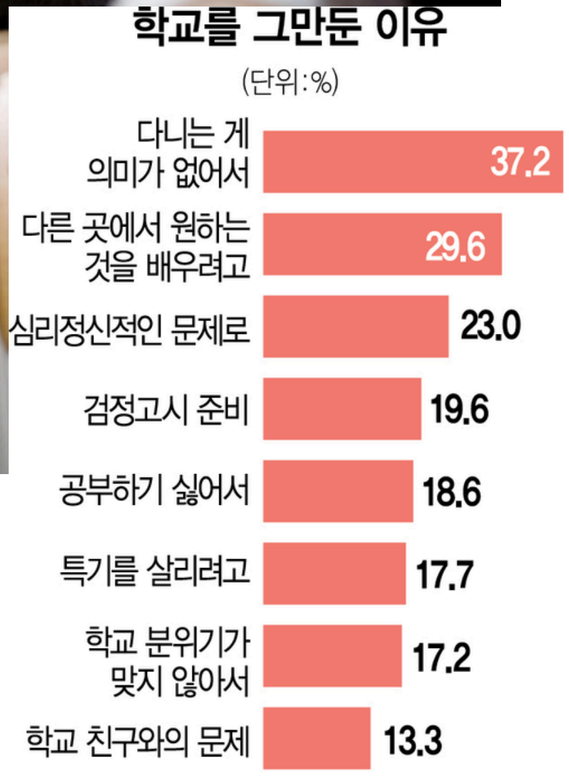
교사 임해성

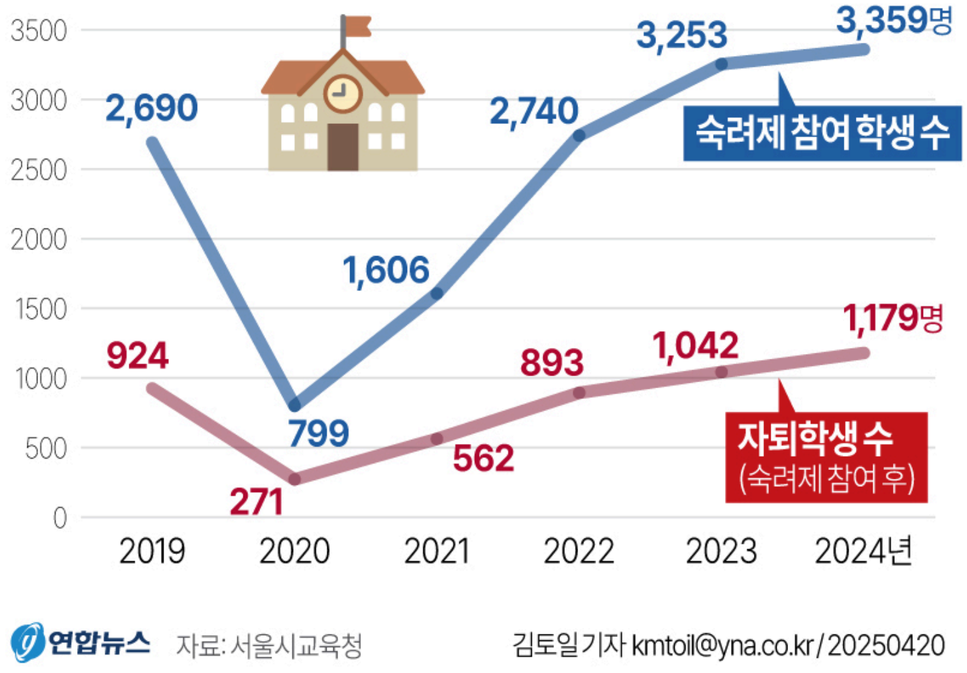
원형민 기자 20240818



과거에 비해 현재는 모두가 더 잘먹고 잘사는데
왜 점점 청년층은 우울하고 무기력해질까?







점점 늘어나는 자퇴 학생들

물론.. 자신의 진로를 위해 자퇴하는 경우도 있지만
실제적으로는 심리적, 친구 관계로 자퇴하는 경우가 많다

EBS DOCS
'의미도, 의욕도 없다. 한두 명도 아니고' 요즘 학교에서 매일 벌어지고 있는 실제 상황 | 잠자는 ...
Share
골라듄다큐
"안 깨웠으면 좋겠다"
오늘도 화 참는 선생님

내 수업의 의미는 어디에 있을까?

협업과제 제시

고립, 외로움에서
벗어나 나도
사회 속에서 능력이
있는 사람이구나라고
느낄 수 있도록!

자신의 역량 찾기

지필평가를 잘보는 것도 하나의 능력일 뿐!
협업을 통한 문제 해결 과정에서 자신의 역량을
인식하고 '내가 잘하는 것은 ~이다.'라고 생각할 수 있도록!

끈기와 성취로 성장하기

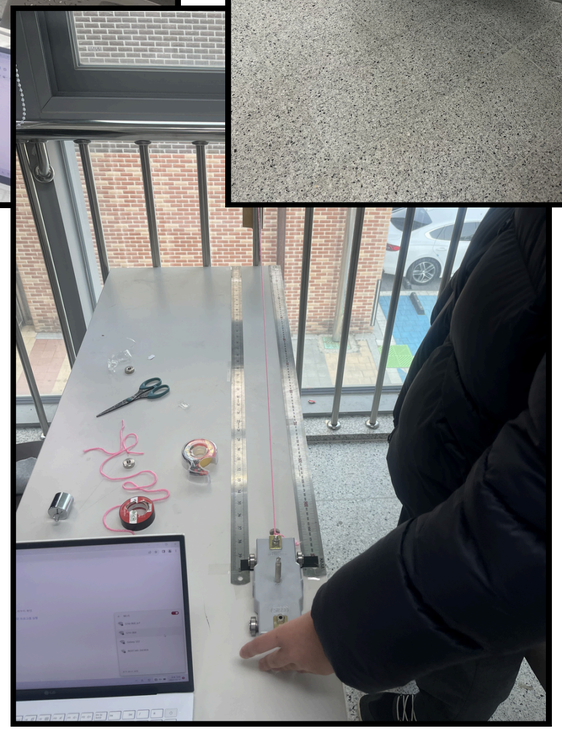
팀원들과 협업하며 문제를 해결해나가는 과정에서
자연스럽게 끈기가 향상되고, 연습을 통해 최종적으로
목표를 성취하게 되면서 자기 효능감을 높일 수 있도록!

3년 째 보완 및 개선하고 있는

물리학 실험 프로젝트

수행평가

를 소개합니다.



뉴턴 2법칙 증명 실험

운동량 보존 법칙 증명 실험

[프로젝트 진행 과정]

1분기 팀 구성하기

팀장, 부팀장을 선정하고
남은 인원은 자유롭게 팀을
구성하는 방식으로
1분기 팀 구성하기

프로젝트 오리엔테이션

프로젝트의 목적 안내
및 수업 및 평가
방법 설명하기

탐구 설계 방법 실습하기

탐구를 설계하는 방법
실습해보기
(가설설정, 변인통제, 실험
설계, 예상되는 결과)

탐구 설계하기

[주제1] 뉴턴 2법칙을 증명할
수 있는 실험을 팀별 토의를
통해 설계하기

탐구 수행하기

팀에서 설계한 내용을 토대로
탐구 수행하기
(실험을 통해 데이터 측정)

표와 그래프로 데이터 변환 실습하기

표와 그래프를 이용해 주어진 데이터를 정리하는
방법 실습해보기 (구글 스프레드시트 이용)

탐구 보고서 작성하기

측정한 데이터를 이용하여
탐구 보고서 작성하기
(결과해석, 결론, 제언)

연습 주제 (팀)

뉴턴 2법칙 증명 실험 (힘, 질량, 가속도)
운동량 보존 법칙 증명 실험 (운동량, 계)

실전 주제 (개인)

역학적 에너지 보존 법칙 증명 실험
(퍼텐셜에너지, 운동에너지)

프로젝트 오리엔테이션

평가 요소별 상, 중, 하 평가

실험프로젝트 OT(1): 수업 및 평가 안내

실험프로젝트는 여러분의 **탐구역량**과 **의사소통역량**, **문제해결역량**을 키우기 위해 앞으로 함께 진행할 계획입니다.
전반적인 방향은 2번의 연습(팀활동)과 1번의 실전(개별활동)으로 진행되며, 실험 주제는 다음과 같습니다.

[주제1] : 뉴턴 2법칙 증명하기
[주제2] : 운동량 보존 법칙 증명하기
[주제3] : 역학적 에너지 보존 법칙 증명하기 (개별)

2번의 연습 동안 직접 실험을 설계하고 진행 및 보고서를 작성합니다.
마지막 한 번은 2번에 걸쳐서 개별 평가가 진행됩니다.

[개별 역량 평가]
1. 탐구 설계 평가 : 주어진 과제를 분석하여 실현 가능한 실험을 설계하고 결과를 예측하기.
2. 탐구 분석 평가 : 실험 데이터 값을 표와 그래프로 정리하고 경향성을 분석하고, 오차의 원인을 찾아 개선방법을 기술하기.

1. 보고서 평가 (논술)
- 탐구 설계 보고서와 실험 분석 보고서, 2개를 가지고 평가 기준표에 따라 평가.

평가 영역	평가 기준	평가기준표		
		우수함 (5점)	보통 (3점)	노력 요함 (1점)
실험 설계	가설 및 변인 통제	실험 가설이 명확하고, 독립, 종속, 통제 변인을 논리적으로 설정함.	가설이 설정되었으나 변인 통제가 일부 미흡함	가설이 모호하고 변인 통제가 부족함.
	논리적 실험 설계	실험 절차가 가설을 검증할 수 있도록 체계적으로 구성됨.	실험 절차가 비교적 논리적이나 일부 모호한 부분이 있음.	실험 절차가 비논리적이고 가설 검증과 연결되지 않음.
보고서 작성	데이터 분석 및 해석	주어진 데이터를 표와 그래프를 활용해 정확히 분석하고, 실험 결과를 논리적으로 해석함.	데이터를 분석하였으나 일부 논리적 오류가 있으며 해석이 부족함.	데이터 분석이 부정확하고 해석이 미흡함.
	가설 검증	자료를 해석하여 변인 간의 관계를 기술하고, 가설을 논리적으로 검증함.	가설을 검증하는 과정에서 자료 해석과의 논리성이 부족함.	자료 해석과 가설 검증 사이의 논리적 해석 과정이 나타나지 않음.
	개선사항 제안	실험 과정에서 발견한 문제점을 분석하고 구체적인 개선안을 제시함.	문제점을 일부 분석하였으나 개선 방안이 구체적이지 않음.	문제 분석이 부족하며 개선 사항을 제시하지 않음.

2. 실험 역량 평가
- 팀 활동에서 참여한 모습을 참고한 교사 및 동료 평가를 바탕으로 의사소통 역량을 평가.

평가 영역	평가 기준	평가기준표		
		우수함 (5점)	보통 (3점)	노력 요함 (1점)
학생 역량	협업 및 문제해결	팀원과 원활히 소통하며 문제를 해결하고 협업함.	팀원과 소통하였으나 일부 의견 조율이 부족함.	소통이 원활하지 않으며 협업이 미흡함.

프로젝트 오리엔테이션

1. 변인이란 무엇인가?

실험은 변인으로 시작하여 변인으로 끝이난다. 변인이란 무엇일까? 변인은 성질이나 모습이 변화하는 원인이라는 뜻이다. 즉, 실험 프로젝트에서 우리는 실험 대상에 대해서 영향을 줄 수 있는 요인을 찾아 의도적으로 변화시킨 후 그 결과의 변화를 알아볼 것이다.

변인은 두가지 가 있다. 하나는 결과에 영향을 주는 변인이다. 이것을 **'독립 변인'**이라고 한다. 또 하나는 독립 변인에 의해 변하는 결과에 대한 변인이다. 이것을 **'종속 변인'**이라고 한다.

독립변인	실험에서 결과에 영향을 주는 모든 요인을 말한다.
	조작변인
	연구자가 실험에서 변화시키는 오로지 하나의 변인이다. - 실험에서 값을 변화시키는 변인이다. - 실험 결과에 영향을 미치는 변인이다. - 독립변인 중에서 오직 **하나만 선택**한 변인이다. - 실험자가 **의도적으로 변화**시키는 변인이다.
	통제변인
	연구자가 실험 조건을 똑같은 상태로 일정하게 유지시키는 것이다. 독립변인 중에서 조작 변인을 제외한 모든 독립 변인을 말한다. - 독립변인 중에서 **조작변인을 제외한** 실험에 영향을 주는 변인이다. - 실험하는 동안 값을 변화시키지 않고 **일정하게 유지**하는 변인이다. - 통제 변인을 일정하게 해야 **정확한 실험 결과**를 얻을 수 있다.

2. 실험 결과를 해석하기 위해서 데이터는 어떻게 처리하는가?

실험 결과 분석에서 가장 중요한 것은 데이터를 분류하고 분석하는 능력이다. 동일한 실험 결과를 얻더라도 데이터를 처리하는 방법에 다라 다른 결론을 내릴 수 있다.

1) 데이터에 따라 표를 만드는 방법

실험 결과의 데이터를 표로 만든다는 것은 실험에서 얻은 데이터를 올바르게 분류한다는 것이기 때문에 표를 제대로 만드는 것이 매우 중요하다.

일반적으로 **가로축에는 조작변인**을 나타내고, **세로축에는 종속변인**을 나타낸다.
예시를 들어보자. 다음은 "굴 패각을 섞은 스티로폼의 단열성 실험"에서 일반 스티로폼과 굴패각을 섞은 비율에 따른 스티로폼의 단열성을 확인하는 실험 결과이다. 조작변인은 스티로폼의 종류가 되며, 종속변인은 온도의 변화가 된다.

	일반 스티로폼	1:10 굴패각	1:7 굴패각	1:5 굴패각	1:3 굴패각	1:1 굴패각
처음온도(℃)	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0
나중온도(℃)	72.4	72.1	72.5	71.7	71.7	71.1
변화온도(℃)	16.6	16.9	16.5	17.3	17.3	17.9
실내온도(℃)	20.0	21.1	19.4	20.0	18.2	16.7

오리엔테이션에서 제공한
탐구 계획 및 보고서 작성 방법 안내 자료(구글 문서)

탐구 설계 방법 실습하기

팀별로 실습 과제를 제공하여, 협업하여 문제를 해결할 수 있도록 지도하기 (첫 협업 연습)

1. 문제 상황

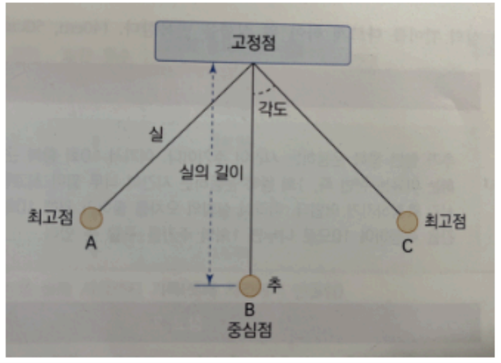
놀이공원에 가면 반드시 타봐야 할 놀이기구 중에 바이킹이 있다. 바이킹을 타면 어디에 타느냐와 바이킹이 어느 지점을 통과하느냐에 따라 속력이 달라지는 긴장감을 즐기게 된다. 어떻게 하면 바이킹이 왔다갔다하는 시간(주기)이 빨라지거나 느려지게 될까? 여기에서 바이킹의 운동시간을 알아보기 위해 추를 이용하여 추가 왕복운동하는 시간에 영향을 주는 실험을 하고자 한다.

2. 추의 주기와 실의 길이

가. 주기

추(진자)가 한 번 왕복운동하는 데 걸리는 시간을 말한다. 아래 그림에서 최고점 A에서부터 중심점 B를 지나 다음 최고점 C까지 이동 후 다시 A점으로 돌아오는데 걸리는 시간이다. 즉, 추가 A → B → C → B → A의 경로를 이동하는 시간을 말한다.

나. 실의 길이



실의 고정점에서 추의 중심까지의 길이를 말한다.

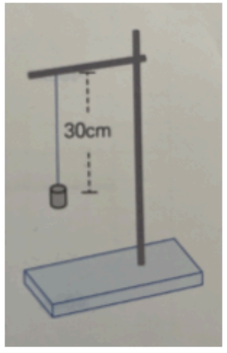
3. 변인 분석을 위한 실험

가. 준비물

스탠드, 초시계, 각도기, 실(30cm, 40cm, 50cm), 추(500g, 100g, 50g) 등, 30cm 자

나. 실험과정

1) 튼튼한 실을 스탠드 고리에 연결하여 30cm가 되도록 고정한다.
2) 추를 그림과 같이 실에 연결한다. 추의 질량은 일정하게 한다. (500g, 100g, 50g에서 선택)
3) 중심점에서 최고점 사이의 각도가 45°가 되도록 한다.
4) 추의 운동을 시작하여 10회 왕복하는 데 걸리는 시간을 측정하여 표에 기록한다.
5) 4)의 값을 10으로 나누어 주기를 구한다.
6) 실의 길이를 다르게하여 위 실험을 반복한다. (40cm, 50cm)



탐구 설계 방법 실습하기

실의 길이			
10회 왕복 운동시간(초)			
주기(초)			

실의 길이	실험 1	10회 왕복 시간	평균	주기(초)	
30cm					
40cm					
50cm					

실험 데이터를 어떻게 정리할지
생각해볼 수 있도록 지도하기

실의 길이 (cm)	실험 횟수(번)	10회 왕복운동시간(초)			주기(초)			평균 주기(초) (1,2,3차 주기 합 / 3)
		1차	2차	3차	1차	2차	3차	
30	3							
40	3							
50	3							

탐구 설계하기

뉴턴 2법칙 개념을 배운 후, 물체의 가속도가 질량, 힘과 어떤 관계가 있는지 알아볼 수 있는 실험 설계하기

[실험프로젝트(1)] 탐구 계획서 작성하기 - 뉴턴 2법칙 증명 실험

팀장: ( )
팀원: ( ), ( ), ( ), ( )

1. 관찰 및 문제인식

물체에 힘을 가하면 속도가 변한다. 즉, 가속도가 생긴다. 힘을 변화시키면 어떻게 될까? 질량을 변화시키면 어떻게 될까? 뉴턴 2법칙에 따르면, 가속도는 물체에 작용하는 알짜힘의 크기에 비례하고 관성의 척도인 질량에 반비례한다. 실험을 통해 뉴턴 2법칙(F=ma)가 만족하는지 이해해보자.

2. 가설 설정

- 가설은 '~할 것이다'와 같이 예측하는 글의 형태로 적어주세요. 조작변인과 종속변인간의 관계를 통해 예측하는 방식으로 적어보세요.

3. 탐구 계획

1) 실험 준비물

2) 변인 통제

- 가설을 검증할 수 있도록 변인 통제 방법을 고안해주세요.

(1) 실험 주제: ( )

독립변인			종속변인
통제 변인	통제 수준	조작 변인	

3) 실험 과정

(1)
(2)
(3)
(4)
(5)
(6)
(7)

4. 예측되는 실험 결과 (자유 논술)

구글 문서로 작성 양식을 제공하여 팀별 토의를 통해 실험 설계할 수 있도록 지도하기

탐구 설계하기 – 학생 보고서

2. 가설 설정

- 가설은 '~할 것이다'와 같이 예측하는 글의 형태로 적어주세요. 조작변인과 종속변인간의 관계를 통해 예측하는 방식으로 적어보세요.

물체의 질량이 증가하면, 물체의 가속도는 감소할 것이다.

3. 탐구 계획

1) 실험 준비물

- 역학 수레 1개(500g), 추(250g) 2개, 추(100g) 1개, 1m 자, 실(1.2m), 스마트폰, 책상(높이 1.4m)

2) 변인 통제

- 가설을 검증할 수 있도록 변인 통제 방법을 고안해주세요.

(1) 실험 주제: (물체의 질량의 변화에 따른 가속도의 변화)

독립변인			종속변인
통제 변인	통제 수준	조작 변인	
실의 길이, 실에 묶은 추의 질량, 수레에 작용하는 힘의 크기	실의 길이 1.2m, 실에 묶은 추의 질량 100g, 힘의 크기(실에 묶은 추의 질량*중력 가속도 상수)	역학 수레와 수레에 올린 추의 질량의 합	역학 수레의 가속도

해성샘
오후 9:58 3월 24일

증가하면보다는 증가할수록이 좀더 적절한 표현이라고 생각해
~

3) 실험 과정

(1) 질량이 500g인 역학 수레 1개와, 250g의 질량을 가진 추 2개와, 100g의 질량을 가진 추 1개, 1m 자, 1.2m 길이의 실, 스마트폰을 준비한다.
(2) 역학 수레에 준비한 실을 묶고, 수레의 묶은 실의 반대편에 100g의 질량을 가진 추를 묶는다.
(3) 높이 1.4m 가량의 책상을 준비한 뒤, 책상 위에 1m 자를 직선으로 배치한다.

(4) 자의 기준점(0cm)가 되는 점을 기준으로, 자와 평행한 방향을 향하도록 500g의 질량을 가진 수레를 고정시킨다.
(5) 실을 자에 평행하도록 두고, 실에 묶은 추가 책상 밑으로 가게 한다.
(6) 수레의 고정을 풀고, 수레가 이동하는 모습을 스마트폰 카메라 영상으로 촬영한다.
(7) 촬영한 영상을 0.1초 간격으로 끊어서, 영상에 촬영된 자를 관찰해 0.1초 간 수레가 이동한 이동 거리를 구한다.
(8) 이동 거리를 이용해 각 간격의 평균 속력을 구하고, 각 간격의 평균 속력을 이용해, 평균 가속도를 구한다.
(9) (4)~(8) 과정을 500g의 질량을 가진 역학 수레에 질량 250g의 추를 1개 올려놓은 후에 1번, 2번 올려놓은 후에 1번, 총 2번 더 반복한다. (따라서 추의 질량을 합쳐서 총 질량 500g, 750g, 1000g 의 역학 수레를 이용해 총 3번 실험을 진행하는 것이라 볼 수 있다.)
(10) 각 질량에 따른 평균 가속도를 정리한 뒤, 가설과 일치하는지 확인한다.

4. 예측되는 실험 결과 (자유 논술)

해당 실험은 질량의 변화에 따라 물체의 가속도가 어떻게 변화하는지 측정하기 위한 것이다. 따라서, 우리 모둠은 역학 수레에 실과 추를 묶고, 그 추를 바닥으로 떨어뜨려, 지속적으로 중력에 의해 일정한 힘이 수레에 가해지도록 하였다.(실험 과정 4 참고) 따라서 이 수레에 가해지는 힘을 일정하게 통제할 수 있기 때문에 통제 변인으로 둘 수 있으며, 조작 변인인 질량만 수레에 추를 올림으로 조절하여, 해당 수레의 가속도에 어떤 영향을 미치는 지 실험을 통해 확인할 수 있을 것이라 예상한다. 우리 모둠은 가설에 작성된 바와 같이, 수레의 총 질량, 즉 수레와 그에 올린 추의 질량의 합이 커질수록, 수레의 가속도가 작아질 것이라고 예측하였다. 왜냐하면, 뉴턴의 운동 제2법칙(F = ma)에 따르면, 물체에 가해지는 힘(F)이 일정할 때, 가속도(a)는 질량(m)에 반비례한다. 즉, 이 실험에서 수레에 가해지는 힘은 일정하게 유지되므로, 수레의 총 질량이 증가하면 분모(m)가 커지면서 가속도(a)는 감소할 것이다. 따라서, 우리 모둠은 수레와 그 위에 놓인 추의 질량이 증가할수록 수레의 가속도가 작아질 것이라고 예측하였다.

해성샘
오후 9:59 3월 24일

와.... 흠이 없다....
정말 잘했어!!

해성샘
오후 10:00 3월 24일

그래도 굳이 피드백을 하자면 동일한 질량일 때 실험을 2~3번 반복하게 된다면 실험 결과의 신뢰도가 더 높아질 수 있겠지!

해성샘
오후 10:01 3월 24일

그리고 나중에 가속도를 계산할 때 편하려면, 질량은 kg의 단위로 / 길이는 m 단위로 미리 정리해놓으면 나중에 더 계산이 수월할거야!

2. 가설 설정

동일 빗변 상에서 수레의 질량이 증가하면, 힘의 크기도 증가할 것이다.

3. 탐구 계획

1) 실험 준비물

- 역학수레(500g) 1개, 자1개, 빗면(책상) 1개, 카메라 1개, 용수철 저울, 250g 추 4개,20cm 실

2) 변인 통제

(1) 실험 주제: 동일 빗변상에서의 역학 수레의 질량에 따른 힘의 크기 변화

독립변인			종속변인
통제 변인	통제 수준	조작 변인	
빗면의 각도,수레의 종류,빗면의 종류	약 21.2°	역학 수레의 질량(0.5kg, 0.75kg, 1kg)	힘의 크기

3) 실험 과정

(1) 사전에 준비한 빗면의 각도를 21.2도로 조정한다.
(2) 빗면의 최상단 지점의 측면에 자를 고정한다.
(3) 질량이 각각 0.5kg,0.75kg,1kg인 수레(수레는 동일하나 추의 개수를 바꾸어가며 진행)를 빗면의 0cm(자 기준)지점에 놓고 1초간 이동한 거리를 측정한다. 이 때 운동과정을 빗면의 측면에서 카메라로 촬영한다.
(4) (3)에서 촬영된 영상들을 0.3초 시점부터 0.1초 단위로 나누어 각각의 시간 사이동안 이동한 거리를 측정하고 이 거리를 0.1s로 나누어 평균 속도를 구한다.
(5) (4)의 과정을 통해 구한 0.1초 간격의 평균 속도의 변화량(0.1초마다 평균속도의 변화량 활용)을 구해 가속도를 구한다.
(6) 질량이 각각 0.5kg,0.75kg,1kg인 수레(수레는 동일하나 추의 개수를 바꾸어가며 진행)와 용수철 저울과 연결한다.
(7) 수레를 빗면위에 위치시키고 용수철 저울을 통해 수레의 ∑F을 측정한다.(0.5kg,0.75kg,1kg) 수레 모두 동일하게 진행)

4. 예측되는 실험 결과 (자유 논술)

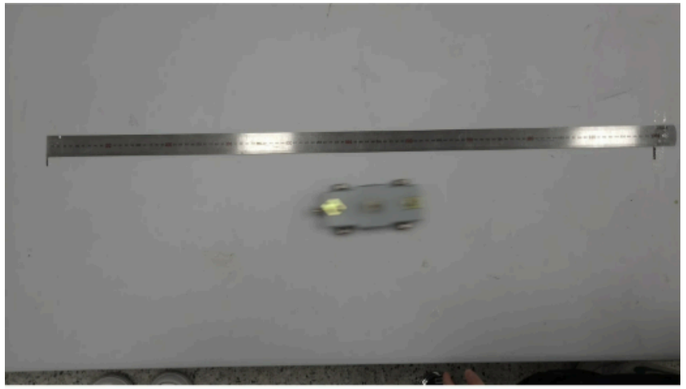
수레의 질량이 증가하면 힘의 크기도 비례하여 증가할 것이다. 모든 수레의 빗면상에서 작용하는 힘은 mg sin21.2°(m은 각각의 수레의 질량)이므로 가속도의 크기는 gsin21.2°(중력가속도가 10m/s²일 때 약 3.58)으로 모두 같을 것이다. 이에 따라 F=ma공식에서 a가 같다고 둘 수 있다. 이에 따라 F∝m이 성립하여야 한다. 이 때 수레에 작용하는 힘의 크기는 mg sin21.2°일 것이므로, 각각의 질량에 비례할 것이다. 이에 따라 F∝m은 성립할 것이다.

마찰력을 0이라 가정하고 `빗면에서 미끄러져 내려가는 힘 = mg sinθ`을 이용해 예측하였다.(경사면의 각은 약21.2° 이므로 θ=21.2°라하면 sinθ=0.358이고, 중력가속도는 10m/s²으로 계산한다.)

질량(kg)\힘의 크기(N)	빗면에서 미끄러져 내려가는 힘	
	공식(m×g×sinθ)	힘의 크기(N)
0.5	0.5×10×0.358	1.79
0.75	0.75×10×0.358	2.685
1.0	1×10×0.358	3.58

같은 주제여도 다양한 실험 설계가 가능하다!

탐구 수행하기



탐구 수행 일지를 제공하여
탐구 과정을 사진찍고, 실험 데이터를
적을 수 있도록 지도하기

[실험프로젝트(1)] 탐구 일지 - 뉴턴 2법칙 증명 실험

[실험 탐구 일지] : 실험제목 - ( )

계획한대로 실험을 진행하는 과정에서 **실험 결과값을 기록**하고, **실험 과정에서 문제나 오차가 발생한 경우 이유**에 관해 자신의 생각을 자유롭게 적어주세요. 또한, **탐구 과정을 찍은 사진을 올려서** 보고서 작성에 활용하세요!
(실험 과정에서 문제점에 관한 해결방안이 있다면, 떠오르는 생각을 자유롭게 적는 것이 좋아요 - 추후 보고서에 활용)

1)역학수레(500g)

시간(초)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
거리1(m)	0	0.03	0.06	0.12	0.16	0.23	0.31	0.45	0.52	0.65	0.83
거리2(m)	0	0.02	0.04	0.07	0.15	0.24	0.31	0.46	0.57	0.66	0.84
거리3(m)	0	0.03	0.05	0.11	0.18	0.25	0.32	0.47	0.55	0.64	0.83
거리 평균	0.00	0.03	0.05	0.10	0.16	0.24	0.31	0.46	0.55	0.65	0.83
속도 평균	0.00	0.27	0.25	0.33	0.41	0.48	0.52	0.66	0.68	0.72	0.83

2)역학수레(750g)

시간(s)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
거리1(m)	0	0.01	0.04	0.08	0.16	0.21	0.33	0.39	0.51	0.68	0.78
거리2(m)	0	0.05	0.1	0.15	0.25	0.31	0.44	0.6	0.7	0.9	1
거리3(m)	0	0.02	0.05	0.09	0.17	0.25	0.38	0.49	0.58	0.7	0.84
거리평균	0	0.03	0.06	0.11	0.19	0.26	0.38	0.49	0.6	0.76	0.87
속도평균	0	0.3	0.3	0.37	0.48	0.52	0.63	0.7	0.75	0.84	0.87

표와 그래프로 데이터 변환 실습하기

2. 꺾은선 그래프로 표 데이터 변환하기

- 연속적인 값이고 실험의 경향성을 파악할 때는 '꺾은선그래프'로 나타낸다.

시간(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
거리(m)	4.9	19.6	44.1	78.4	122.5	176.4	240.1	313.6	396.9	490

[TIP]
1) [설정] : 선 차트
- X축과 계열(Y축)을 설정 가능
- 라벨을 텍스트로 처리를 누르면 측정 데이터의 x축 값을 명확하게 볼 수 있음.

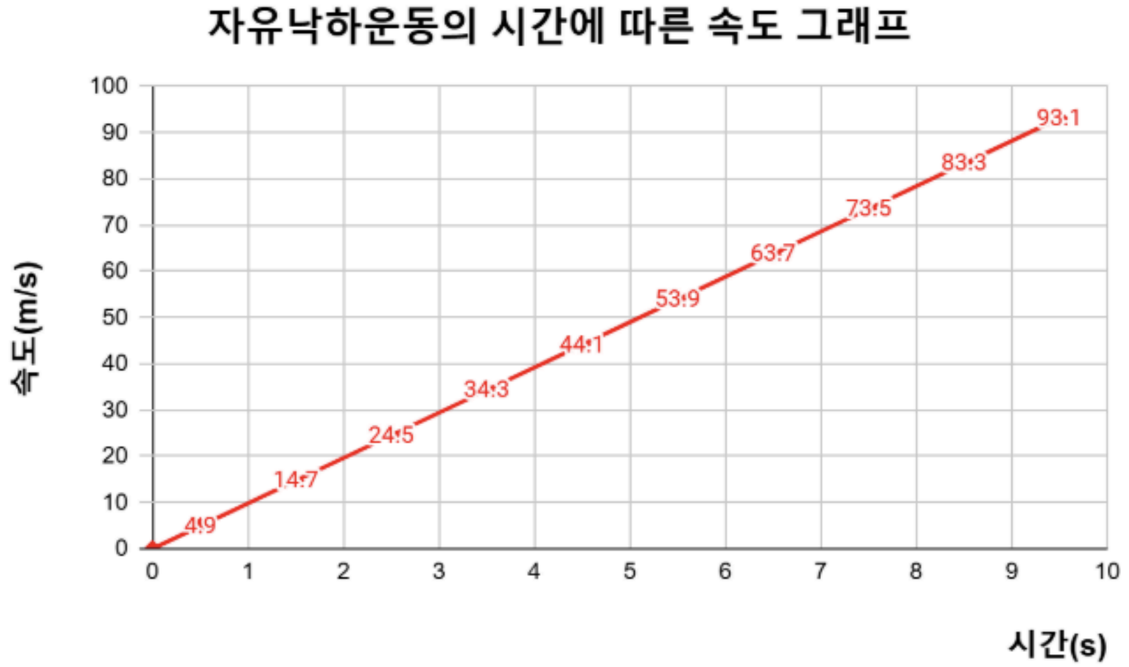
2) [차트 스타일] : 배경과 테두리 색상 및 글꼴을 변경할 수 있다.

3) [차트 및 축 제목] : 차트의 제목을 변경할 수 있다.
- 가로축과 세로축의 명칭 변경 가능. (단위 포함)

4) [계열] :
- 선색상 : 그래프의 선 색상을 변경 가능.
- 점크기 : 표의 데이터 값이 나타난 점을 표시 가능. (보통 2px)
- 추세선 : 경향성에 따라 선형(일차함수), 다항함수(이차함수 이상), 지수함수 등으로 추세선을 그릴 수 있음. (등식을 이용해 추세선의 그래프값을 표기 가능)

1) 시간에 따른 속도값을 표로 정리하고 그래프로 표현해보면? (그래프 연동하기)

시간(s)	0	3	4	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5
속도(m/s)	0	4.9	14.7	24.5	34.3	44.1	53.9	63.7	73.5	83.3	93.1



2) 20초일 때의 속도를 예측해보면? (추세식 활용)

= 196m/s

탐구 보고서 작성하기

[실험프로젝트(2)] 탐구 보고서 작성하기 - 운동량 보존 법칙 증명 실험 [우수 보고서]

팀장: (김재경)
팀원: (손시우), (이호재), (선우지민)

11. 가설 설정

계의 총질량이 다르더라도 충돌 전과 후의 계의 운동량의 총합은 보존될 것이다.

2. 변인 통제

독립변인				종속변인
통제 변인	통제 수준	조작 변인	조작 수준	
역학 수레의 질량 발사 조건 (시간, 속도) 실험 환경 트랙의 수평 상태(기울기) 마찰면의 상태 스프링(발사장치) 압축 거리(정도)	역학 수레의 질량(0.5kg) 발사 전 초기 속도: 0m/s	역학 수레에 올리는 추의 질량	두 수레 위에 올려진 추의 개수(각각 0개, 1개, 2개)	계의 운동량

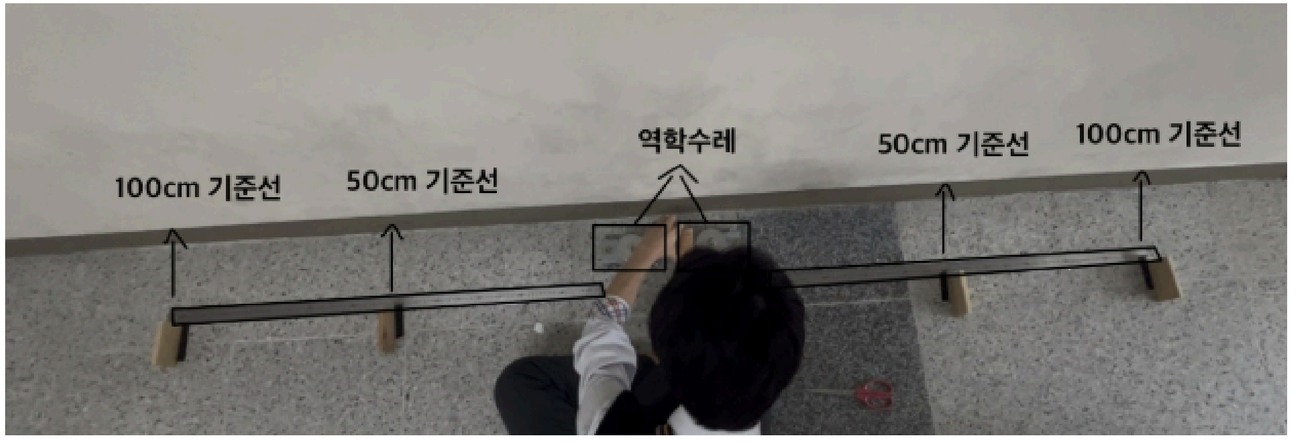
3. 실험 준비물

-역학수레(1kg) 2개, 추(0.25kg) 4개, 1m 자 2개, 타이머, 스마트폰 카메라, 테이프, 마스킹테이프

4. 실험 과정

1) 실험[1]: (역학수레의 질량이 변할 때의 운동량 보존 여부 검증)

(1) 1kg 역학 수레 2개와 0.25kg 추 4개, (스마트폰) 타이머 2개, 1m 자 2개, 촬영용 스마트폰을 준비한다.
(2) 평평한 바닥에서, 자 2개를 벽과 평행하게 배치하고 테이프로 고정한다. (이때, 자 2개 사이에 역학 수레 2개의 길이의 여유를 두어야 한다.)
(3) 자의 1m부분과 0.5m 부분에 마스킹테이프로 눈금을 표시한다.
(4) 두 개의 역학 수레의 앞부분을 두 자의 눈금 0에 맞추어 배치한다.
(5) 각각의 역학 수레 발사 장치를 최대한 압축시킨 후, 출발 기준 지점에서 두 수레의 발사 장치를 맞댄다.
(6) 두 수레의 발사 버튼을 나무 도막을 이용하여 동시에 타격하여(한 버튼만 타격하면, 타격된 수레가 손가락과의 마찰로 인해 결과에 오차가 컸음을 고려한다.) 역학 수레를 운동시키며, 스마트폰 카메라로 실험 과정을 촬영한다.
(7) 두 수레 위에 올려진 0.25kg 추의 개수를 각각 0개부터 2개까지 개수를 증가시키며 각각 (3)~(5)를 다시 진행한다.
(8) 각각의 실험에서 스마트폰 카메라로 찍은 영상을 이용하여, 도착 기준 지점(자 1m)에 도달하는 시간을 질량을 다르게 할때마다 총 3번 측정하고, 이들의 평균을 구한다.
(9) 이동거리인 1m를 도달하는 데 걸린 시간((7)번의 결괏값)으로 나누어 평균 속력을 계산한다.
(이동 거리 / 걸린 시간= 평균 속력)
(10) 구한 평균 속력(도)을 이용하여 수레의 운동량을 구한 후, 계 내에서의 운동량의 합을 확인한다.
(11) 실험 결과가 가설에 부합하는지 확인한다.



해성샘
오후 11:35 4월 14일

아주 실험 과정을 구체적이고 잘 이해될 수 있게 잘 적었어~!

2) 수레A, B의 질량이 각각 1.25kg 일 때

질량 1.25 kg 수레 A				
	실험 1	실험 2	실험 3	평균 값
걸린 시간(s)	1.840	1.900	1.800	1.847
이동 거리(m)	1.000	1.000	1.000	1.000
평균 속력(m/s)	0.543	0.543	0.543	0.543

질량 1.25 kg 수레 B				
	실험 1	실험 2	실험 3	평균 값
걸린 시간(s)	1.720	1.750	1.720	1.730
이동 거리(m)	1.000	1.000	1.000	1.000
평균 속력(m/s)	0.581	0.571	0.581	0.578

-실험 2에서는 각각 수레에 0.25kg의 추를 하나씩 추가하여 수레의 질량을 1.25kg으로 늘린 후 실험을 진행하였다. 수레의 질량을 늘린 만큼 1m 기준선에 도달하는 시간이 증가한 것을 볼 수 있다.

-수레 A에서는 수레가 1m를 이동하는데 걸린시간이 실험 1,2,3 에서 각각 약1.840초, 1.900초, 1.800초로 측정 되어 평균적으로 1.847초 만에 1m 에 도달하였고 이를 이용하여 평균 속력을 계산한 결과 수레A의 평균속력은 약 0.543m/s 로 도출되었다.

-수레 B에서는 수레가 1m를 이동하는데 걸린시간이 실험 1,2,3에서 각각 약 1.720초, 1.750초, 1.730초로 측정되어 평균적으로 1.730초 만에 1m에 도달하였고 이를 이용하여 평균 속력을 계산한 결과 수레 B의 평균 속력은 약 0.578m/s로 도출되었다.

-수레의 질량을 1.25kg으로 증가시킨다고 하더라도 수레 A, B의 평균 속력은 거의 동일한 값으로 나왔으며 이는 두 물체가 운동한 이후에도 두 수레의 운동량의 크기가 거의 동일하며 처음 두 수레가 정지해있었을 때 두 수레의 운동량의 총합인 0과 거의 비슷한 값에 수렴한다는 것을 확인할 수 있다.

4) 운동량 도출 및 분석

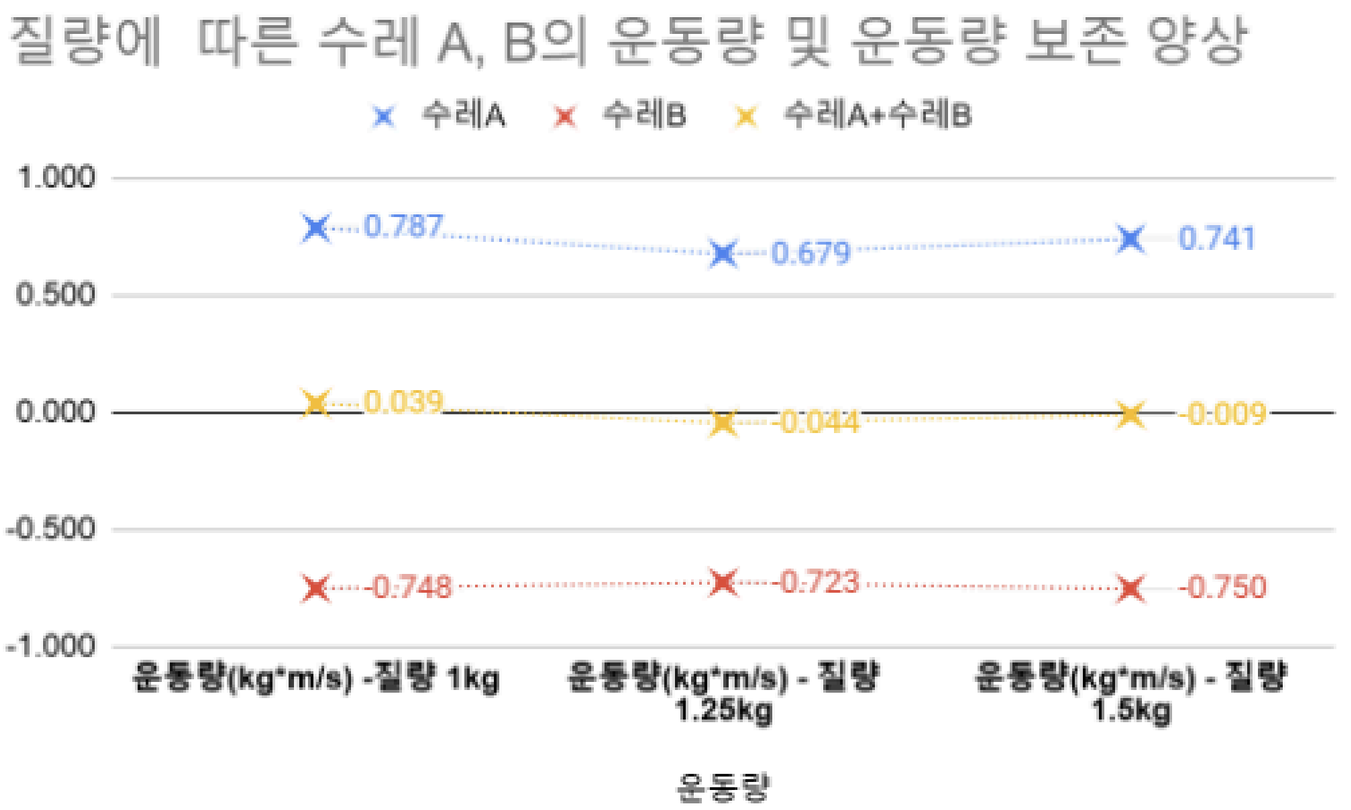
질량에 따른 운동량 및 운동량 보존 양상				
	수레A	수레B	수레A+수레B	
운동량(kg*m/s) -질량 1kg	0.787	-0.748	0.039	B 운동방향을 (-)
운동량(kg*m/s) - 질량 1.25kg	0.679	-0.723	-0.044	
운동량(kg*m/s) - 질량 1.5kg	0.741	-0.750	-0.009	

-질량마다 수레가 1m지점까지 이동하는 동안 걸린 시간을 측정하여 평균 속력을 계산함에 따라, 위의 표는 앞선 내용을 통해 각 수레들의 질량과 속도를 곱한 값인 운동량을 나타낸 것이다. 운동량은 벡터값이므로, 수레 A와 B가 정반대의 방향으로 운동했다는 점을 고려하여, 수레 A가 운동한 방향을 +, 수레 B가 운동한 방향을 -로 설정하였다.

-질량이 1kg일 때, 수레 A의 운동량은 0.787kg*(m/s), 수레 B의 운동량은 -0.748kg*(m/s)로, 수레 A와 B를 한 계로 묶어 관찰함에 따라, 이들의 운동량 합은 0.039kg*(m/s)로 계산되었음을 확인하였다.

- 질량이 1.25kg일 때, 수레 A의 운동량은 0.679kg*(m/s), 수레 B의 운동량은 -0.723kg*(m/s)로, 수레 A와 B를 한 계로 묶어 관찰함에 따라, 이들의 운동량 합은 -0.044kg*(m/s)로 계산되었음을 확인하였다.

-질량이 1.5kg일 때, 수레 A의 운동량은 0.741kg*(m/s), 수레 B의 운동량은 -0.750kg*(m/s)로, 수레 A와 B를 한 계로 묶어 관찰함에 따라, 이들의 운동량 합은 -0.009kg*(m/s)로 계산되었음을 확인하였다.



-위의 그래프는 앞선 표의 내용을 바탕으로 한 것이다.

- 그래프에서 확인해볼 수 있듯이, 총 3번의 실험을 진행한 결과로 도출된 계의 운동량의 총합(종속변인)이 모두 0에 수렴하는 것을 확인하였다. 이를 통해 '수레의 질량(계의 질량)을 변화시키더라도 계의 운동량의 총합은 보존될 것이다.'라는 가설과, 실험의 결과가 부합하는 것을 확인할 수 있었다.

1) 결론

해당 실험에서는 역학수레의 질량이 변할 때에 운동량이 보존하는 지에 대한 여부를 역학수레 각각에 일정한 힘을 작용시킨 후 기준 거리를 이동하는 시간을 비교함으로써 검증하고자 하였다. 운동량 보존법칙에 따르면, 특정 계 내부에서 외력이 작용하지 않는 한, 계 내부 물체의 운동량의 합은 일정하다. 따라서 위 실험에서 진행한 바와 같이 역학수레를 반대쪽으로 맞댄 뒤 동일한 힘을 가해 서로 반대 방향으로 운동시킨다면, 두 역학수레의 평균 속력이 일정하여 계의 운동량의 합이 보존되어야 한다. 이러한 이론적 배경을 바탕으로 실험을 진행한 결과, 바닥과의 마찰, 공기 저항 등 외력이 작용하여 계 내부 운동량 총 합이 일정하지는 않았지만, 반대 방향으로 이동하는 두 역학수레의 속력이 서로 비슷함이 나타났다. 각각의 역학 수레 질량이 1kg일 때에는 1m 운동하는 데 걸리는 시간이 평균 1.27초, 1.337초 였으며, 역학 수레 질량이 1.25kg일 때에는 1m 운동하는 데 걸리는 시간이 평균 1.847초, 1.73초 였고, 역학 수레의 질량이 2kg일 때에는 1m 운동하는 데 걸리는 시간이 2.023초, 2초였다. 이2그러나 해당 실험에서 역학 수레의 질량이 각각 2kg 일 때에, 0.5m를 이동할 때의 평균 속력과 1m를 이동할 때의 평균 속력을 비교하였을 때 0.5m구간에서는 0.65m/s의 속력으로, 1m 구간에서는 0.49m/s로 나타났다. 이는 이동 거리가 증가함에 따라 마찰력이나 공기 저항 등 외력의 영향을 더 많이 받게되어 속력이 감소한 것으로 해석된다. 따라서 비록 실험 결과에서 오른쪽과 왼쪽으로 운동하는 역학 수레의 운동량의 합은 0에 가까워 운동량 보존 법칙을 따르는 모습을 보였으나, 계 전체의 운동량이 완전히 보존되었다고 보기는 어려웠다. 그럼에도 불구하고, 본 실험에서는 역학 수레의 질량 변화에 관계없이 오른쪽과 왼쪽으로 운동하는 수레의 운동량 합이 0에 가까운 값으로 도출되어, 운동량 보존 법칙의 기본 개념인 '계 내부 운동량 합의 일정성'을 잘 확인할 수 있었다는 의의가 있다. 다만, 실험 과정에서 바닥과의 마찰력, 공기 저항, 수레에 가해지는 힘의 오차 등 외력의 영향을 완전히 배제하지 못한 점은 아쉬운 부분이었다. 따라서 추후 실험에서는 실험 환경을 개선하여 외력의 영향을 최소화하고, 실험자의 개입으로 발생할 수 있는 변인을 통제할 수 있는 방안을 마련하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

2) 제언

[redacted]

-이번 실험은 계의 질량이 변화하더라도 계의 운동량의 총합은 보존된다는 것을 보임으로써 계의 운동량의 총합은 항상 보존된다는 운동량 보존 법칙이 성립한다는 것을 확인해보기 위해 실험을 진행하였다.
수레의 질량을 변화시켜 총 3번의 실험을 진행하여 표와 그래프를 분석한 결과 모두 두 수레(수레 A와 B) 의 일정 거리(1M)를 이동하는데 걸리는 시간에 평균적으로 차이가 거의 없으며 이에 따른 평균 속력의 크기 역시 매우 미미하였다. 이는 궁극적으로 두 수레의 운동량의 합이 처음 두 수레가 모두 정지해있었을 때 운동량의 총합인 0에 수렴하는 결과를 얻을 수 있었다. 이 실험 결과는 처음 설정한 가설에 거의 오차가 없이 일치한 결과이며 이를 통해 계의 질량을 변화시켜도 항상 운동량의 총합은 보존, 유지된다는 가설을 확인할 수 있었다.

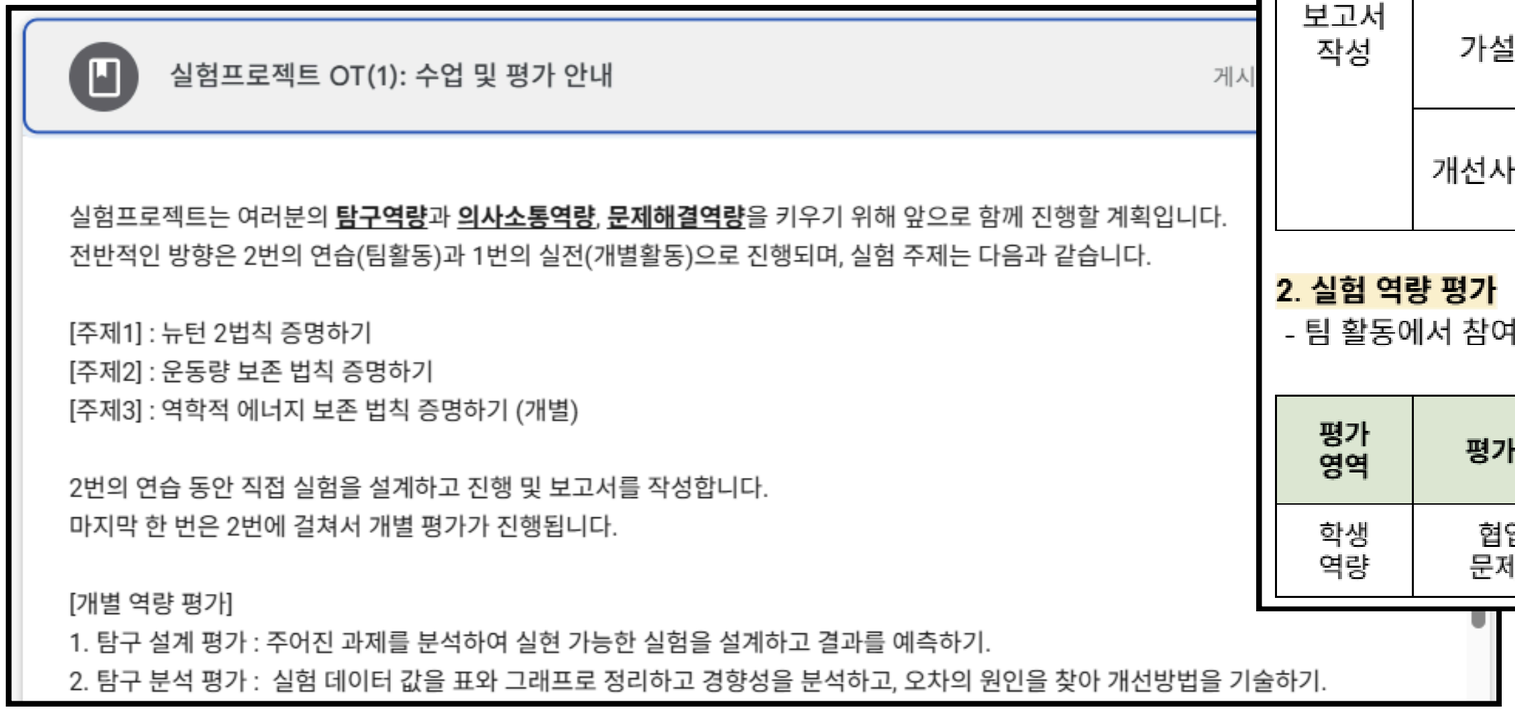
이 실험의 가장 큰 한계로는 두 수레가 운동하는 동안 두 수레의 이동경로가 일직선상에서 약간 이탈하여 두 수레의 이동거리가 정확히 1M 로 일치하지는 못했다는 한계가 존재한다. 이를 해결하기 위해 수레를 위한 트랙 또는 가이드라인을 설치하고 이때 가이드라인이나 트랙에 의해 발생하는 마찰은 수레의 바퀴 및 트랙, 가이드라인에 마찰을 줄이기 위한 윤활제로 실리콘 스프레이를 얇게 도포한다면 수레의 이동경로를 고정시키고 이때의 부작용인 마찰 또한 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

두 번째 한계로는 나무도막을 이용해 수동으로 두 수레의 발사장치를 동시에 누르려고 시도할 때 발생 가능한 발사 타이밍의 오차 문제가 있는데 이는 두개의 발사장치의 버튼을 더 정확하게 동시 타격할 수 있도록 두 발사장치에 수평으로 철로된 15CM 자를 정확히 대칭이 되도록 측정하여 놓은 후 그 자의 대칭점, 정중앙을 타격한다면 더욱 정밀하게 발사 타이밍을 설정할 수 있을 것으로 생각된다.

두 번의 연습 동안 교사는 피드백을 통해 학생들의 역량이 향상할 수 있도록 돕고
학생들은 끈기있게 연습하면서 실력을 키울 수 있다!!

최종 수행평가는 어떻게 진행할까?

평가 요소별 상, 중, 하 평가



실험프로젝트 OT(1): 수업 및 평가 안내

게시

실험프로젝트는 여러분의 **탐구역량**과 **의사소통역량**, **문제해결역량**을 키우기 위해 앞으로 함께 진행할 계획입니다.
전반적인 방향은 2번의 연습(팀활동)과 1번의 실전(개별활동)으로 진행되며, 실험 주제는 다음과 같습니다.

[주제1] : 뉴턴 2법칙 증명하기
[주제2] : 운동량 보존 법칙 증명하기
[주제3] : 역학적 에너지 보존 법칙 증명하기 (개별)

2번의 연습 동안 직접 실험을 설계하고 진행 및 보고서를 작성합니다.
마지막 한 번은 2번에 걸쳐서 개별 평가가 진행됩니다.

[개별 역량 평가]
1. 탐구 설계 평가 : 주어진 과제를 분석하여 실현 가능한 실험을 설계하고 결과를 예측하기.
2. 탐구 분석 평가 : 실험 데이터 값을 표와 그래프로 정리하고 경향성을 분석하고, 오차의 원인을 찾아 개선방법을 기술하기.

1. 보고서 평가 (논술)

- 탐구 설계 보고서와 실험 분석 보고서, 2개를 가지고 평가 기준표에 따라 평가.

평가 영역	평가 기준	평가기준표		
		우수함 (5점)	보통 (3점)	노력 요함 (1점)
실험 설계	가설 및 변인 통제	실험 가설이 명확하고, 독립, 종속, 통제 변인을 논리적으로 설정함.	가설이 설정되었으나 변인 통제가 일부 미흡함	가설이 모호하고 변인 통제가 부족함.
	논리적 실험 설계	실험 절차가 가설을 검증할 수 있도록 체계적으로 구성됨.	실험 절차가 비교적 논리적이나 일부 모호한 부분이 있음.	실험 절차가 비논리적이고 가설 검증과 연결되지 않음.
보고서 작성	데이터 분석 및 해석	주어진 데이터를 표와 그래프를 활용해 정확히 분석하고, 실험 결과를 논리적으로 해석함.	데이터를 분석하였으나 일부 논리적 오류가 있으며 해석이 부족함.	데이터 분석이 부정확하고 해석이 미흡함.
	가설 검증	자료를 해석하여 변인 간의 관계를 기술하고, 가설을 논리적으로 검증함.	가설을 검증하는 과정에서 자료 해석과의 논리성이 부족함.	자료 해석과 가설 검증 사이의 논리적 해석 과정이 나타나지 않음.
	개선사항 제안	실험 과정에서 발견한 문제점을 분석하고 구체적인 개선안을 제시함.	문제점을 일부 분석하였으나 개선 방안이 구체적이지 않음.	문제 분석이 부족하며 개선 사항을 제시하지 않음.

2. 실험 역량 평가

- 팀 활동에서 참여한 모습을 참고한 교사 및 동료 평가를 바탕으로 의사소통 역량을 평가.

평가 영역	평가 기준	평가기준표		
		우수함 (5점)	보통 (3점)	노력 요함 (1점)
학생 역량	협업 및 문제해결	팀원과 원활히 소통하며 문제를 해결하고 협업함.	팀원과 소통하였으나 일부 의견 조율이 부족함.	소통이 원활하지 않으며 협업이 미흡함.

탐구 설계

용수철 추의 운동을 활용한
역학적 에너지 보존 법칙
증명 실험 소개
및 실험 설계하기

탐구 수행

팀별 탐구
수행하기

보고서 평가

실험 결과 데이터를 임의로
제공하고 이를 데이터 변환하여
결과 해석 및 결론을 도출할 수
있도록 하기

1) 실험[1]: 추의 질량에 따른 용수철 상수(k값) 측정하기

① 전자저울로 추 각각의 무게를 측정한다.
② 용수철을 클램프에 걸고 자를 용수철 뒤에 설치하여 용수철 길이를 측정할 수 있게 한다.
③ 클램프에 건 용수철의 한쪽 끝을 고정하고 다른 쪽 끝에 추를 연결할 부분을 남긴뒤, 용수철의 처음 길이를 측정한다. (길이는 바닥에서부터 측정한다.)
④ 용수철의 끝에 추(0.2kg)를 연결하고 손으로 추를 받쳐 천천히 늘린 뒤 용수철이 최대로 늘어났을 때의 길이를 측정한다.
⑤ 용수철의 늘어난 길이를 측정하여 훅의 법칙(F=-kx)을 이용해 탄성력의 크기를 구한다.
⑥ 탄성력과 중력이 힘의 평형 관계를 이루는 원리로 k값을 구한다.
⑦ 추의 질량을 0.3kg, 0.4kg으로 다르게하여 실험 과정 ④, ⑤, ⑥을 반복하여 용수철 상수 k값을 구한다.
⑧ k값의 평균을 구해 용수철 상수값을 결정한다.

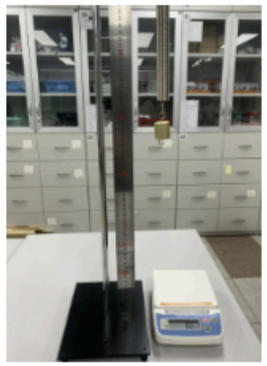


사진1) 추의 무게를 측정하여 용수철 저울에 걸어놓은 모습

사진2) 0.3kg추를 걸어놓은 용수철이 평형상태인 모습

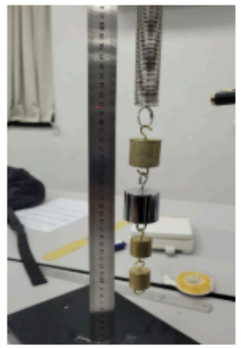


사진3) 0.4kg추를 걸어놓은 용수철이 평형상태인 모습

(2) 실험[2]: 용수철에 매달린 추의 왕복운동을 통해 역학적 에너지 보존 법칙 증명하기

① 용수철을 클램프에 걸고 자를 용수철 뒤에 설치하여 용수철 길이를 측정할 수 있게 한다.
② 용수철의 한쪽 끝을 고정하고 다른 쪽 끝에 추를 연결할 부분을 남긴 뒤, 용수철의 처음 길이를 측정한다.
③ 용수철의 한쪽 끝에 추(0.2kg)를 연결한다.
④ 영상 촬영 장치(휴대폰)를 설치하여 용수철과 추의 운동이 촬영되도록 카메라의 앵글을 고정한다.
⑤ 용수철이 늘어나지 않게 손으로 잡은 후 놓음으로써 추가 왕복운동 하도록 한다. 이 과정을 영상으로 남긴다.
⑥ 영상을 분석하여 추가 최대로 늘어난 시점의 추의 위치를 기준으로, 용수철이 늘어난 길이와 추의 무게를 이용하여 추의 최고점에서의 역학적 에너지(=중력 퍼텐셜 에너지)와 추의 최저점에서 역학적에너지(=탄성 퍼텐셜 에너지)를 계산한다.
⑦ 추를 0.3kg, 0.4kg으로 바꿔가며 실험 과정 ⑤, ⑥을 반복한다. (세번씩 반복측정하여 실험 결과의 신뢰도를 높인다.)
⑧ 두 역학적 에너지 값을 비교하여 에너지 보존 법칙을 확인한다.

실험 프로젝트 이후 동료 평가 자료

[좋은(배울) 점]
- 풍부한 물리학적 지식 - 다양한 물리공식이 머리에서 빠바박 나옴 / 엄청난 엑셀 실력 - average등을 잘 활용함 / 굉장한 눈썰미 - 실수한 부분을 잘 캐치함 / 정교한 힘 조절 - 수레를 모둠원 중 가장 일정한 힘으로 끔
- 다른 팀원들의 의견에서 오차가 발생할 수 있는 요소들에 대해 질문하면서 통제변인을 최대한 찾으려고 했다. 실험을 진행할 때 건전지 떨어뜨리기, 용수철 저울 끌기를 하며 실험 진행에 큰 역할을 했다. 실험 결과를 표와 그래프로 확인하기 쉽게 나타냈다. 엑셀과 구글 문서 활용 능력이 좋다.
- 실험 전반에 대한 이해를 바탕으로 친구들의 이해를 도울 줄 앎.(실험에 대한 설명을 통해 가설의 정당성을 입증) 엑셀을 활용할 때, 돋보이는 수학적 계산 능력으로 자료 분석을 용이하게 함.

[개선할 점]
- 적은 창의성 - 다른 능력에 비해 창의성이 떨어짐 (제언 등에서 창의적 제안이 적었음)
- 실험에 대한 전반적인 이해를 글로 나타내면 좋을 것 같다.(일반 사람은 머리로 거기까지 사고하지 못해용..)

[좋은(배울) 점]
- 극강의 꼼꼼함 - 덜렁거리는 3명의 조원 사이에서 꼼꼼하게 값을 측정하고 변인을 통제하는 모습이 좋았음 / 배려가 넘치는 행동 - 항상 준비물을 가져와야할 때 먼저 나서서 가져와줘서 고마웠음 / 겸손한 자세 - 과학을 잘하지만 토의에서 먼저 다른 사람의 이야기를 경청하며 의견을 들음 / 창의적인 제안 - 조원들이 헤맬 때마다 '이러면 어떨까?'라는 좋은 제안을 해줌 (특히 첫 실험에서의 제언이 좋았음)
- 실험 진행에 대한 전체적인 그림을 그리는 것을 보고, 개념에 대한 이해를 우선시한다는 것을 알 수 있었다. 데이터 수집에 있어서 신속하고 정확함.(촬영된 영상 내 시간 측정)

[개선할 점]
- 조용함..? - 조원들과 많이 친하진 않아서 실험에 필요한 말을 위주로 해주었는데, 더 대화를 많이 해서 친해지고 싶었음
- 이해를 위해 노력한 점이 있다면(ex. 그림) 보고서에도 추가하면 좋을 것 같다.(보고서를 읽게 되는 사람도 아마 같은 지점에서 이해가 안 될테니까!)

[좋은(배울) 점]
- 정말 부러운 창의적 사고 - 제언에서 제동 거리 아이디어가 너무 좋았음 / 뛰어난 실험 설계 능력 - 실험 설계를 할 때 가설에 맞게 어떤 실험을 해야하는지 잘 파악하고 잘 설계함 / 깊은 비판적 사고 - 다른 사람이라면 '그냥 그런가보다' 하고 넘길 일을 "왜지?" 라는 질문을 던지고 알아냄 / 풍부한 과학적 관심 - 물리 등 과학 분야에서 관심이 있는 것을 실험 활동에서 잘 연계해서 풀어냄
- 어떤 실험이든 의견을 적극적으로 낸다는 점이 멋있다..★ 운동량 보존 법칙 실험에서 실험 방법을 명확히 쓰고자 수레의 뒷부분을 엉덩이로 칭했다. 운동량 보존 법칙 실험에서 탄성장치를 누를 때의 힘을 통제하고자 같은 높이에서 같은 물체를 떨어뜨리자는 의견을 제시했다.

[개선할 점]
- 수학적 실수 - 엑셀 함수에서 잘못된 함수식이 있어 고쳐주었음
- 실험계획서 작성을 효율적으로 진행할 수 있도록 시간 분배를 해주면 좋을 것 같다. (00분까지 마무리하자)

[좋은(배울) 점]
- 냉철한 시선!! / 완벽한 분석력 !!
- 실험 대부분을 총괄하면서 팀원 모두가 참여할 수 있도록 역할을 분담해주었다. 다른 팀원들이 구하기 어려워하는 오차율을 구해주었다. 실험 보고서를 작성할 때 실험 결과를 간결하게 정리했다.
- 가설을 설정할 때, 논리적 사고를 바탕으로 자신의 주장을 피력할 줄 아는 친구란 걸 느꼈다. 실험 결과 분석에 있어서 꼼꼼함이 돋보인다.(편집 프로그램의 단위가 일상적으로 쓰이는 단위와 상이함을 파악)

[개선할 점]
- 실험계획서 작성을 효율적으로 진행할 수 있도록 시간 분배를 해주면 좋을 것 같다. (00분까지 마무리하자)
- 논리적 사고 과정의 흐름이 보고서에서 좀 더 자세히 드러나면 좋을 것 같다. (이 대단한 사고가 대화로만 기억되는 건 아쉬우니까!)

한 달 가량의 실험 프로젝트를 진행한 결과, 운동량 보존 법칙을 증명하는 실험이 가장 기억에 남는다. 그 이유는 우리가 할 수 있는 최선을 다해 오차가 발생할 요인을 통제한 실험이었기 때문인 것 같다. 수레의 이동거리를 오차 없이 측정하기 위해 자 3개를 이용해 수레의 진행 방향이 자와 수평하도록 통제하였고, 각각의 실험에서 수레의 발사 장치를 누르는 힘을 통제하기 위해 특정 물건을 떨어뜨리는 등의 노력을 기울였다. 이 과정에서 나는 앞서 기술한 변인 통제를 위한 아이디어를 제공하였고, 실험에서 측정 기준이 되는 수레의 부위를 '엉덩이'로 명명하는 등 실험 프로젝트를 즐겁게 진행하고자 노력했다.

실험을 설계하고 진행하는 부분은 모두가 함께하기 때문에 큰 어려움을 못 느꼈지만, 보고서를 작성할 때는 나름의 역경을 겪었다. 우리 팀은 표와 그래프를 작성하는 단계까지 같이 진행한 후, 결과와 결론은 역할을 나누어 작성하였다. 나는 결론을 작성하며 우리가 진행한 실험 결과가 어떻게 실생활에 녹아들어 있는지, 우리의 생활과 접목시킬 수 있을지를 고민하는 데 시간을 많이 시간을 많이 들였다. 검색하면 나오는 그런 뻔하고 재미없는 내용을 우리의 보고서에 넣기 싫었다. 그렇기 때문에 '나름의 역경'을 겪었다고 할 수 있을 것 같다. 활용 방안을 이렇게도 생각해 보고, 저렇게도 생각해 보며 나는 한 번도 이러한 사고를 해 본 적이 없음을 깨달음과 동시에 흥미를 느꼈다. 물론 보고서 작성 당시에는 시험 기간에 이렇게 새로운 방식으로 골몰하는 것이 맞는지 스스로 의심하고, 그냥 그저 그런 결론으로 마무리 지을까 하는 생각도 들었지만, 다시 돌이켜 보니 이러한 사고가 장기적으로 도움이 될 것이라는 확신이 생겼다.

이러한 역경을 바탕으로 나는 실험 프로젝트를 진행하며 새로운 사고의 길을 열 수 있었다고 자부할 수 있다. 즉, 수동적으로 지식을 받아들이는 게 아니라 배운 내용을 넓혀서 내 주변 환경과 접목시키기 위해 다양한 방면에서 이 내용에 접근하는, 사고력을 향상시켰다고 말할 수 있다. 또한 나는 나 스스로를 고리타분한 사람이라 생각했는데, 이번 프로젝트를 통해 내 안의 창의적인 모습도 엿보는 기회가 된 것 같다.

학생 소감문

수업 사례를 듣고 질문이 있다면
자유롭게 질문해주세요^^

지금까지 수업 사례연수를
들어주셔서 감사합니다!

오늘 연수 관련 자료는 해당 드라이브에 들어가셔서 다운받을 수 있어요!

bit.ly/2025physicshaesung

해당 자료의 저작권은 제게 있으니, 자유롭게 사용하시되 함부로 공유하지는 말아주세요^^