(주)한국과학 Vol. II

효과적이고 즐거운 물리 실험

PHYSCICS





About Us

한국과학은 엔지니어만으로 이루어진 과학 기자재 서비스 기업으로 「대한민국의 과학발전」과 「창의적인 과학기술의 토대마련」이라는 경영 철학 아래 1956년에 설립되었으며 설립 이후 지금까지 국내 유수의 대학, 과학고, 교육기관에 세계 최고의 과학 기기와 서비스를 제공하고 있습니다.

2004년부터 버니어 MBL(컴퓨터를 이용한 과학실험)을 보급하여 국내 과학 학습 트렌드의 변화를 주도하였으며 2016년 코딩교구인 초코파이 보드 출시를 계기로 세계적인 에듀테크 기업으로 성장하고 있습니다.

앞으로도 한국과학은 효과적이고 즐거운 과학 실험 모델을 한국의 과학교육에 제시하고 우수한 과학 기기 및 과학 실험 콘텐츠를 제공하여 국내 과학 교육 및 기초과학 발전에 기여할 수 있도록 혼신의 힘을 다하겠습니다.

Info

Tel: 02 - 929 - 1110

Email: info@koreasci.com Website: koreasci.com

Address : 서울 강서구 양천로 400-12 더리브골드타워 1110호



Contents

Vernier MBL 버니어 MBL	4
Physics Laboratory Equipment 물리 실험 장비	18
Physical laboratory Accessory by field 분야별 실험장치	24
Mechanics ৰ্ণ্	34
Wave Physics □\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\	60
Thermodynamics 열역학	72
Optics ਲਾਂ	80
Electricity 전자기	114
Modern Physics 현대물리	132
Fluid Mechanics 유체역학	148
Renewable Energy 신재생에너지	150
Demonstration 데모장비	158
실험실 가구	162



Vernier MBL

컴퓨터를 기반으로한 과학실험

I. Vernier MBL 소계	
2. 무선 센서 세트	
3. Vernier MBL을 이용한 물리실험 KIT	
4. 인터페이스	
5. 데이터 분석 프로그램	
6. 센서 & 프로브	







1. Vernier MBL 소개

MBL(Microcomputer Based Laboratory)이란 컴퓨터를 기반으로 한 실험의 약자입니다. MBL을 사용하면 변화하는 물리량. 화학량 데이터를 실시간으로 수집 및 분석할 수 있습니다. 이러한 실험 방식은 수기로 기록하는 전통적인 방식에 비해 실험 수업의 질을 대폭 향상시키며 효과적으로 학습할 수 있습니다.

① Vernier MBL 장점



💸 호환성 - 다양한 스마트 디바이스와 호환 (노트북, 안드로이드 태블릿, 아이패드, 크롬북 등)



간편함 - 무선통신(블루투스)을 이용한 다양한 기기와의 간편한 연결



는 다양성 - 다양한 센서로 R&E 실험 설계 무선센서 50여종/ 유선센서 80여종



정확성 - 분해능이 높아 정확하고 정밀한 실험결과 제공



비대면 - Graphical Analysis Pro를 이용한 원격 비대면 실험 수업 가능

② Vernier MBL 사용법

- 무선 센서를 사용할 경우

센서를 통해 수집한 데이터를 블루투스를 통해 데이터 분석 프로그램으로 전송



데이터 수집

실시간 데이터 전송

데이터 분석 프로그램

- 유선 센서를 사용할 경우

센서를 통해 수집한 전기적 신호를 인터페이스에서 변환하여 데이터 분석 프로그램으로 전송



수집

변환 및 전송

데이터 분석

2. 무선 센서 세트



고등학교 무선 센서 세트(기본)

GDX-H-01

학교장터 물품번호: 202103192055111

* 모두 고 무선 센서 입니다.

온도 센서(2), 조도색도 센서, 운동 센서, 전압 센서, 전류 센서, pH 센서, 전극 지지대, 트레이



고등학교 무선 센서 세트(고급)

GDX-H-02

학교장터 물품번호: 202103192055154

* 모두 고 무선 센서 입니다.

온도 센서(2), 조도색도 센서, 운동 센서, 전압 센서, 전류 센서, pH 센서, 기체압력 센서, 힘가속도 센서, 전도도 센서, 3축 자기장 센서, 산소 센서, 이산화탄소 센서, 전극 지지대, 바이오 챔버 2000, 트레이



물리 무선 센서 세트(기본)

GDX-P-01

학교장터 물품번호 : 202103192055177

* 모두 고 무선 센서 입니다.

운동 센서, 힘가속도 센서, 소음 센서, 전압 센서, 전류 센서, 3축 자기장 센서, 포토게이트, 도르래, 피켓 펜스, 트레이



물리 무선 센서 세트(고급)

GDX-P-02

학교장터 물품번호 : 202104152189820

* 모두 고 무선 센서 입니다.

운동 센서, 힘가속도 센서, 소음 센서, 전압 센서, 전류 센서, 3축 자기장 센서, 포토게이트, 조도색도 센서, 도르래, 피켓 펜스, 전기회로 실험장치, 역학 실험장치, 트레이



3. Vernier MBL을 이용한 물리실험 KIT

아래의 실험 KIT는 해당 페이지로 가면 더 자세한 내용을 확인할 수 있습니다.



역학 실험 KIT (35p)

K1910-G

- · 다양한 역학 실험 수행
- · 카트에 내장되어 있는 무선 센서를 통해 힘, 위치, 속도 및 가속도 측정



36 p 에어트랙 실험 KIT

K1920

- · 무마찰에 근접한 이상적인 역학 실험 가능
- · 대부분의 역학 실험을 수행할 수 있는 다양한 액세서리 제공
- · Vernier Video Analysis를 사용한 동영상 분석을 통해 거리, 속도, 가속도 측정 가능



정상파 실험 KIT 61 p

K2910

- · 다양한 정상파 실험 가능
- · 판, 줄, 스프링을 이용한 정상파의 원리 학습
- · 정상파 실험 KIT 실험서 제공



K3910-G

- · 다양한 기초 광학 실험 수행
- · 거울과 렌즈의 상 원리 확인 및 이해
- · 트랙 위에 설치하여 간편한 실험 가능
- · Vernier MBL을 이용한 정밀한 측정 가능



기초 전기 회로 실험 KIT ^{↓ 115}p

K5140-G

- · 버니어 전기회로 실험장치를 사용. 기초 전기회로에 대한 효과적 학습 가능
- · 다양한 용량의 저항, 축전기, 코일, 스위치 등을 사용한 전기 회로 실험
- · 기초 전기 회로 실험 KIT 실험서 제공



고급 전기 회로 실험 KIT ^{₹ 116}p

K5910-G

- · 플러그인 보드에 다양한 블록을 끼워 회로 구성 가능
- · 원하는 실험을 쉽고 간편하게 설계 및 재현
- · 기본 구성 옵션&실험 옵션 선택 가능
- · 고급 전기회로 실험 KIT 실험서 제공



신재생 에너지 실험 KIT ¹⁵²p

K7610

- · 풍력, 태양열, 연료전지의 하이브리드 발전 실험
- · 다양한 에너지 전환 과정 설계 및 확인
- · Vernier MBL을 사용하여 생성된 전압, 전류, 전력, 저항 등을 정밀하게 측정 가능



전기 자동차 실험 KIT ^{153p}

K7620

- · 다양한 전기자동차 실험모드 학습
- · 리버서블 FC와 핸드 크랭크 발전기, 소금물 연료전지 등 다양한 자동차 설계 가능
- · 실내, 실외에서 컴퓨터 없이도 사용 가능

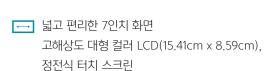


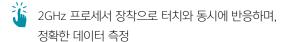


4. 인터페이스

① 랩퀘스트 3 인터페이스

LABQ3-KOR





한번 충전으로 최대 20시간 사용 가능

(**) 랩퀘스트3에서 실행하는 실험 데이터를 같은 Wifi 네트워크를 사용하는 스마트기기에서 확인 가능



실험서 첨부 기능 지원
PDF 형식의 실험서를 랩퀘스트3 내장 메모리에 저장 후 확인 가능

다양한 부가기능 지원함수발생기, 계산기, 주기율표, 녹음기 등 다양한 부가기능 지원으로All In One 실험 시스템 구축

USB 포트에 무선센서를 유선센서와 동시에 연결해 사용 가능, 최대 7개의 센서 동시 연결

② 랩퀘스트 스트림 인터페이스

LQ-STREAM



버니어 MBL의 유선 센서를 무선 연결로 전환하여 다양한 디바이스에 적용 가능 Graphical Analysis™ 프로그램 뿐만 아니라 로거프로3 분석 프로그램에서도 무선 연결을 지원하는 다기능 인터페이스

③ 랩퀘스트 미니 인터페이스

LQ-MINI



경제형 인터페이스로 저렴한 비용으로 버니어MBL의 모든 센서 사용 가능 무전원의 심플함: 별도의 전원없이 USB 케이블 연결만으로 사용

※ 인터페이스 비교

	최대 측정 데이터	호환 센서	디스플레이	무선 연결	전원 공급	내장 센서	실외 측정	다중 센서 연결	호환 소프트웨어
랩퀘스트 3			7인치 터치 컬러 디스플레이	Wi-Fi, 블루투스	전원 아답터 충전 배터리	GPS, 마이크로폰	가능 (스마트폰, 테블릿, 노트북)		
랩퀘스트 스트림	초당 100,000회	약 80여종	X	블루 투스	전원 아답터 충전 배터리	X	가능 (스마트폰, 테블릿, 노트북)	최대 5개	로거 프로 3, Graphical Analysis
랩퀘스트 미니			X	X	USB	X	가능 (노트북)		



5. 데이터 분석 프로그램

① 한글 로거프로 3 분석 프로그램



- 특징

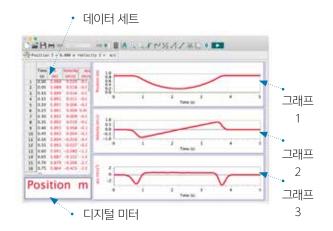
- · 다양한 분석 기능을 지원하는 버니어MBL의 핵심 프로그램
- · 1 Copy 구매로 학교 전체가 사용 가능
- 80종의 센서에서 실시간 데이터 수집, 분석, 그래프화 지원
- 동영상과 실험데이터 동기화 기능 지원
- 센서 없이 동영상 촬영만으로 동영상 데이터 분석 기능 지원
- 수학 분석 기능 기본 지원(미적분, 추세선,평균 등 다양한 수학 함수)
- 간편한 데이터 추출을 이용한 보고서 작성
- · 다양한 부가기능(그래프 제목, 주석, FFT 그래프 등)
- 1,000개의 실험 결과 및 데이터 제공
- 로거프로3를 이용한 다양한 한글 실험서 파일 기본 제공

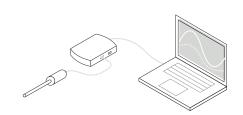
- 운영체제

- · CPU: Pentium Dual Core 이상
- · OS: Windows 7 이상

- 연결

- · USB를 이용한 유선 연결
- 블루투스를 이용한 무선 연결(랩퀘스트 스트림 인터페이스만 지원)
- 라이선스 정책: 1 Copy 구매 시 학교 전체 사용가능한 영구 라이선스(기간 제한 없음)





② 그래프 분석(Graphical Analysis)





- 특징

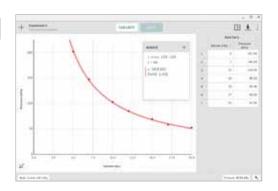
- · 모든 운영체제에서 무료 앱을 통해 데이터 수집, 공유, 분석
- · Graphical Analysis™와 60여종의 버니어 센서를 함께 사용해 실험
- 고 무선 센서와 함께 무선으로 사용 가능
- 네트워크 연결을 통한 실험데이터를 공유하여, 학생들 각자가 가진 스마트기기에서 데이터 수집과 분석

- 설치 사양

· Windows : Windows 7 또는 Windows 10

• Mac OS: MacOS 10.10 ~ 10.15 버전 컴퓨터의 USB 및 Bluetooth

Chromebook : ChromeOS 80 이상
iOS Devices : iOS 또는 iPadOS 13, 14
Android Devices : Android 9 이상



















③ 그래프 분석프로(Graphical Analysis pro)



라이센스 구입

- 비대면 특화된 원격 실험용 프로그램
- Graphical Analysis에서 지원하는 모든 기능 기본지원
- 유선/무선 센서 구분 없이 전부 호환 가능
- 다양한 동영상 실험 컨텐츠 내장
- 주기적인 프로그램 무상 업드레이드

⑤ 스펙트럼 분석(Spectral Analysis)



무료 다운로드 🎠

- 고 무선 스펙트로 VIS plus의 실험 데이터를 분석하고 공유
- 생물, 화학 실험에 쉽게 분광법 적용
- 전체 스펙트럼을 수집하여 비어의 법칙, 효소 동역학, 식물 색소 분석 등 실험

④ 버니어 기기 분석(Instrumental Analysis)



무료 다운로드 🏌

- 고 무선 편광계에서 수집한 데이터 분석, 돌연변이 운동학 실험
- 고무선 순환 전압-전류 실험장치에서 수집한 데이터로 전류의 최고점 결정, 전기확학적 반응의 표준 전위 결정
- '고 무선 기체크로마토그래프'로 기체크로마토 그램 데이터 수집, 분석

⑥ 동영상 분석 프로그램(Video Analysis)



라이센스 구입

- 비대면 원격 물리 수업용으로 최적화된 프로그램
- 프로그램에서 생성된 링크를 학생들이 웹브라우저에 입력하여 사용
- 별도의 설치 없는 웹기반 프로그램
- 센서나 인터페이스 없이 사용 가능

6. 센서 & 프로브

• 온도 --



고 무선 온도 센서

GDX-TMP

학교장터 물품번호 : 202101281798818

측정범위: -40~125°C



고 무선 광범위온도 센서

GDX-WRT

학교장터 물품번호 : 202102181909626

측정범위: -20~330°C



고 무선 표면온도 센서

GDX-ST

학교장터 물품번호: 202102241943968

측정범위: -25~125°C



고 무선 써모커플

GDX-TC

학교장터 물품번호 : 202102241944008

측정범위 : -200~ 1400°C



고 무선용 충전 스테이션

GDX-CRG

학교장터 물품번호 : 202102181910606

총 16개 고무선 센서를 동시 충전가능

↓ 유선 센서는 인터페이스(별도 구매)가 필요합니다.



스테인리스온도 센서



· 측정범위 : -40 ~ 135°C



원거리 온도 센서

■TPL-BTA

· 측정범위 : -50 ~ 150°C



표면온도 센서

STS-BTA

· 측정범위 : -25~ 125°C



광범위온도 센서

WRT-BTA

· 측정범위: -20 ~ 330°C



써모 커플

■ TCA-BTA

· 측정범위 : -200~ 1400°C



써모 커플 와이어

■ KWIRE-TCA



· pH/ORP



고 무선 pH 센서

GDX-PH

학교장터 물품번호 : 202202143810129

측정범위 : 0~14pH



고 무선 Tris 평면형 pH 센서

GDX-FPH

학교장터 물품번호 : 202103031970847

측정범위: 0 ~ 14pH



고 무선 유기용매용 pH 센서

GDX-GPH

학교장터 물품번호 : 202103031970890

측정범위 : 0 ~ 14pH



고 무선 산화-환원 전위 센서

GDX-ORP

학교장터 물품번호 : 202103031970949

측정범위 : ±1000mV



고 무선 방울 계수기

GDX-DC

학교장터 물품번호 : 202103031971429

측정: 초당 최대 6방울 측정



전극 지지대

ESUP

학교장터 물품번호 : 202103031971484

스테인리스 온도 센서와 pH 센서 또는 전도도 센서 등을 스탠드에 고정할 때 사용하는 악세서리



고 무선 전극증폭 센서

GDX-EA

학교장터 물품번호 : 201803227147575

BNC 커넥터 형태의 전극을 연결하여 데이터

측정, 프로그램과 연결



전극증폭 센서와 아래 전극을 연결해 사용합니다. 전극이 손상된 경우 전극만 교체할 수 있어 경제적입니다.



고 무선 Tris pH 전극

GDX-FPH-BNC

학교장터 물품번호 : 202103031972077

측정범위 : 0 ~ 14pH

전극이 평평하여 슬러리, 반고체 물질 pH 측정



고 무선 pH 전극

GDX-PH-BNC

학교장터 물품번호 : 202103031971693

측정범위: 0~14pH 수용액의 pH 실시간 측정



고 무선 산화-환원 전위 전극

GDX-ORP-BNC

학교장터 물품번호 : 202103031972100

측정범위 ±1000mV

용액의 산화/환원 비율을 mV 단위로 표시



고 무선 유기용매용 pH 전극

GDX-GPH-BNC

학교장터 물품번호 : 202103031972045

측정범위 : 0 ~ 14pH

강산/강염기와 같은 비수용액의 pH측정

↓ 유선 센서는 인터페이스(별도 구매)가 필요합니다.



pH 센서

■ PH-BIA

· 측정범위 : 0 ~ 14pH



Tris pH 센서

■ FPH-BTA

· 측정범위 : 0 ~ 14pH

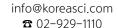


유기용매용 pH 센서

■ GPH-BTA

· 측정범위 : 0 ~ 14pH









산화-환원 전위 센서

ORP-BTA

· 측정범위 : -450 ~ 1100mV



방울계수기

■ VDC-BTD

• 측정 : 초당 최대 6방울

· 전도도 -



고 무선 전도도 센서

GDX-CON

학교장터 물품번호 : 202202143809656

측정범위: 0~20,000 μS/cm



고 무선 고정밀 전도도 센서

GDX-CONPT

학교장터 물품번호 : 202103031972336

측정범위: 0~20,000 uS/cm

↓ 유선 센서는 인터페이스(별도 구매)가 필요합니다.



전도도 센서

■ CON-BTA

• 0~20,000µS/cm



고정밀 전도도 센서

CONPT-BTA

· 0~2,000uS/cm

· 전압/전류



고 무선 전류 센서

GDX-CUR

학교장터 물품번호 : 202202143809694

측정 범위: ±1A 또는 ±0.1A



고 무선 전압 센서

GDX-VOLT

학교장터 물품번호 : 202202143810276

측정 범위: ± 20 V 또는 ± 1 V



고 무선 전하량 센서

학교장터 물품번호 : 202103031972540

측정 범위 : ±100 nC

↓ 유선 센서는 인터페이스(별도 구매)가 필요합니다.



전류 센서

■ DCP-BTA

· 측정범위: ±0.6 A



전압 센서

■ VP-BTA

· 측정 범위 : ± 10 V



전하량 센서

CRG-BTA

· 측정 범위 : ± 2V(±20 nC) $\pm 10V(\pm 100 \text{ nC})$



고범위 전압 센서

■30V-BTA

· 측정범위 : ±30.0 V



고범위 전류 센서

■ HCS-BTA

· 측정범위: ± 0.6 A



차동전압 센서

■ DVP-BTA

· 측정 범위 : ± 6.0 V



• 역학



고 무선 힘가속도 센서

GDX-FOR

학교장터 물품번호 : 202202143809746

힘: ±50 N

용수철 저울 대신 물체의 밀고 당기는 힘을 측정



고 무선 가속도 센서

GDX-ACC

학교장터 물품번호 : 202103081991505

각도: ±180° 가속도: ±157~1,960 m/s²

자이로: ±2000°/s



고 무선 운동 센서

GDX-MD

학교장터 물품번호 : 202202073776840

초음파로 물체의 이동 거리/속도/가속도 측정 범위: 15cm~3.5m



고 무선 포토게이트

GDX-VPG

학교장터 물품번호: 2020032090452574

물체의 속도와 가속도 변화 측정 적외선 소스: 800nm



고 무선 포물선 실험장치

GDX-PL

학교장터 물품번호 : 202003090452667

발사 각도: 0~90°/발사 속도: 0~6m/s 발사 높이: 146mm / 최대 발사 거리: 2.5m



자유낙하 실험 악세서리

IOM-VPL

학교장터 물품번호: 202101081686156



포물선 탄착 패드

PS-VPL

학교장터 물품번호: 202101081686093

두꺼운 폼이 있어 발사체가 안정적으로 안착



포물선 자동 탄착 패드

TOF-VPL

학교장터 물품번호: 202101081686129

포물선 실험장치에서 발사된 발사체의 비행

시간을 정확하게 확인



↓ 유선 센서는 인터페이스(별도 구매)가 필요합니다.



고 무선 역학 실험장치

DTS-GDX

학교장터 물품번호 : 202103081991570

- · 위치, 가속도, 힘을 측정할 수 있는 센서 카트
- · 위치 분해능: 0.25mm, (기본) 1mm
- · 힘 범위: ±50N
- · 가속도계 범위: ±160m/s2



25g 가속도 센서

- ACC-BTA
- · 측정범위 : ±245m/s² (±25g)



저범위 가속도 센서

- ■LGA-BTA
- · 측정범위 : ±50m/s² (±5g)



3축 가속도 센서

- 3D-BTA
- · 측정범위 : ±49m/s2 (±5 g)



운동 센서

- MD-BTD
- · 측정 범위 : 0.15~6m



포토게이트

- VPG-BTD
- · 측정 범위 : 0.15~6m



힘 센서

- DFS-BTA
- · 측정범위(저범위): ±10N
- · 측정범위(고범위): ±50N



힘 측정판

- FP-BTA
- · 측정범위 :
- -850~3500N 또는 -200~850N



포물선 실험장치

■ VPL





· 광학



고 무선 조도색도 센서

GDX-LC

학교장터 물품번호 : 202202143809803

조도측정범위: 0~150,000lux UV파장범위: 320~375 nm RGB범위: 0~1,000



광학 회절 실험장치

DAK

학교장터 물품번호 : 202103112014714

다양한 슬릿으로 빛의 회절 및 간섭 패턴을

생성하고 확인

↓ 유선 센서는 인터페이스(별도 구매)가 필요합니다.



조도 센서

LS-BTA

조도측정범위: 0~150,000lux



광학 렌즈 실험장치

OEK



광학 색혼합 실험장치

CM-OEK



광학 편광 실험장치

PAK-OEK



광학 거울 실험장치 ■M-OEK

· 기체 ·



고 무선 기체압력 센서

GDX-GP

학교장터 물품번호 : 202102261956854

측정범위 : 0~210kPa



고 무선 산소 센서

GDX-O2

학교장터 물품번호 : 202102261956951

산소측정범위: 0~100%



고 무선 이산화탄소 센서

GDX-CO2

학교장터 물품번호 : 202102261956887

이산화탄소측정범위 : 0~100,000ppm

↓ 유선 센서는 인터페이스(별도 구매)가 필요합니다.



기체압력 센서

■GPS-BTA

· 측정범위 : 0~210kPa



고범위 압력 센서

■ PS400-BTA

· 측정범위 : 0~400kPa



산소 센서

O2-BTA

· 측정범위 : 0~27%(0~270ppt)



이산화탄소 센서

CO2-BTA

· 측정범위 : 0~100,000 ppm



바이오 챔버 250

BC-250



바이오 챔버 2000

■ BC-2000



· 신재생 에너지



고 무선 에너지 센서

GDX-NRG

학교장터 물품번호 : 202103081991697

· 최대 입력 전위: ± 30V · 최대 입력 전류 : ± 1000 mA

↓ 유선 센서는 인터페이스(별도 구매)가 필요합니다.



미니풍력 에너지 실험장치

KW-MWTBD

기어박스와 제너레이터를 이용한 풍력발전 기술 이해



에너지 센서

■ VES-BTA

· 최대 입력 전위 : ± 30V

· 최대 입력 전류 : ± 1000 mA



가변 저항

VFS-VI

· 최대 입력 전류: 0.22 A

· 저항: 6 ~ 255 Ohm



저항보드

VFS-RB

• 저항 값 : 10 Ω, 15 Ω, 20 Ω, 30 Ω, 39Ω , 51Ω , 100Ω

• 수질 •



고 무선 에탄을 센서

GDX-ETOH

학교장터 물품번호 : 202003090452677

측정범위: 0~3%



고 무선 광학 용존 산소 센서

GDX-ODO

학교장터 물품번호 : 202102151888523

측정범위: 0~20 mg/L



고 무선 이온센서용 전극 센서

GDX-ISEA

학교장터 물품번호 : 등록 진행중

측정범위: ±1000mV



고 무선 이온 측정 센서

칼슘, 염소, 암모늄, 칼륨, 질산 이온 측정

고 무선 **칼슘** 이온 측정 센서

측정범위: 1~40,000mg/L

고 무선 염화 이온 측정 센서

측정범위: 2~35,000mg/L

GDX-CL

GDX-NH4

고 무선 **암모늄** 이온 측정 센서

측정범위: 1~18,000mg/L

고 무선 **칼륨** 이온 측정 센서

GDX-K

측정범위: 1~39,000mg/L

고 무선 **질산** 이온 측정 센서

GDX-NO3

측정범위: 1~14,000mg/L

↓ 유선 센서는 인터페이스(별도 구매)가 필요합니다.



GDX-CA

에탄올 센서

■ ETH-BTA

· 측정범위 : 0 ~ 3%



광 DO 센서

ODO-BTA

• 측정범위 : 0 ~ 20 mg/L



칼슘이온선택성 센서

CA-BTA

• 측정범위 : 1~40,000mg/L



질산이온선택성 센서

■ NO3-BTA

· 측정 범위 : 1~10,000 mg/L



역화이온선택성 센서

CL-BTA

· 측정 범위: 10~20,000 mg/L



암모늄이온선택성 센서

NH4-BTA

· 측정 범위: 1~18,000 mg/L



칼륨이온선택성 센서

■K-BTA

· 측정 범위: 90~39,000 mg/L





·생체



고 무선 EKG 센서

GDX-EKG

학교장터 물품번호 : 202103081994982

· 심장과 근육에서 발생되는 전기적 신호 측정



고 무선 호흡측정 센서

GDX-RB

학교장터 물품번호 : 202103081995124

· 사람 가슴에 착용하여 호흡 측정

· 측정범위: 0~50 N



고 무선 혈압 센서

GDX-BP

학교장터 물품번호 : 202003090452613

· 측정범위: 0~300mmHg



고 무선 폐활량 센서

GDX-SPR

학교장터 물품번호 : 202003090452638

· 유량 범위 : ±10 L/s



고 무선 악력 센서

GDX-HD

학교장터 물품번호 : 202003090452694

· 측정 범위: 0~600N

↓ 유선 센서는 인터페이스(별도 구매)가 필요합니다.



EKG 센서

■ EKG-BTA

· Offset: ~1.00 V (±0.3 V)



Qubit EKG/EMG 센서

Q-S207

· 주파수 응답: 0.2Hz~1.6kHz



호흡측정 센서



교육용 혈압 센서

■BPS-BTA

· 압력 범위 : 0 ~ 258mmHg



폐활량 센서

SPR-BTA

· Flow rate: ±10 L/s



· 스펙트로 미터 -



고 무선 색도계

GDX-COL

학교장터 물품번호 : 202202143809496

· 파장: 430nm, 470nm, 565nm, 635nm



고 무선 스펙트로 VIS PLUS

GDX-SVISPL

학교장터 물품번호 : 201802077005618

· 파장 범위: 380nm-950nm · 형광 파장 : 405nm 또는 500nm

· 파장 정확도 : ± 4,0nm



스펙트로 미터 광파이버

VSP-FIBER

학교장터 물품번호 : 201802077005758

· 측정범위: 350~900nm





버니어 스펙트럼 전원장치(싱글타입)

ST-SPS

학교장터 물품번호 : 202103081994636



스펙트럼 튜브

품명	제품코드	학교장터 물품번호
수소	ST-H	202007060933425
질소	ST-N	202007060934080
헬륨	ST-HE	202007060933507
네온	ST-NE	202007060933916
이산화탄소	ST-CO2	202007060933984
공기	ST-AIR	202007060933972
아르곤	ST-AR	202007060934093

↓ 유선 센서는 인터페이스(별도 구매)가 필요합니다.



색도계

■ COL-BTA

· 파장 : 430nm, 470nm, 565nm, 635nm

· 이화학 기기 ~



고 무선 전기화학용 전류 센서

GDX-CCS

학교장터 물품번호 : 202104222225620

· 측정 범위 : 0~0.6A



고 무선 순환 전압전류 실험장치

GDX-CVS

학교장터 물품번호 : 202104222226546

화학시스템에 쉽게 전위를 추가하고 제어, 전류 반응 측정



고 무선 융점측정 센서

GDX-MLT

학교장터 물품번호 : 202103081995619

· 범위: 260°C 까지



고 무선 화학 편광계

GDX-POL

학교장터 물품번호 : 202104222227106

· 광원 : LED

파장(nominal) : 589nm 정확도(광학적 회전 측정) : ±1°



고 무선 기체크로마토그래프

GDX-GC

학교장터 물품번호 : 202103081996087

* 37151 Ball * . 2021020010

↓ 유선 센서는 인터페이스(별도 구매)가 필요합니다.



전기화학용 전류 센서

CCS-BTA

· 측정 범위: 0~0.6A



융점 측정 센서

MLT-BTA

· 온도 범위: 30~260℃



화학 편광계

■ CHEM-POL

• 회전 분해능 : 0.25°



ㆍ 기타



고 무선 3축 자기장 센서

GDX-3MG

학교장터 물품번호 : 202202143809432

· 측정 범위: ±5mT 및 ±130mT · 작동 온도: -40°C~85°C



고 무선 소음 센서

GDX-SND

학교장터 물품번호 : 202003090453364

· 범위: 55-110dB · 정확도: ±3dB



고 무선 구조 모형 실험장치

GDX-VSMT

학교장터 물품번호 : 202103091998093

· 작동 범위: 0~1,000N · 분해능 : 0.1N

↓ 유선 센서는 인터페이스(별도 구매)가 필요합니다.



풍속 센서

ANM-BTA

· 측정 범위 : 0.5 ~ 30m/s · 분해 능력: 1.2x10-2m/s



고 무선 방사선 모니터

GDX-RAD

학교장터 물품번호 : 202103091998483

· 알파, 베타, 감마선 및 X선 방사선에 민감하게 반응



▶ 패키지

고 무선 기상관측 센서

GDX-WTHR

학교장터 물품번호 : 202102251951056

· 바람 속도 범위: 0~30m/s · 온도 범위: -40 to 120°C · 습도 범위 : 0~100%

· 절대 압력 범위 : 260~1260mbar

· 최대 무선 통신 가능 거리: 30m(장애물이 없을 때)



· 구성 : 고 무선 기상관측 센서 본체, 고 무선 기상관측 센서용 악세서리, 삼각대



자기장 센서

■MG-BTA

· 측정범위

low: 6.4mT, High: 0.3mT



주의사항

이 제품을 포함한 버니어의 모든 제품은 교육용으로 제작되었습니다. 따라서 산업, 의료 또는 연구용으로 사용하기에는 부적합할 수 있습니다.

제품문의

제품에 문제가 발생할 시「(주) 한국과학」으로 문의주시기 바랍니다. E-MAIL, info@koreasci.com TEL, 02-929-1110

Physics Laboratory Equipment

물리 실험 장비

1. 스탠드 & 로드	19
2. 클램프	19
3. 슬롯 추	20
4. 중량	20
5. 분동	20
6. 실험용 시료	21
7. 전원공급 장치	21
8. 신호발생기	22
9. 측정기기	22







1. 스탠드 & 로드 (Stand Base & Rod)

PRODUCT

1-1. A형 스탠드[소형/대형]

: 수평조절이 가능한 A형 스탠드, 대형의 경우 2개의 로드 고정 가능



A형 스탠드[소형]

C2942



A형 스탠드[대형]

C9818

1-2. B형 스탠드[소형/대형]



B형 스탠드[소형]

CH0648A



B형 스탠드[대형]

CH0648B

1-3. A형 스탠드



A형 스탠드

CH0655



1-4. 삼각 스탠드

삼각 스탠드

000600

1-5. 스탠드 로드



길이	코드
100cm	000810
50cm	000840
25cm	000850
10cm	000860

2. 클램프(Clamp)



클램프

002300

· 고정 길이 : 7~16mm · 길이: 130mm

· 무게 : 0.18kg



고리형 클램프

002700

· 고정 길이 : 7~16mm

· 길이 : 130mm

· 무게: 0.1kg

PRODUCT





회전형 클램프

002320

· 고정 길이 : 7~18mm · 길이: 155mm





링 클램프

003810

· 클램프와 지름 10cm Retort ring



홀 클램프

002800

· 10mm 로드 연결 · 고정 길이: 7~18mm

· 길이: 80mm

· 무게: 0.077kg



집게형 클램프 A형

CH0663C

· Rods 최대 지름 19mm 까지 가능



집게형 클램프 B형

CH0682

- · 스탠드에 연결 후 시험관, 플라스크 등 고정
- · 고정 길이 : 최대 16.5mm



온도계 클램프

CH0667A

· 스탠드에 연결하여 온도계 또는 광파이버 고정

PRODUCT

· 길이: 140mm · 고정 직경: 6~12mm · 조절 각도 : 360°

3. 슬롯 추(Slotted Set of Masses and Hanger)



슬롯 추 세트(Total, 21g)

196300

- · 에어 트랙에서 카트 가속에 사용
- · Hanger: 2g
- · Masses: 1g(2), 2g(1), 5g(1), 10g(1)



슬롯 추 세트(Total, 200g)

PHZNW200SET

· Hanger: 20g

· Masses: 20g x 9



슬롯 추 세트(Total, 250g)

PH0258F

· Hanger: 50g



5. 분동

슬롯 추 세트(Total, 1000g)

PH0258D

· Hanger: 100g · Masses: 100g x 9

4. 중량



후크형 중량 세트(Total. 2100g)

670119



분동 세트A PH0034A



PRODUCT

PRODUCT

6. 실험용 시료(Experimental Specimens)



길이 측정 시료

PH0432

· Copper, Lead, Brass, Zinc, Iron, Aluminum

· 중량 : 100g

· 지름 : 16mm



비중 중량 세트

151010

· Aluminum, Brass, Copper

· 지름 : 19.8mm · 길이 : 32mm



비중 측정용 시료 세트

PH0112A

· Brass, Aluminum, Steel, Copper

· 지름 : 12.5mm · 길이 : 50mm



비열 중량 세트

272510

· Aluminum(100g), Brass(200g), Bismuth(200g)



비중 실험용 큐브 세트 [후크형]

PH0108P

· Brass, Lead, Zinc, Copper, Aluminum, Iron

· 크기: 20mm x 20mm x 20mm



방사선 흡수 판 세트

514006

· Brass, Aluminum, Steel, Copper

· 납 플레이트 : 2mm(6), 1,2mm(8)

· 알루미늄 플레이트 : 3mm(2), 2mm(6), 0.5mm(4)

7. 전원공급 장치



DC 전원공급 장치(30V/5A)

PS3005

· 출력 전압: 0~30V · 출력 전류: 0~5A

· 출력 전력: 150W · 무게: 1.8kg

· 크기: 225 x 90 x 142mm

· 특징: LED미터로 전압 및 전류, 전력 확인 가능

: 정전압, 정전류 기능 제공

: 보조 출력을 통한 전자기기 충전 가능



AC/DC 전원공급 장치

KSAD15

· 출력 전압: 0~15V · 출력 전류: 7A

· 크기 및 무게 : 175x180x270mm, 5kg

· 특징: AC 및 DC 출력가능, 전압 및 전류 표시 용 LED 미터, 과전류 보호, 안정적인 전압/전류 인가



AC/DC 전원공급 장치(500V)

FR365575

· DC 전압: -50~500V

전류 : 최대 50mA

· AC 전압: 2V, 3V, 4.5V, 6V, 7V

전류: 최대 50mA

· 크기 및 무게: 297 x 225 x 118mm, 4.55kg

· 특징: LED 미터로 전압 및 전류 확인 가능

: DC 출력 전압 지속적으로 조정 가능

: AC 출력 전압 단계별 조정 가능

: DC 출력 한계 전류 보호 기능 제공

: AC 출력 단락 보호 기능 제공

: 과열 방지 기능 제공



DC 고전압 전원공급 장치(6000V)

FR367060

· DC 전압: 0~6000 V DC

전류: 0~4 kV(1,8 mA)

4~6 kV(0.1 mA)

· AC 전압: 6.3 V AC (고정)

전류 : 3 A

· 크기: 297 x 225 x 118mm / 무게: 4,8kg



8. 신호발생기



교육용 신호발생기

250310

· 교육용으로 제작된 신호발생기

· Waveforms: Sin, Triangle, Square · Frequency Range: 0.05Hz ~ 50kHz

· 최대 전류: 1 A



고급형 신호발생기

250350

· Waveforms: Sin, Triangle, Square · Frequency Range: 0,001Hz ~ 10MHz

· 최대 전류 : 1 A

고급 실험용 자 RULE-SPL · 100cm

버니어캘리퍼스 KR2100

· 측정범위: 0~150mm · 최소눈금: 0.05mm

9. 측정기기

9-1 길이 측정



실험용 자(나무)

재질	길이	코드
나무	50cm	PH0064B
니ㅜ	100cm	PH0064A
금속	50cm	PH0072B
	100cm	PH0072C



줄자

종류	코드
3 m	KR2100
5 m	KR8100



9-2 저울

마이크로미터

KR3100

· 측정범위 : 0~25mm · 최소눈금: 0.01mm



구면계

PH0092

· 측정범위: -10~+10mm · 분해능력: 0.01mm





고급형 용수철 저울

· 물리당을 정말아게 즉정		
종류	코드	
100g (1N)	PH0036A	
250g (2.5N)	PH0036B	
500g (5N)	PH0036C	
1kg (10N)	PH0036D	
2kg (20N)	PH0036E	
3kg (30N)	PH0036F	
5kg (50N)	PH0036G	
<u> </u>	÷	



교육용 전자저울

· 간편 조작이 가능한 교육용 전자저울

종류	분해능	코드
210 g	1/2,100	KR4100
510 g	1/5,100	KR5100
2100 g	1/2,100	KR6100
5100 g	1/5,100	KR7100



PRODUCT

PRODUCT





오하우스 교육용 전자저울

- · Vernier MBL과 호환가능
- · AC 전원 아답터 또는 건전지로 작동 가능

오하우스 전자저울 연결케이블

OHS-USB

용량	정밀도	코드
420g	0.01g	OHS-422
220g	0.01g	OHS-222
120g	0.001g	OHS-123

9-3 오실로스코프



오실로스코프 [PC-USB]

400100

· Channels: 2

Bandwidth: 60 MHzSample Rate: 500 MS/s

· Vertical scale : 5 mV/div ~ 5 V/div



디지털 오실로스코프

대역폭	코드	무게	
70 MHz	GDS-1072B	2.8kg	
100 MHz	GDS-1102B	2.8kg	

- · 2개의 아날로그 신호 입력 채널 사용가능
- · 파형 업데이트 속도는 50,000wfms/s 이므로 상세한 파형 변화 확인 가능
- · PC 원격 제어로 파형 데이터 저장

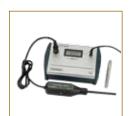
9-4 디지털 멀티미터



디지털 멀티미터

카운트 수	코드
2000	EX310
2000[True RMS]	EX411
4000	EX430

- · 회로의 전류, 전압 측정
- · True RMS 모델은 보다 정밀한 측정 가능



9-5 자기장 측정기

고급형 자기장 측정기

406050

- · 전자기 실험에 사용
- · 측정에 사용되는 프로브 포함
- · 범위 : 0.01 ~ 2T (분해능 : 1mT) : 1 ~ 200mT (분해능 : 0.1mT)
- · 크기 : 172 x 108 x 65mm

9-6 전압계



아날로그 전압계

PH1108A

- · AC, DC 전압을 측정할 수 있는 전압계
- · 범위: 1V, 10V, 30V, 300V, 500V
- · 크기 : 190 x 125 x 85mm



고급형 전압계

381560

- · AC, DC 전압을 측정할 수 있는 전압계 과부하 보호장치(max. 15 A)가 내장되어 안전한 사용 가능
- Range: 3 V, 15 V, 30 V Impedance: 10 kΩ/V
- · 크기 : 173 x 108 x 65mm

9-7 전류계



아날로그 전류계

PH1108B

- · AC, DC 전류를 측정
- · 범위: 10mA, 100mA, 300mA, 1A, 3A, 5A
- · 크기 : 190 x 125 x 85mm



고급형 전류계

381570

- · AC, DC 전류를 측정
- · 과부하 보호장치(max. 15 A)가 내장되어 안전한 사용 가능
- · 범위 : 5mA, 50mA, 5A
- · Impedance : $10k\Omega/V$
- · 크기 : 173 x 108 x 65mm

Physical laboratory Accessory by field

분야별 실험장치

1. 역학(Mechanics)	25
2. 파동(Wave Physics)	26
3. 열역학(Thermosynamics)	27
4. 광학(Optics)	28
5. 전자기(Electricity)	30
6. 현대물리(Modern Physics)	33





본 카탈로그의 제품은 2022년 Vernier MBL을 기준으로 작성되었습니다. 본사의 정책에 따라 Vernier MBL 제품의 사양 및 디자인, 소비자가는 변동될 수 있습니다.

1. 역학(Mechanics)



자유낙하 실험장치

PH0318

- · 낙하하는 물체에 미치는 중력 영향 실험
- · 자유낙하와 포물선 운동의 차이 확인
- · 구성품: 자유낙하 실험장치, 쇠구슬(2)



단진자 세트

PH0306F

- · 다양한 물리 실험(운동, 진동, 단진동)에 사용가능
- · 구성: Brass, Copper, Iron



PRODUCT

곡선형 충돌 실험 트랙 199220

- · 곡선형으로 2차원 탄성 충돌과 비탄성 충돌 실험 가능
- 구성품: 곡선형 볼트랙, 플럼블 라인, 12mm 강철 볼(2), 12mm 유리 볼, 25mm 나무 볼



고리형 진자

PH0311

· 고리 세 개 장착



에어트랙 |

₩ 견적문의 195050

- · 마찰을 최소화하여 다양한 역학 실험 수행
- · 구성품: 에어트랙, 에어트랙 카트(2), 에어트랙용 액세서리 세트



에어트랙용 송풍기

- 197070
- · 에어트랙(195050)에 사용 가능
- · 구성품: 송풍기 본체, 호스(2 m)



에어트랙 카트

- 196000
- · 에어트랙(195050)에 사용 가능
- · 무게: 170g
- · 길이: 125mm



에어트랙 전자식 런처

- 195210
- · 에어트랙(195050)에 사용 가능
- · 구성품: 1600 tuns 코일, Core, 키퍼 플러그



에어트랙 플러그, 25mm

- 195560
- · 에어트랙(195050)에 장착, 포토게이트 통과 시간 확인



에어트랙 플러그, 100mm

- 195550
- · 에어트랙(195050)에 장착, 포토게이트 통과 시간 확인



에어트랙 후크 플러그

- 195540
- · 슬롯 추(196300)와 함께 사용, 에어트랙(195050)에서의 가속 운동 확인



에어트랙 튜브 플러그

- 195530
- · 에어트랙(195050)에 장착, 비탄성 충돌 확인



에어트랙 범퍼 플레이트 플러그

- 195510
- · 에어트랙(195050)에 장착, 탄성 충돌 확인



에어트랙 범퍼 포크 플러그

- 195500
- · 에어트랙(195050)에 장착, 탄성 충돌 확인
- · 전자식 런처(195050)와 함께 사용 가능



에어트랙 액세서리 세트

195003

- · 에어트랙(195050)에 장착, 다양한 역학실험 수행
- · 구성품 : 카트 추_50g(196010)(4), 에어트랙 범퍼 포크 플러그(195500)(3), 에어트랙 범퍼 플레이트 플러그(195510)(3), 에어트랙 핀 플러그(195520)(1), 에어트랙 후크 플러그(195540)(1), 에어트랙 튜브 플러그(195530)(1), 에어트랙 플러그_25mm(195560)(2), 에어트랙 도르래 플러그(196500)(1), 에어트랙 슬롯 추 세트(196300)(1)

에어트랙 ||

C9305

- · 마찰을 최소화하여 다양한 역학 실험 수행
- · 소재 : Aluminium alloy
- · 길이: 200cm



에어트랙용 송풍기

CH238

· 에어트랙(C9305)와 함께 사용



- · 에어트랙(C9305)에 장착, 다양한 역학실험 수행
- · 구성품: 에어트랙 카트_200g(2), 카트 추_50g(4), 알루미늄 스트립 플러그(3), 스크린 플러그(1), 크레이 플러그(1), 핀 플러그(1), 포크 플러그(3), 카드 플러그(1), 카드 후크 플러그(1), 도르래 플러그(1), 고무 밴드(10)

2. 파동(Wave Physics)



나선형 스프링, 32mm

215510

나선형 스프링, 74mm

215520



실험용 스피커

250515

- · 다양한 파동 실험에 사용가능
- · 전원: 2.5 W



버니어 스프링 세트

SPRING

- · 두 가지 스프링 상수로 구성
- · 구성품: 5N/m 스프링(3), 15N/m 스프링(3)

PRODUCT



후크형 스프링 세트

215580

- · 서로 다른 스프링 상수로 구성
- · 구성품: 0.5N, 1N, 2N, 3N, 5N



PH0742B

· 구성품: 소리 굽쇠, 426Hz(2), 망치, 진동수 조절 나사





소리 굽쇠, 1000 Hz

224010

· 크기: 118 x 30mm

· 무게 : 97 g



소리 굽쇠, 1700Hz

224000

· 크기: 104 x 30mm

· 무게 : 87g



소리 굽쇠 세트(8종)

PH0738BN8

· 구성품 : C256, D288, 320, F341.3,

G384, A426, B480, C512



소리의 공명 실험 튜브

KS2230

- · 소리의 공명 실험 수행
- · 닫힌 관과 열린 관에서의 소리의 공명 실험 가능
- · 구성품: 소리의 공명 실험용 튜브, 닫힌 관 실험용 피스톤, 스피커 이송 막대, 스피커 헤드, 튜브 지지대(2), 피스톤 지지대, 마이크로폰 프로브





- · 소리의 공명 실험 튜브(KS2230)와 함께 사용가능
- · 구성품: 버니어 마이크로폰 프로브, 프로브 지지대. 마이크로폰 지지대

진동자

218500

- · 다양한 진동자 액세서리를 연결하여 파동실험 가능
- · 진동수: 0.1 Hz~5 kHz
- · 최대 전류: 1A
- · 크기 : Ф90mm x 80mm
- · 구성품 : 진동자, 정상파 고무줄 홀더, 스탠드 고정용 로드, 퓨즈(1A)





원형 클리드니 판

종류	크기	코드
소형	Ø 170mm	218525
대형	Ø 340mm	CHLA340D



사각형 클라드니 판 (소형/대형)

종류	크기	코드
소형	140x140mm	218520
대형	300x300mm	CHLA300



정상파 고무줄

218540 진동자(218500)와 연결하여 줄의 정상파 확인



정상파 스프링

215550

- · 진동자(218500)와 연결하여 스프링의 정상파 확인
- · Length: 155mm



정상파 스트립

218530

· 진동자(218500)와 연결하여 금속의 길이에 따른 정상파 확인



정상파 와이어

218510

· 진동자(218500)와 연결하여 원형 피아노 와이어의 정상파 확인

PRODUCT

3. 열역학(Thermosynamics)



방열판

270000

- · 흰면과 검은면으로 구성된 방열판
- · 표면 색상에 따른 태양 및 할로겐 램프에 의한 복사열 탐구



열 발생기(모터 장착형)

487510

· 펠티에 효과와 제백효과 확인



투입형 전열기

PH0436

· 메탈 블록 칼로리미터(PH0435)와 함께 사용하도록 설계된 투입 히터

Power: 50WVolts: 12V



메탈 블록 칼로리미터

PH0435A~D

· 투입형 전열기(PH0436)과 함께 사용하여 전기적 열용량 확인



종류	코드	무게	크기
Aluminum	PH0435A	1kg	86mm x 76mm
Mid Steel	PH0435B	1kg	88mm x 44mm
Copper	PH0435C	1kg	85mm x 44mm
Brass	PH0435D	1kg	85mm x 44mm

열량계

274050

· 열량 측정에 적합한 고급 열량계

· 용량 : 350ml

· 직경

: Ø 100x120mm(외부) : Ø 70x90mm(내부)

· 무게 : 84 g





줄의 법칙

274010

· 열량계(274050)과 함께 사용하여 줄의 법칙 증명

· 2.5 Ohm 저항 2개로 구성되어 있으며 개별 사용 또는 직병렬 연결 사용이 가능

· 높이 : 120mm · 무게 : 110 g

4. 광학(Optics)

다이오드 레이저

· 다양한 광학 실험에 사용되는 다이오드 레이저

종류	코드	전원	크기
Red	DO108015	1mW	175 x 20 x 20mm
Green	DO108016	1mW	175 x 20 x 20mm
Blue	DO108023	1mW	175 x 20 x 20mm





PRODUCT



PH0602A

· 빛의 경로를 확인

· 구성품 : 레이박스, 굴곡 측정기, 플러그(4mm), 전구(12V, 24W), 전구 홀더, 슬릿 판, 알루미늄 판



이중슬릿

324010

· 0.1mm 간격의 이중 슬릿

· 슬라이드 규격 : 50mm x 50mm





회절 격자

· 다양한 회절 실험이 가능한 회절 격자

	•	-	
종류	코드	크기	창 영역
300lines/mm	324500	30mm x 45mm	24mm x 36mm
600lines/mm	324510	30mm x 45mm	24mm x 36mm
1200lines/mm	324520	30mm x 45mm	24mm x 36mm





회절 격자

- · 다양한 회절 실험이 가능
- · Plate: 50mm x 50mm
- · Grating area: 25mm x 25mm

종류	코드
100lines/mm	PH0624A
300lines/mm	PH0624B
600lines/mm	PH0624C
1000lines/mm	PH0624D



고급형 회절 격자

· 유리 슬라이드 사용

종류	코드
300lines/mm	325505
600lines/mm	325510



회절 격자 슬라이드

PH0625

- · 세 개의 서로 다른 회절 격자로 구성
- Diffraction Slide:100lines/mm, 300lines/mm,600lines/mm



간이 분광계 A형

PH0594A

· 가시광선을 회절시켜 연속 스펙트럼 관찰



간이 분광계 B형

PH0595B

· 액체의 흡수 스펙트럼 관찰 가능



거울 세트

290310

- · 볼록거울과 오목거울로 구성
- · 렌즈 및 조리개 홀더(290201)와 함께 사용
- · 직경 : Ø 50mm
- · 초점거리: +/-10cm



고급 렌즈 세트, Ø 50mm

290300

- · 6개의 렌즈로 구성
- · 렌즈 및 조리개 홀더(290201)와 함께 사용
- · 초점거리: -5cm, -10cm, +5cm,
- +10cm, +20cm, +100cm



렌즈 세트, Ø 50mm

PH0538A

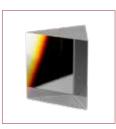
- 6개의 렌즈로 구성
- · 구성품 : 볼록렌즈, 단면 볼록렌즈, 오목렌즈, 단면 오목렌즈, 수렴 렌즈, 발산 렌즈



렌즈 및 조리개 홀더

290201

- · ∅ 50mm 렌즈 및 거울 또는 50mmx50mm 조리개 홀더
- · 1~16mm 두께의 렌즈 및 조리개를 장착



고급 프리즘

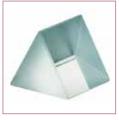
- · 빛의 분산 관찰 또는 분광 실험에 사용
- · 규격 : 30X30X30mm
- crown 298520
- Flint glass 298530



프리즘 마운트

299000

- · 10mm~50mm 높이의 프리즘 고정 가능
- · 로드 직경 : Ø 10mm
- · 프리즘 디스크 직경 : Ø 62mm



프리즘

· 빛의 분산 관찰 또는 분광 실험에 사용



프리즘 렌즈 세트

PH0576

- · 빛의 경로, 굴절, 분광 등 다양한 실험 수행
- · 구성품 : 직사각형(75x50mm), 반원형(90mm), 삼각형(75mm), 양면볼록형(90mm), 양면 오목형(90mm)

종류	코드	굴절율	크기
Crown	PH0583A		30x30x30mm
Dense Flint	PH0583B	1,62	32x32x28mm
Extra Dense Flint	PH0583C	1.65	40x40x60mm
Double Extra Dense Flint	PH0583D	1.71~1.74	40x40x60mm
Extra Dense Flint Glass	PH0583E	1.62	48x48x60mm



광학 스크린, 흰색

305510

- · 광학실험에 사용되는 흰색 스크린
- · 스크린 크기: 250 x 250 x 2,5mm



광학 스크린, 반투명

305500

- · 광학실험에 사용되는 반투명 스크린
- · 스크린 크기: 250 x 250 x 3mm

5. 전자기(Electricity)



연결선

· 다양한 전자기 실험에 사용되는 연결선

종류	코드
빨강, 300mm	BANANA30-RED
파랑, 300mm	BANANA30-BLUE
검정, 300mm	BANANA30-BLK
빨강, 1000mm	PH1055-RED
노랑, 1000mm	PH1055-YELL
파랑, 1000mm	PH1055-BLUE
검정, 1000mm	PH1055-BLK



당약실업에 사용되는 만! 사크리 크기 : 250 × 250

PRODUCT

고전압용 연결선

- · 고전압을 이용한 전자기 및 현대물리 실험에 사용되는 연결선
- · 최대 전압: 3 kV
- · 최대 전류: 20 A

종류	코드
빨강, 300mm	3K20ASBC-R30
노랑, 300mm	3K20ASBC-Y30
초록, 300mm	3K20ASBC-G30
검정, 300mm	3K20ASBC-K30
빨강, 1000mm	3K20ASBC-R1M
노랑, 1000mm	3K20ASBC-Y1M
초록, 1000mm	3K20ASBC-G1M
검정, 1000mm	3K20ASBC-K1M



악어클립 연결선

PK10-SS

· 전기회로 실험에 사용되는 악어 클립 연결선 세트(10 EA)



직선 도선

DM208005

- · 직선 도선에 전류가 흐를 때 발생하는 자기장 관찰
- · 크기 : 130 x 80 x 100mm
- · 무게 : 90g



원형 도선

DM208006

- · 원형 도선에 전류가 흐를 때 발생하는 자기장 관찰
- · 크기 : 130 x 80 x 100mm
- · 무게 : 90g





솔레노이드 도선

DM208007

- · 솔레노이드에 전류가 흐를 때 발생하는 자기장 관찰
- · 크기: 130 x 80 x 100mm
- · 무게 : 90g



전류 천칭 모듈

456500

- · 도선의 길이에 따른 라플라스 힘 확인
- · 최대 전류 : 5A
- · 회로 길이: 1cm, 2cm, 3cm, 4cm, 6cm, 8cm



전류 천칭(솔레노이드)

456510

· 전류의 방향과 자기장 사이의 각도에 따른 힘 측정



가변저항

PH1155~

· 전자회로에서 저항 값을 임의로 변경 가능



저항보드, 1m

· 도체의 단면적과 길이에 따른 전기 저항 확인

종류	코드
2 wires	PH1161B
6 wires	PH1161C

Range	코드	최대 전류	튜브크기
10 Ohm	PH1155B	5.60A	300 x 56mm
33 Ohm	PH1155D	3,10A	250 x 56mm
100 Ohm	PH1155F	1.75A	200 x 56mm
330 Ohm	PH1155H	0.95A	300 x 56mm



저항 박스

PH1133A4

- · 회전 다이얼을 사용하여 저항 값을 간편하게 사용
- · 최대 전력 : 2 W · 최대 전류 : 700mA



저항 박스

· 회전 다이얼을 이용하여 저항 값을 간편하게 조절

	_
범위	코드
10~100 Ohm	PH1127C
100~1000 Ohm	PH1127D



저항 세트(25종)

RES-00001

· 구성품 : 10Ω, 22Ω, 47Ω, 100Ω, 200Ω, 330Ω, 510Ω, 680Ω, 1kΩ, 1,2kΩ, 2kΩ, 3,3kΩ, 3,9kΩ, 4,7kΩ, 5,1kΩ, 10kΩ, 20kΩ, 47kΩ, 51kΩ, 68kΩ, 100kΩ, 220kΩ, 300kΩ, 470kΩ, 680kΩ



저항 홀더

429130

· 4개의 저항을 연결 가능

· 크기: 120 x 90mm



축전기 박스

PH1138A

- · 회전 다이얼을 이용해 간편하게 전기용량 조절
- · 범위: 10~100nF



솔레노이드

· 전자기 실험에 사용

종류	코드	턴 수	크기(mm)
대형	PH0804C	270	Ø50x300
소형	PH0804D	700	Ø45x150



솔레노이드(다중 턴)

DM208011

- · 소켓을 통해 솔레노이드의 감은 수 조정 가능
- · 감은 수에 따른 솔레노이드의 자기장 확인 가능
- · 최대 전압: 6V · 최대 전류: 7A
- · 크기: 550 x 155 x 110mm
- · 무게 : 2.3kg



헬름홀츠 코일(트랙형)

PH0845HEL

· 균일한 자기장 형성

· 구성품 : 헬름홀츠 코일(2), 코일 마운트(2). 트랙(350mm), 트랙 지지대(2)

· Turns: 400turns · 최대 전류: 1A · 직경: Ø 150mm



헬름홀츠 코일

PH0845HELPAR

· 균일한 자기장 형성

· 광학 벤츠(294610), 광학 새들 (470810)과 함께 사용 가능

· Turns: 400 turns · 최대 전류: 1A · 직경 : ∅ 150mm

학생용 코일

· 전자기 실험에 사용되는 학생용 코일

· 다양한 코어와 함께 사용









			_
Turns	코드	최대 전류	저항
200 turns	462510	2 A	0.7 Ohm
400 turns	462520	1 A	2,3 Ohm
600 turns	462522	0.75 A	4,3 Ohm
800 turns	462525	0.5 A	9.5 Ohm
1600 turns	462530	0.25 A	33,3 Ohm
3200 turns	462540	0.125 A	146 Ohm
200/400 turns	462517	1 A	2,3 Ohm
300/600 turns	462527	0.75 A	4.3 Ohm



변압기 U/I코일 홀더

463000

· 학생용 코일과 함께 사용가능

· 재질 : 라미네이트



변압기 I Core

학생용 코일과 함께 사용가능

종류	코드	크기
laminated	463010	20x20x83mm
solid	463020	20x20x83mm



변압기 E Core

463500

· 학생용 코일과 함께 사용가능

· 재질: 라미네이트

데모용 변압기 U/I Core

459700

· 데모용 코일과 함께 사용

· 높이 : 170mm · 넓이: 150mm · 단면적 : 40x40mm

· 무게 : 6kg





U/I Core 브라켓

459725

· 데모용 변압기 U/I Core (459700)에 사용



데모용 코일, 600 windings

459640

· 데모용 변압기 U/I Core (459700)와 함께 사용

· 전류 : 2.5A · 저항 : 3.5Ω

· 유도용량 : 14mH



코일, 600 windings

459645

· 데모용 변압기 U/I Core (459700)와 함께 사용 가능한 전원연결형 코일

· 전류: 2.5A · 저항: 3.5 Ω



데모용 코일, 1200 windings

459650

· 데모용 변압기 U/I Core (459700)와 함께 사용 가능한 전원연결형 코일

· 전류: 1.5 A · 저항 : 15Ω · 유도용량 : 56mH



코일, 24000 windings

459655

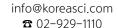
· 데모용 변압기 U/I Core (459700)와 함께 사용 가능한 전원연결형 코일

· 고전압 출력으로 인한 감전 예방을 위한 절연 기능 탑재

· 저항 : 11kΩ

· 유도용량 : 24,5H





PRODUCT

6. 현대물리(Modern Physics)



빛의 속도 실험장치

201710

- · 빛의 속도를 측정
- · 구성품 : 빛의 속도 측정장치, 반사판, 전원 어댑터, 매뉴얼(영문)



안개상자

512000

- · 방사선 입자의 궤적 관찰
- · 50g의 드라이아이스와 알콜 1~2mL를 이용해 간편하게 사용
- · 크기 : 120 x 90mm



방사선 흡수 판 세트

514006

- · 방사선 차폐 실험에 사용
- · 구성품
- 납 플레이트(Lead plates) -6 pcs. thick (approx. 2mm)/ 8 pcs. thin (approx. 1,2mm)
- 알루미늄 플레이트(Aluminium plates) 2 pcs, 3mm/ 6 pcs, 2mm/ 4 pcs, 0,5mm

스펙트럼관 전원장치[보호가드형]

■ PH1199A

- · 스펙트럼관을 안전하게 점등 가능
- · 안정을 위해 보호가드가 열린 상태에서는 전원 공급 중단



스펙트럼 튜브

· 다양한 원소로 구성

종류	코드
Oxygen	PH1196B-1
Neon	PH1196B-2
Helium	PH1196B-3
Nitrogen	PH1196B-4
Argon	PH1196B-5
Carbon Dioxide	PH1196B-6

종류	코드
Hydrogen	PH1196B-7
lodine Vapour	PH1196B-8
Sulphur	PH1196B-9
Xenon	PH1196B-10
Krypton	PH1196B-11

스펙트럼 램프 전원 공급장치

DE100016

- · 스펙트럼 램프 두 개 장착 가능
- · 크기: 250 x 250 x 140
- · 무게: 4.8kg





스팩트럼 램프(E27)

E27타입 스펙트럼 램프 홀더가 장착된 스펙트럼 램프 전원 공급장치에 사용가능

코드
283650
283660
283670

튜브 홀더 S

1008507

· S series tube 장착 가능





헬름홀츠 코일 S

1000906

· 튜브 홀더 S(1008507)에 장착하여 사용가능



전자 회절 튜브 S

1013889

- · 전자의 회절 링을 통해 전자의 파동성 확인
- · 튜브 홀더 S(1008507)와 사용가능



톰슨 튜브 S

1000617

- · 전자의 비전하 측정과 전자 속도 탐구
- · 튜브 홀더 S(1008507), 헬름홀츠 코일 S(1000906)와 사용가능



다이오드 튜브 S

1000613

- · 열전자의 특정을 이해하고 학습
- · 최대 필라멘트 전압
 - : 7.5 V AC/DC



3극 진공관 튜브 S(Triode S)

1000614

- · 열전 효과 입증, 에디슨 효과 학습
- · 튜브 홀더 S(1008507)와 사용가능



몰티즈 크로스 튜브 S

1000011

- · 전자빔의 경로에 있는 십자가 모양의 금속을 통해 전자의 직진성 확인
- · 튜브 홀더 S(1008507)와 사용가능

Mechanics পু কু

역학 실험 KIT	3
에어트랙 실험 KIT	3
길이 측정	3
캐번디시 저울을 이용한 중력상수 측정	3
도르래의 원리	3
자유낙하 운동	4
힘의 평형	4
뉴턴의 제1법칙: 관성의 법칙	4
뉴턴의 제2법칙: 가속도의 법칙	4
뉴턴의 제3법칙: 작용 반작용의 법칙	4
경사면 운동	4
탄성 충돌과 비탄성 충돌	4
운동량과 충격량	4
마찰과 맴돌이 전류 브레이크	4
각운동량 보존	4
관성모멘트와 각가속도	5
관성모멘트 측정	5
구심력과 구심가속도	5
포물선 운동	5
자이로스코프	5
중력가속도의 변화와 주기	5
진자의 주기	5
단진동(용수철 진동)	5
아르키메데스의 원리	5









Dynamics Experiment KIT / CODE K1910-G



- 다양한 역학 실험 수행
- 카트에 내장되어 있는 센서를 통해 힘, 위치, 속도 및 가속도 측정
- 블루투스를 이용한 무선 연결
- Vernier MBL을 사용하여 보다 정밀한 측정 가능





PRODUC

QUOTATION

🌣 실험 목록

실험 1. 뉴턴의 제 1법칙: 관성의 법칙

외부의 힘이 작용하지 않으면 정지해 있던 물체는 계속 정지하고, 일정한 속도로 운동하는 물체는 계속 운동상태를 유지한다.

 $V_0 = V_t$

실험 2. 뉴턴의 제 2법칙: 가속도의 법칙

정지해 있는 질량이 m인 물체에 일정한 힘(F)을 가하면 물체는 일정한 가속도(a)로 운동한다. 이러한 운동을 등가속도 운동이라 한다.

F = ma

실험 3. 뉴턴의 제 3법칙: 작용 반작용의 법칙

물체 A가 다른 물체 B에 가하는 힘은 물체 B가 물체 A에 가하는 힘과 크기가 같고 방향은 반대이다.

 $F_{AB} = -F_{BA}$

실험 4. 경사면 운동

경사면 위에 놓인 물체의 경사면에 수직으로 작용하는 중력의 성분(mgcosθ)은 경사면이 물체를 떠받치는 힘(수직항력: N)과 크기가 같고 방향이 반대이므로 상쇄된다. 즉, 경사면에서 물체가받는 중력은 다음과 같다.

$$F_a = mgsin\theta = ma$$

실험 5. 탄성 충돌과 비탄성 충돌

충돌이란 두 물체가 서로의 운동에 간섭하는 현상을 말한다. 이때 두물체는 서로 힘을 주고받는다. 충돌은 반발계수 (e) 값에 따라 탄성 충돌, 비탄성 충돌, 완전 비탄성 충돌로 나눌 수 있다.

$$e = -\frac{v_{Af} - v_{Bf}}{v_{Ai} - v_{Bi}} = \sqrt{\frac{(v_{Af} - v_{Bf})^2}{(v_{Ai} - v_{Bi})^2}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \frac{m_A m_B}{m_A + m_B} (v_{Af} - v_{Bf})^2}{\frac{1}{2} \frac{m_A m_B}{m_A + m_B} (v_{Ai} - v_{Bi})^2}}$$

실험 6. 운동량과 충격량

충격량(I)이란 물체가 외력(F)에 충격이 가해지고 있는 시간(t)을 곱한 물리량이다. 충격량의 식을 정리해보면 운동량(P)과 충격량(I)의 관계를 정리할 수 있다.

$$I = Ft = (ma)t = m \frac{d(v_f - v_i)}{dt} t = m\Delta v = \Delta P$$

실험 7. 마찰과 맴돌이 전류 브레이크

물체의 운동과 반대 방향으로 작용하는 마찰력과 맴돌이 전류 브레이크의 특징을 이해하고 차이점을 학습할 수 있다.

💠 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis™		
고 무선 역학 실험장치	DTS-GDX	1
A형 스탠드[대형]	C9818	1
스탠드 로드, 50 cm	000830	1
마찰 키트	DTS-PAD	1
맴돌이 전류 키트	DTS-ECB	1
슬롯 추 세트	PHZNW200SET	1
칼라 점토	CLAY-ORA	1
실험용 줄	PH0302A	1
트레이	KR8210	1



에어트랙 실험 KIT

Measuring Lengths / CODE K1920



- 무마찰 상태에 근접한 이상적인 역학 실험 수행
- 대부분의 역학 실험을 진행할 수 있는 다양한 액세서리 제공
- Vernier Video Analysis를 사용하여 동영상 분석을 통한 거리, 속도, 가속도 측정
- Vernier Video Analysis를 사용하여 카트의 움직임을 정확하게 추적 및 분석 가능





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 목록

실험 1. 뉴턴의 제 1법칙: 관성의 법칙

외부의 힘이 작용하지 않으면 정지해 있던 물체는 계속 정지하고, 일정한 속도로 운동하는 물체는 계속 운동상태를 유지한다.

$$V_0 = V_t$$

실험 2. 뉴턴의 제 2법칙: 가속도의 법칙

정지해 있는 질량이 m인 물체에 일정한 힘(F)을 가하면 물체는 일정한 가속도(a)로 운동하게 된다. 이러한 운동을 등가속도 운동이라고 한다.

$$F = ma$$

실험 3. 뉴턴의 제 3법칙: 작용 반작용의 법칙

물체 A가 다른 물체 B에 가하는 힘은 물체 B가 물체 A에 가하는 힘과 크기가 같고 방향은 반대이다.

$$F_{AB} = -F_{BA}$$

실험 4. 탄성 충돌과 비탄성 충돌

충돌이란 두 물체가 서로의 운동에 간섭하는 현상을 말한다. 이때 두 물체는 서로 힘을 주고받는다. 충돌은 반발계수 (e) 값에 따라 탄성 충돌, 비탄성 충돌, 완전 비탄성

$$e = -\frac{v_{Af} - v_{Bf}}{v_{Ai} - v_{Bi}} = \sqrt{\frac{(v_{Af} - v_{Bf})^2}{(v_{Ai} - v_{Bi})^2}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \frac{m_A m_B}{m_A + m_B} (v_{Af} - v_{Bf})^2}{\frac{1}{2} \frac{m_A m_B}{m_A + m_B} (v_{Ai} - v_{Bi})^2}}$$

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Vernier Video Analysis(선택) - 중·고등학교 - 대학교 및 기관		1
에어트랙 II	C9305	1
+ 에어트랙 송풍기	CH238	1
+ 에어트랙 액세서리	SP059	1
+ 슬롯 추 세트(에어트랙)	196300	1
+ 실험용 줄	PH0302A	1
+ 트레이	KR8210	1





길이 측정

Measuring Lengths / CODE K1110



- 버니어 캘리퍼스, 마이크로미터를 이용해서 시료의 길이 측정
- 다양한 시료와 렌즈 이용
- 구면계를 이용하여 렌즈의 곡률반경 측정 방법 학습







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

💠 실험 이론

길이 측정과 오차

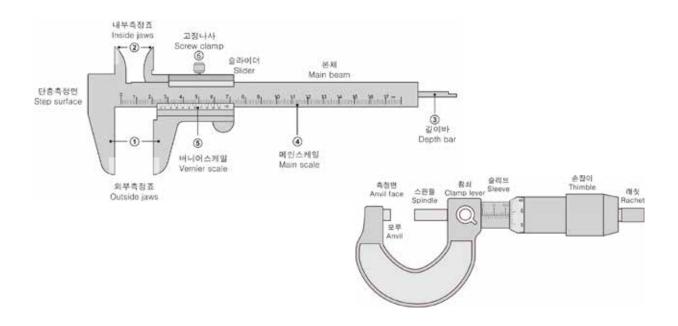
대부분의 물리량에 대한 측정 결과는 오차를 수반한다. 참값(T)을 측정하여 z라는 측정치를 얻었다면 일반적으로 오차(x) 가 발생한다.

$$x = z - T$$

이번 실험에서는 버니어캘리퍼스, 마이크로미터를 이용하여 물체의 길이를 측정하고 구면계를 이용하여 구의 지름, 곡률반경을 측정한다. 측정한 구면계의 높이를 이용하여 곡률반경을 계산하고 이때 오차를 측정한다.

💠 구성품

상품명	코드	수량
버니어 캘리퍼	530-101	1
마이크로미터	103-137	1
구면계	PH0092	1
볼록 렌즈, 100mm	PH0534N-CV	1
볼록 렌즈, 150mm	PH05340-CV	1
오목 렌즈, 100mm	PH0536N-CC	1
오목 렌즈, 150mm	PH0536O-CC	1
길이 측정 시료	PH0432	1



캐번디시 저울을 이용한 중력상수 측정

Cavendish Torsion Balance / GODE K1340N



- 캐번디시 저울(비틀림 저울)을 사용하여 중력 상수 확인
- 두 개의 크고 작은 공의 평형 위치의 각도를 측정하여 비틀림 힘 확인
- 노이즈 보정이 가능한 차동 센서로 보다 정확한 데이터 측정 가능







PRODUCT





QUOTATION

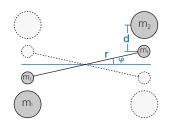
🌣 실험 이론

캐번디시 저울을 이용한 중력상수 측정

핸리 캐번디시(Henry Cavendish, 영국의 화학자이자 물리학자)는 1789년 지구의 밀도와 중력상수를 측정하였으며 이를 캐번디시 실험이라고 한다.

질량이 m₂인 두 개의 큰 구와 질량이 m₁인 두 개의 작은 구로

구성된 캐번디시 저울을 이용하여 중력을 측정한다. 큰 구와 작은 구가 대칭이 되는 평형 위치를 확인한 후 큰 구와 작은 구 사이의 거리(d)를 측정한 후 중력을 계산한다.



$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

(Fig. 캐번디시 저울)

편향 토크(M₁)는 두 개의 큰 구가 평형 위치에 있을 때 캐번디시 저울을 평형 위치에서 꺾게 된다.

$$M_1 = 2 \cdot F \cdot r$$

만약 캐번디시 저울이 φ만큼 회전하면 복원 토크(M₂)에 의해 평형 위치로 돌아오게 되며 평형 위치에서 M₁과 M₂는 동일하다.

$$M_2$$
 = D·φ (*D:비틀림 계수)

비틀림 계수(D)는 평형 위치를 중심으로 비틀림 저울의 진동에 대한 주기(T)로 확인할 수 있다.

$$D = J \frac{4\pi^2}{T^2}$$

관성 모멘트(J)는 두 개의 작은 구 관성 모멘트(J₁)와 서포트 빔의 관성 모멘트(J₂)으로 구성되며 다음과 같은 식으로 나타낸다.

$$J = 2 \cdot m_1 \cdot r^2 + \frac{m_B}{12} \cdot (a^2 + b^2)$$

(*m_B: 서포트 빔의 질량 *a,b : 서포트 빔의 길이)

회전 각도가 φ, φ'인 평형 위치를 측정한다. 두 지점의 편향 토크(M₁)는 동일하지만 방향은 반대이기 때문에 평형 상태의 등식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$4 \cdot F \cdot r = D \cdot (\phi - \phi') = D \cdot \Delta \phi$$

$$\therefore G = \frac{\Delta \phi}{m_2} \cdot \frac{d^2 \cdot \pi^2}{T^2} \cdot (2 \cdot r + \frac{1}{12} \cdot \frac{m_B}{m_1} \cdot \frac{a^2 + b^2}{r})$$

실험 과정에서 센서를 이용하여 캐벤디시 저울의 텅스텐 와이어 진동을 측정한다. 텅스텐 와이어는 매우 얇게 구성되어 있으며 평형 위치에 대한 여러 번의 진동은 한 시간 내에 측정 가능하다.

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Cavendish Torsion Balance	1003337	1
Laser Diode, Red	1003201	1
Barrel Foot, 1kg	1002834	1
Universal Clamp	1002830	1
Stainless Steel Rod 100mm	1002932	1

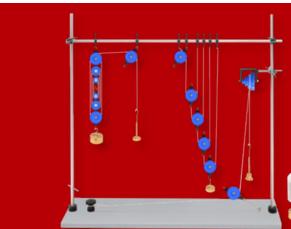
추가 구성품(선택)

상품명	코드	수량
Callipers, 150mm	1002601	1
Electronic Scale 5000 g	1003434	1



도르래의 원리

Principles of Pulleys / CODE K1350



- 도르래의 원리를 학습할 수 있는 고급 도르래 실험 장치
- 다양한 도르래 운동 재현
- 고급 용수철을 사용하여 힘의 크기 변화 확인







PRODUCT

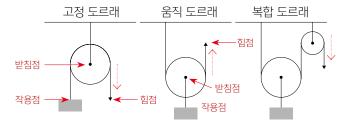
QUOTATION

💠 실험 이론

도르래의 종류

도르래는 둥근 바퀴에 튼튼한 줄을 감아 무거운 물체를 들어올리는 데 사용되는 도구로 세 가지 종류가 있다.

- 고정 도르래: 줄을 감은 바퀴의 중심 축이 고정되어 있다. 힘의 이득은 없지만 힘의 방향을 바꿀 때 사용된다.
- 움직 도르래 : 줄을 감은 바퀴의 중심 축이 움직인다. 힘의 이득이 있으며 힘의 방향은 바뀌지 않는다.
- 복합 도르래: 고정 도르래와 움직 도르래의 장점을 합한 도르래, 힘의 방향을 바꾸고 힘의 이득도 얻는다.

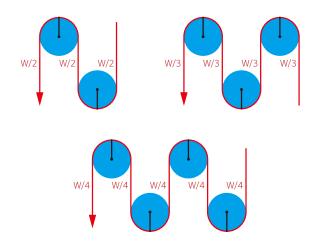


도르래의 원리

여러 개의 고정 도르래와 움직 도르래를 연결한 복합 도르래를 이용하여 보다 적은 힘으로 물체를 들어올릴 수 있다.

움직도르래를 이용하여 힘의 이득을 증가시키고 고정 도르래를 사용하여 힘을 주기 편한 방향으로 힘의 방향을 바꿔준다.

본 실험에서는 다양한 도르래를 사용하여 복합 도르래를 재현하고 구성된 도르래에 따른 힘의 이득을 확인한다.



💠 구성품

종류	코드	수량
도르래 실험 세트	PH0304	SET
- 도르래		8
- 직렬 도르래		2
- 병렬 도르래		2
- 사각 스탠드		1
- 스탠드 로드, 80cm		3
- 도르래 걸이		8
- 클램프		3
- 휠		1
- 실험용 줄		4
- 토미바		1
용수철 저울 2kg/20N	PH0036E	1
고급 실험용 자	RULE-SPL	1





자유낙하 운동

Free Fall / GODE K1320-G



- 자유 낙하하는 물체의 가속도 측정
- 등가속도 운동의 학습에 효과적
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능







MANUAL



QUOTATION

🗘 실험 이론

자유낙하 운동

정지해 있는 물체가 중력의 영향만 받으며 떨어지는 운동을 자유낙하라고 한다. 본 실험에서는 등가속도 운동 방정식에서 초기 속도를 0으로 지정한 후 실험에 시작한다. (v₀ = 0)

$$v = v_0 + at$$

 $x_t = x_0 + \frac{1}{2} at^2$
 $2ax = v^2 - {v_0}^2$

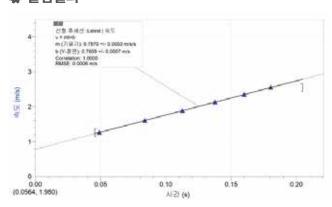
 $v_0 = 0$, a = g 대입하여 식을 정리하면,

$$v = gt$$
 $2gx = v^2$

 $v = gt 를 2gx = v^2$ 에 대입하여 정리하면 x와 g에 관한 식을 얻을 수 있다.

$$x = \frac{1}{2} gt^2$$
$$g = \frac{2x}{t^2}$$

🌣 실험결과



🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 포토게이트	GDX-VPG	1
피켓 펜스	PF	1
A형 스탠드[소형]	C2942	1
스탠드 로드, 50cm	000830	1
클램프	002300	1
링 클램프	003810	1
고급 실험용 자, 100cm	RULE-SPL	1
피켓 펜스 보호 패드	PAD-PF	1

💠 관련 제품

· 자유낙하 운동

- 타이머(K1310)

- 포토게이트 센서(K1320)







힘의 평형

Equilibrium of force / GODE K1260



- 힘 벡터와 힘 합성과 분해의 원리에 대한 이해와 학습
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

💠 실험 이론

힘의 평형

어떤 물체에 여러가지 힘이 작용하고 있을 때 모든 힘의합(알짜힘)이 0이 되는 상태를 힘의 평형이라고 한다. 이때 물체에는 힘이 작용하고 있지만 작용하지 않는 것처럼 보이게 된다.

한 물체에 작용하는 여러가지 힘의 합력은 [힘의 합성]에 의해 알 수 있다. 힘은 크기와 방향을 갖는 벡터량이다. 따라서 힘을 합할 때는 크기와 방향을 모두 고려해야한다.

- 두 힘이 같은 방향으로 작용할 경우 :

 $F_3 = F_1 + F_2$

- 두 힘의 방향이 정반대인 경우 :

 $F_3 = F_1 (오른쪽) - F_2 (왼쪽)$

- 두 힘의 방향이 아예 다른 경우:

 $F_3 = \sqrt{F_2^2 + F_1^2 + 2F_2} F_1 \cos\theta$ (평행사변형법)

또한 한 힘과 같은 효과를 내는 두 힘으로 나누는 것을 [힘의 분해]라고 한다. 힘을 분해하는 방법은 두 가지가 있는데 아래와 같다.

- 평행사변형법: $F_3 = \sqrt{F_2^2 + F_1^2 + 2F_2} F_1 \cos \theta$ (평행사변형을 그려서 분해가 가능하다.)

- 직교 좌표로 분해

 $F_3 = F_1 + F_2$ $F_1 = F_3 \sin \theta$ $F_2 = F_3 \cos \theta$

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Vernier MBL인터페이스(택1) - 한글 랩퀘스트3 - 한글 랩퀘스트 스트림 - 한글 랩퀘스트 미니	LABQ3 LQ-STREAM LQ-MINI	1
한글 로거프로3 프로그램	LP-KOR	1
힘 센서	DFS-BTA	2
힘 센서 아답타	FTA-DFS	2
슬롯추 세트	PHZNW200SET	2
힘의 평형 실험장치 [고급형]	SE1027-00	1



뉴턴의 제1법칙: 관성의 법칙

Newton's first law / GODE K1420-GC



- 뉴턴의 제1법칙 실험을 통해 관성의 법칙 학습
- 고 무선 카트를 사용하여 위치, 속도, 가속도, 힘 측정
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

💠 실험 이론

뉴턴의 제 1법칙: 관성의 법칙

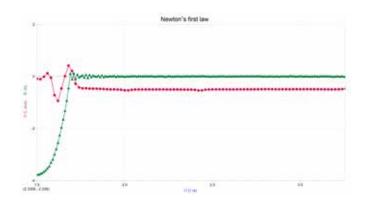
정지해 있는 물체에 외부의 힘이 작용하지 않으면 정지해 있던 물체는 계속 정지 상태를 유지한다.

반대로 일정한 속도로 운동하는 물체에 외부의 힘이 작용하지 않는다면 일정한 속도로 운동하는 물체는 계속 운동상태를 유지하게 된다.

 $v_0 = v_t$

MBL을 이용한 뉴턴의 제 1법칙 실험에서는 외부의 힘이 작용하지 않는 상태에서 물체의 운동이 유지되는 현상을 관찰하고 물체의 속도를 측정할 수 있다.

🌣 실험 결과



🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 역학 실험장치	DTS-GDX	1

🌣 관련 제품

- · 뉴턴의 제 1법칙: 관성의 법칙
- 운동센서(K1420)

- 고 무선 운동센서(K1420-G)





- 포토게이트 센서(K1410)

- 고 무선 포토게이트 센서(K1410-G)







뉴턴의 제2법칙: 가속도의 법칙

Newton's Second Law / GODE K1430-GC



- 뉴턴의 제2법칙 실험을 통해 가속도의 법칙 학습
- 등가속도 운동과 등속도 운동의 차이 비교실험
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능





PRODUC

IUAL OL

🌣 실험 이론

뉴턴의 제2법칙: 가속도의 법칙

정지해 있는 물체에 일정한 힘(F)을 가하면 물체는 가속도(a)를 얻는다. 물체가 받는 힘은 운동량(P)의 시간(t)에 따른 변화량과 동일하다.

$$F = \frac{dP}{dt} = \frac{d(mv)}{dt} = m\frac{dP}{dt} = ma$$
$$a = \frac{dP}{dt}$$

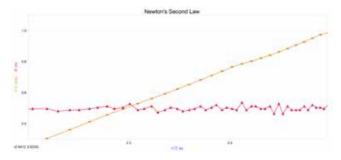
물체가 일정한 힘을 받는다고 가정할 때 물체의 운동에서의 가속도 또한 일정하다. 이렇게 가속도가 일정한 운동을 우리는 등가속도 운동이라고 부른다. 등가속도 운동을 표현하는 대표적인 세 가지 방정식은 아래와 같다.

$$v = v_0 + at$$

 $s = v_0 t + \frac{1}{2} at_2$
 $2as = v^2 - v_0^2$

MBL을 이용한 뉴턴의 제2법칙 실험에서는 도르래와 추를 이용하여 트랙 위의 카트에 일정한 힘을 줄 것이다. 이때 물체의 운동을 바탕으로 가속도의 법칙을 확인할 수 있다.

🌣 실험 결과



🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 역학 실험장치	DTS-GDX	1
슬롯 추 세트	PHZNW200SET	1
실험용 줄	PH0302A	1

🌣 관련 제품

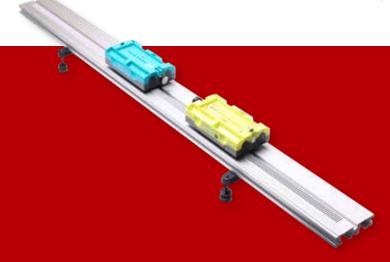
- · 뉴턴의 제2법칙 : 가속도의 법칙
- 유선센서(K1430)

- 무선센서(K1430-G)



뉴턴의 제3법칙: 작용 반작용의 법칙

Newton's third law / GODE K1440-GC



- 뉴턴의 제 3법칙 실험을 통해 작용 반작용의 법칙 학습
- 충돌 액세서리를 사용하여 다양한 충돌 실험 수행
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능



PRODUCT



MANUAL

QUOTATION

.

🌣 실험 이론

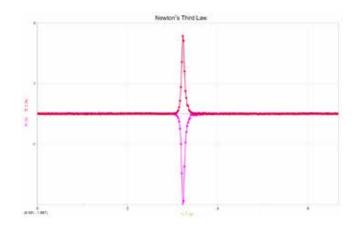
뉴턴의 제3법칙: 작용과 반작용의 법칙

서로 다른 두 물체 A와 B가 있다고 할 때 A가 B에 작용하는 힘은 B가 A에 작용하는 힘과 크기는 같고 방향은 반대 방향이다. 또한 두 물체 간에 이러한 힘의 작용과 반작용이 일어날 때 작용점이 한물체에 존재하는 것이 아니라 각각의 물체에 존재한다.

$$F_{AB} = -F_{BA}$$

MBL을 이용한 뉴턴의 제 3법칙 실험에서는 두 물체에 작용하는 힘을 측정하여 작용과 반작용의 법칙을 이해한다. 또한 여러가지 충돌 액세서리를 사용하여 다양한 충돌 상황에서의 작용과 반작용을 확인할 수 있다.

🌣 실험 이론



🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 역학 실험장치	DTS-GDX	1

💠 관련 제품

- · 뉴턴의 제3법칙: 작용 반작용의 법칙
- 힘센서(K1440)



- 고 무선 힘가속도 센서(K1440-G)







경사면 운동

Movement on Incline / GODE K1230-GC

- 경사면의 각도에 따른 물체의 가속도 측정
- 마찰이 있는 경사면에서의 운동 마찰계수 확인
- 로드 클램프를 이용하여 자유롭게 경사 각도 조절
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능





PRODUCT

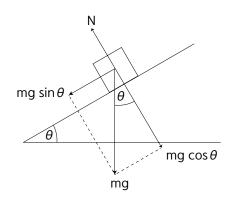
QUOTATION

🌣 실험 이론

경사면 운동

마찰이 없는 경사면 위에 놓인 물체는 중력에 의해 경사면 아래 방향으로 일정한 힘을 받는다.

경사면 위에 있는 물체가 받는 중력의 성분을 나눠보면 아래와 같다.



이때 경사면에 수직으로 작용하는 중력의 성분은 경사면이 물체를 떠받치는 힘(수직항력)과 크기가 같고 방향이 반대이므로 상쇄된다. 즉, 경사면에서 물체가 받는 중력 아래 수식과 같다.

$$F_a = mgsin\theta = ma$$

MBL을 이용한 경사면 실험에서는 경사각에 따라 물체가 받은 중력의 크기와 경사면을 내려오는 가속도의 크기를 측정하고 경사면 운동을 이해할 수 있다.

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 역학 실험장치	DTS-GDX	1
마찰 키트	DTS-PAD	1
A형 스탠드[대형]	C9818	1
스탠드 로드, 60cm	000840	1

* 추천 구성품: 고 무선 가속도 센서(GDX-ACC) (가속도 센서를 함께 사용하면 경사면의 각도를 측정할 수 있습니다. - 별도 구매)

🌣 관련 제품

ㆍ 경사면 운동

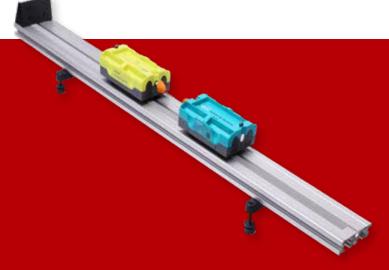
- 운동 센서(K1230)

- 고 무선 운동 센서(K1230-G)



탄성 충돌과 비탄성 충돌

Elastic collision and Inelastic collision / CODE K1450-GC



- 두 물체가 충돌하는 상황에서의 속도, 가속도를 정밀하게 측정하여 다양한 충돌 운동 학습
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능









PRODUCT

🌣 실험 이론

충돌

충돌이란 두 물체가 서로의 운동에 간섭하는 현상을 말한다. 이때 두 물체는 서로 힘을 주고받는다. 충돌은 반발계수 (e) 값에 따라 탄성 충돌, 비탄성 충돌, 완전 비탄성 충돌로 나눌 수 있다.

$$e = -\frac{v_{Af} - v_{Bf}}{v_{Ai} - v_{Bi}} = \sqrt{\frac{(v_{Af} - v_{Bf})^2}{(v_{Ai} - v_{Bi})^2}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \frac{m_A m_B}{m_A + m_B} (v_{Af} - v_{Bf})^2}{\frac{1}{2} \frac{m_A m_B}{m_A + m_B} (v_{Ai} - v_{Bi})^2}}$$

A. 탄성 충돌(완전 탄성 충돌)

- e=1/ 운동에너지 보존/ 역학적 에너지 보존
- 탄성 충돌이란 두 물체가 부딪힐 때 충돌 전후에 두 물체가 충돌하는 계의 운동 에너지 총량이 일정한 충돌이다.

$$\begin{split} \sum_{m_{A}v_{Ai}} & P_{i} = \sum_{} P_{f} \\ m_{A}v_{Ai} + m_{B}v_{Bi} & = m_{A}v_{Af} + m_{B}v_{Bf} \\ KE & = \frac{p^{2}}{2m} \\ & \sum_{} KE_{i} = \sum_{} KE_{f} \\ \frac{m_{A}v_{Ai}^{2}}{2} + \frac{m_{B}v_{Bi}^{2}}{2} & = \frac{m_{A}v_{Af}^{2}}{2} + \frac{m_{B}v_{Bi}^{2}}{2} \end{split}$$

B. 비탄성 충돌

- 0 < e < 1 /운동에너지 비보존/역학적 에너지 비보존

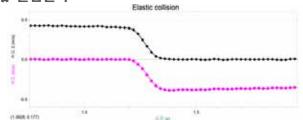
C. 완전 비탄성 충돌

- e=0/운동에너지 비보존/역학적 에너지 비보존

- 두 물체가 충돌 후 붙어서 함께 운동하는 경우, 운동량은 보존 되므로 아래와 같이 나중 속도를 정리할 수 있다.

$$\begin{split} m_{A}v_{Ai} + & \ m_{B}v_{Bi} = (m_{Af} + m_{Bf})v_{f} \\ v_{f} = & \ \frac{m_{A}v_{Ai} + m_{B}v_{Bi}}{m_{A+}m_{B}} \end{split}$$

🌣 실험결과



💠 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 역학 실험장치	DTS-GDX	1
칼라 점토	CLAY-ORA	1

💠 관련 제품

탄성 충돌과 비탄성 충돌

- 유선센서(K1450)

- 무선선센서(K1450-G)





운동량과 충격량

Momentum & Impulse / GODE K1460-GC



- 다양한 종류의 충돌에 따른 힘, 속도, 시간 데이터 측정 및 분석
- 운동량과 충격량의 관계를 쉽고 효과적으로 학습
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능







PRODUC

MANUAL

QUOTATION

🌣 실험 이론

운동량 보존 법칙

운동량(P)이란 어떤 물체의 질량과 속도의 곱으로 측정되는 물리량이다. 즉, 정지해 있는 물체의 운동량은 0이라고 할 수 있으며 운동량의 변화는 물체의 속도 변화에 의존한다는 것을 알 수 있다.

$$P = mv$$

운동량 보존 법칙이란 운동하는 두 물체에 외력이 작용하지 않는 계에서 두 물체가 충돌하였을 때 충동 전과 충돌 후 계의 운동량이 보존되는 현상을 말한다. 충돌한 두 물체를 물체 A, B라고 가정했을 때 아래와 같은 식으로 정리할 수 있다.

$$\sum_i P_i = \sum_i P_f$$

$$\sum_i m_i = \sum_i m_{V_f}$$

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

운동량과 충격량

충격량(I)이란 물체가 외력(F)에 충격이 가해지고 있는 시간(t)을 곱한 물리량이다.

I = Ft

충격량의 식을 정리해보면 운동량과 동일한 단위를 사용한다는 것을 알 수 있다. 즉, 충격량은 운동량의 변화량이다.

$$I = Ft = (ma)t = \frac{d(v_{f-}v_i)}{dt}t = m\Delta v = \Delta P$$

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 역학 실험장치	DTS-GDX	1

💠 관련 제품

- · 운동량과 충격량
- 유선 센서(K1460)



- 무선 센서(K1460-G)



마찰과 맴돌이 전류 브레이크

Friction and Eddy current brake / CODE K1255-GC



- 마찰 키트를 사용하여 마찰이 작용하는 카트의 운동 학습
- 자석의 개수에 따른 맴돌이 전류 현상 확인
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능







PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

마찰력

마찰력은 두 물체의 접촉면 사이에서 물체의 운동을 방해하는 힘이다. 즉, 마찰력은 물체의 운동을 방해하는 방향으로 작용한다. 선운동계에서의 마찰력은 3가지가 있다.

· 정지 마찰력 : 물체가 움직이지 않는 동안 받는 마찰력 $(*최대정지 마찰력 = F_{max})$

$F_{max} = \mu_s N$

- · 운동 마찰력 : 접촉한 두 물체가 서로 문질러질 때 발생하는 마찰력
- · 미끄럼 운동 마찰력 : 물체가 접촉면에 대해 미끄러질 때 받는 마찰력

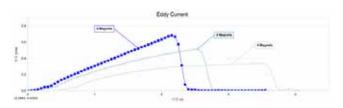
$F_k = \mu_k N$

정지한 물체가 외부의 힘(외력)을 받아 운동을 시작하기 전에 받는 마찰력이 정지 마찰력이다. 정지 마찰력 보다 큰 외력이 발생했을 때 물체는 운동을 시작하며, 이때부터 받는 마찰력을 미끄럼 운동 마찰력이라고 한다.

맴돌이 전류(Eddy Current)

맴돌이 전류란 전자기 유도에 의해 생성되는 전류로 물체 내부에서 닫힌 통로를 향해 흐르는 소용돌이 모양의 전류다. 렌츠의 법칙에 따르면 이러한 유도 전류는 원래 자기장과 반대되는 방향의 자기장을 형성한다. 운동하는 물체에 형성된 서로 반대되는 두 개의 자기장은 물체의 속도를 늦추는 역할을 한다. 또한 맴돌이 전류 브레이크의 세기는 자기선속의 변화에 비례하기 때문에 자석을 장착한 카트의 속도에 비례한다.

🌣 실험결과



🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 역학 실험장치	DTS-GDX	1
마찰 키트	DTS-PAD	1
맴돌이 전류 키트	DTS-ECB	1

🌣 관련 제품

- · 마찰과 맴돌이 전류 브레이크
- 운동센서(K1255)

- 고 무선 운동센서(K1255-G)







각운동량 보존

Conservation of Angular Momentum / GODE K1560-G

- 관성 모멘트에 따른 각운동량 변화 학습
- 관성 모멘트가 다른 세 가지 종류의 디스크로 다양한 실험 가능
- 슬롯 추를 이용하여 토크의 변화를 주며 실험 가능
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능







PRODUCT

NUAL

QUOTATION

🌣 실험 이론

관성 모멘트: I

관성 모멘트란 물체가 회전 운동을 하는 상태를 계속 유지하려는 성질을 의미한다. 관성모멘트를 결정하는 요소에는 질량 중심과 회전 축 간의 거리가 포함된다. 회전 계에서는 힘과 각가속도의 관계식을 아래와 같이 정의한다.

$$\tau = I\alpha$$

위 식을 관성모멘트에 관한 식으로 바꾸어 쓰면 아래와 같다.

$$I = \frac{\tau}{\alpha}$$

수식을 통해 알 수 있듯 물체에 작용하는 토크와 각 가속도만 알면 회전하는 물체의 관성 모멘트를 구할 수 있다.

각운동량 보존

자유롭게 회전하는 물체에 토크 (τ) 가 가해질 때 물체의 각운동량은 변화한다.

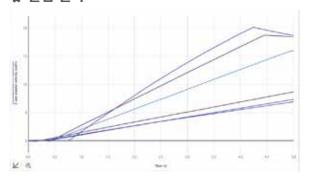
회전하는 계에 존재하는 디스크A, B는 각각 관성 모멘트가 I_A , I_B 라고 가정한다. 회전하고 있는 디스크 A 위에 디스크 B를 살짝 올려놓았다. 이때 각운동량 보존 법칙이 성립한다고 보면 계에 작용한 외부 토크가 없으므로 계의 총 각운동량은 보존된다. 그러므로 아래의 수식이 성립한다.

$$\begin{split} L_{total} &= I_i \omega_i = I_f \omega_f \\ I_i &= I_A, I_f = I_A + I_B \end{split}$$

위의 두 수식을 대입하여 각속도에 대한 수식으로 정리한다.

$$\dot{\cdot} \cdot \omega_f = (\frac{I_i}{I_f}) \omega_i = [\frac{I_A}{(I_A + I_B)}] \omega_i$$

🌣 실험 결과



🌣 구성품

	_	
상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 회전운동 센서	GDX-RMS	1
회전운동 실험장치	AK-RMV	1
슬롯 추 세트	PHZNW200SET	1
A형 스탠드 [대형]	C9818	1
스탠드 로드, 50cm	000830	1
실험용 줄	PH0302A	1

💠 관련 제품

- · 각운동량 보존
- 회전운동 센서(K1560)





관성모멘트와 각가속도

Inertia Moment & Angular acceleration / GODE K1550-G

- 관성모멘트에 따른 각운동량 변화 학습
- 관성모멘트가 다른 세 가지 종류의 디스크로 다양한 실험 가능
- 슬롯 추를 이용하여 토크의 변화를 주며 실험 가능
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능







MANUAL



QUOTATION

🌣 실험 이론

관성 모멘트 : I

관성 모멘트란 물체가 회전 운동을 하는 상태를 계속 유지하려는 성질을 의미한다. 관성모멘트를 결정하는 요소에는 질량 중심과 회전 축 간의 거리가 포함된다.

회전 계에서는 힘과 각가속도의 관계식을 아래와 같이 정의한다.

$$\tau = I\alpha$$

위 식을 관성모멘트에 관한 식으로 바꾸어 쓰면 아래와 같다.

$$I = \frac{\tau}{\alpha}$$

수식을 통해 알 수 있듯 물체에 작용하는 토크와 각가속도만 알면 회전하는 물체의 관성 모멘트를 구할 수 있다.

각가속도

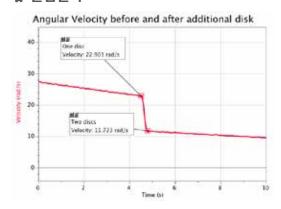
각가속도(α)란 회전계에서 단위 시간당 각속도의 변화량을 나타내는 벡터량이다. 각속도(ω)는 단위 시간당 회전한 각도를 말한다.

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d\theta}{dt^2}$$

정지한 물체에 일정한 토크가 걸리면 물체는 일정한 속력으로 회전하게 되는데 이때 물체의 각속도가 일정하게 변한다. 물체의 각속도가 일정하다는 말은 즉, 물체의 각가속도가 일정하다는 의미이다.

🌣 실험결과



🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 회전운동 센서	GDX-RMS	1
회전운동 실험장치	AK-RMV	1
슬롯 추 세트	PHZNW200SET	1
A형 스탠드 [대형]	C9818	1
스탠드 로드, 50cm	000830	1
실험용 줄	PH0302A	1

🌣 관련 제품

- · 관성모멘트와 각 가속도
- 회전운동 센서(K1550)





관성모멘트 측정

Moment of Inertia / CODE K1555-GG



- 관성모멘트에 따른 각운동량 변화 학습
- 슬롯 추를 이용하여 토크의 변화를 주며 실험 가능
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능





PRODUCT

QUOTATION

💠 실험 이론

관성 모멘트 : I

관성 모멘트란 물체가 회전 운동을 하는 상태를 계속 유지하려는 성질을 의미한다. 관성모멘트를 결정하는 요소에는 질량 중심과 회전 축 간의 거리가 포함된다.

회전 계에서는 힘과 각가속도의 관계식을 아래와 같이 정의한다.

$$\tau = I\alpha$$

위 식을 관성모멘트에 관한 식으로 바꾸어 쓰면 아래와 같다.

$$I = \frac{\tau}{\alpha}$$

수식을 통해 알 수 있듯 물체에 작용하는 토크와 각가속도만 알면 회전하는 물체의 관성 모멘트를 구할 수 있다.

각가속도

각가속도(α)란 회전계에서 단위 시간당 각속도의 변화량을 나타내는 벡터량이다. 각속도(ω)는 단위 시간당 회전한 각도를 말한다.

 $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

 $\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d\theta}{dt^2}$

정지한 물체에 일정한 토크가 가해질 때 물체의 각가속도는 일정하며 각속도는 일정하게 증가한다.

🌣 구성품

상품명	코드	수당
Graphical Analysis [™]		
고 무선 힘가속도 센서	GDX-FOR	1
고 무선 구심력 실험장치	GDX-CFA	1
구심력 실험장치 관성모멘트 실험 악세서리 키트	CFA-MIK	1
슬롯 추 세트	PHZNW200SET	1
실험용 줄	PH0302A	1

🌣 관련 제품

- · 관성모멘트 측정
- 포토게이트(K1555)



- 고 무선 포토게이트(K1555-G)



구심력과 구심가속도

Centripetal Force & Centripetal Acceleration / CODE K1540-GG



- 물체의 회전운동에서 구심력, 각속도, 질량, 반경의 관계에 대해 효과적으로 학습
- 총 6개의 추가 제공되어 물체의 무게를 조절하며 실험 가능
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능







PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

구심력 (Centripetal Force): F

구심력이 작용하기 위해서는 등속 운동하는 물체에 수직한 힘이 계속적으로 작용하여야 한다. 이때 힘을 구심력(F_c)이라고 한다. 회전 운동하는 물체의 구심력은 다음과 같다.

$$F_c = m \frac{v^2}{r}$$

구심력은 물체가 원 운동하도록 운동 방향을 바꾸는 역할을 한다. 또한 구심력이 가해지면 자연적으로 구심가속도가 발생한다.

구심가속도: a

등속원운동을 하고 있는 물체에 구심 가속도는 구심력과 같은 방향인 회전 궤도의 중심 방향으로 작용한다.

일정한 속력으로 원운동을 하고 있지만 물체의 운동 방향이 계속 바뀌기 때문에 속도가 일정하다고 볼 수 없다.

$$a = \frac{\nabla t}{\nabla t} = \frac{\nabla t}{\nabla t}$$

위의 가속도 식을 회전계에서의 식으로 정리할 수 있는데 이를 위해서는 두 가지 가정이 필요하다.

- · 초기속도(v_0)와 나중속도(v) 사이의 각도 $\Delta\theta$ 는 매우 작다.
- · 시간 변화(△t)는 크기가 매우 작다.

가정을 바탕으로 속도의 변화를 식으로 나타내면 다음과 같이 생각할 수 있다.

$$\sin \Delta \theta = \frac{\Delta v}{v_0} \cong \Delta \theta$$
$$\Delta \theta = \frac{\Delta v}{v_0} = \frac{\Delta v}{v}$$

속도 변화에 대한 식을 가속도 공식에 대입하면 다음 수식을 얻을 수 있다. 또한 회전계에서는 각속도(ω)의 개념을 사용하므로 이를 적용하여 식을 정리한다.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v\Delta \theta}{\Delta t} = v\omega = r\omega^{2} \ (\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t})$$
$$\therefore a = \frac{v^{2}}{r} = v\omega = r\omega^{2}$$

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 힘 가속도 센서	DFS-BTA	1
고 무선 구심력 실험장치	GDX-CFA	1
고 무선 구심력 실험장치 악세사리	GDX-CFA-MAK	1

🌣 관련 제품

구심력과 구심가속도

- 유선센서(K1540)



- 무선센서(K1540-G)





포물선 운동

Projectile motion / GODE K1510-G



- 중력이 작용하는 공간에서의 포물선 운동 관찰
- 고 무선 포물선 실험 장치를 통해 각도, 초기 속도 측정 가능
- 포물선 자동 탄착 패드로 비행시간 효과적으로 측정
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능







PRODUCT

QUOTATION

💠 실험 이론

포물선 운동

공기에 의한 저항력이 없다고 가정할 때 중력이 작용하는 공간에 던져진 물체는 포물선 궤도를 그리며 운동한다.

물체가 포물선 궤도를 그리며 운동하는 것을 포물선 운동이라고 한다. 포물선 운동은 대표적인 등가속도 운동이라고 할 수 있다. 포물선 운동을 분석할 때에는 x, y축의 운동이 다르다는 것을 고려하여 운동방정식을 사용해 분석한다.

- 등속도 운동 법칙(X축)

 $V_0 = V_t$

- 등가속도 운동 법칙(Y축)

$$v_t = v_0 + at$$

 $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$
 $2as = v_t^2 - v_0^2$

이 실험에서는 포물선 실험 장치를 이용하여 물체의 포물선 운동을 확인하고 분석할 수 있다.

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 포물선 실험장치	GDX-PL	1
포물선 자동 탄착 패드	TOF-VPL	1
줄자, 3 m	3,0M/10FT DK-2040	1

💠 관련 제품

- · 포물선 운동
- 포물선 실험장치(K1510)



자이로스코프

Gyroscope / GODE K1580



- 회전하는 물체의 회전축 방향 변화에 따른 물리적 현상 확인
- 디스크의 관성모멘트와 토크에 대한 학습
- 자이로스코프를 통해 세차운동과 장동 운동 확인





PRODUC

QUOTATION

🌣 실험 이론

자이로그코프

자이로스코프 실험 장치의 큰 디스크는 고정된 축을 중심으로 매우 작은 마찰을 받으며 회전한다. 균형 조정 추를 사용하여 무게중심을 맞춘다. 자이로스코프는 평형 상태에서 디스크가 회전할 때 각운동량(L)이 일정하다. 각운동량은 디스크의 관성모멘트(I)와 각속도($\omega_{\rm R}$)로 정리할 수 있다.

$$L = I\omega_{R}$$

또한, 디스크의 관성모멘트(I)는 다음과 같이 디스크의 질량(M)과 반지름(R)으로 정리한 식으로 주어진다.

$$I = \frac{1}{2}MR^2$$

질량이 m인 균형 조정 추를 사용하여 회전 축에 중량을 가하는 경우 추의 중량에 의해 토크(τ)가 발생하여 각운동량을 변화시킨다.

$$\tau = m \cdot g \cdot r = \frac{dL}{dt}$$

토크를 받은 회전 축은 각도(d ϕ)는 다음과 같이 변한다. 이로 인해 자이로스코프 실험장치는 세차운동을 하게 되며 세차운동의 각속도(ω _o)는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\begin{split} d\phi &= \frac{dL}{L} = \frac{m \cdot g \cdot r \cdot dt}{L} \\ \omega_p &= \frac{d\phi}{dt} = \frac{m \cdot g \cdot r}{L} = \frac{m \cdot g \cdot r}{I\omega_R} \\ &* \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \\ &\frac{1}{T_p} = f_R = \frac{m \cdot g \cdot r}{I} T_p \end{split}$$

외부 토크가 추가되지 않은 상태에서 회전하도록 설정되고 회전 축이 한쪽으로 약간 꺾이면 자이로스코프가 장동 운동(끄덕임)을 나타내게 된다. 장동 운동의 각속도(ω_N)는 회전 각속도(ω_R)와 정비례한다.

$$\omega_N = C\omega_R$$
 $T_R = CT_N$
*C = constant

🌣 구성품

상품명	코드	수량
자이로스코프	1000695	SET
- 디스크		1
- 자이로스코프 차축		1
- 보빈(Bobbin)		1
- 자이로스코프 액세서리		1
- 삼발 스탠드		1
- 스탠드 로드		1
- 평형추[대형]		1
- 평형추[소형]		1
- 조정 나사		1
- 각도판		1





variable g Pendulum / GODE K1615-G

- 진자의 진동면을 기울였을 때 주기의 변화 측정
- 가속도 센서와 회전운동 센서를 사용하여 각도, 각속도, 각가속도를 측정하고 중력가속도와의 관계 분석
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능





QUOTATION

💠 실험 이론

중력가속도의 변화와 주기

진자의 축이 평행할 때의 중력가속도가 g라고 한다면 진자의 축이 기울어졌을 때의 중력가속도(g_{eff})는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$g_{eff} = g \cdot cos\alpha$$

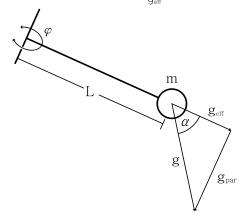
진자가 정지 위치에서 각도 φ에 의해 굴절될 때 질량 m인 진자는 다음과 같은 힘을 받는다.

$$F = -m \cdot g_{eff} \cdot \sin \varphi$$

또한 각도φ가 매우 작을 때의 진자의 운동 방정식은 다음과 같이 나타내어 진자의 각진동수, 주기를 구할 수 있다.

$$m \cdot L \cdot \phi + m \cdot g_{eff} \cdot sin \phi = 0$$

$$\begin{split} & :: \omega = \sqrt{\frac{g_{\text{eff}}}{L}} \\ & :: T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g_{\text{eff}}}} \end{split}$$



🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 회전운동 센서	GDX-RMS	1
고 무선 가속도 센서	GDX-ACC	1
회전운동 실험장치	AK-RMV	1
가속도 센서 홀더 (Variable g Pendulum)	KS1615-01	1
A형 스탠드 [대형]	C9818	1
스탠드 로드, 60cm	000840	1
스탠드 로드, 25cm	000850	1
회전형 클램프	002320	1
클램프	002300	1

🌣 관련 제품

- ㆍ 진자 운동
- 유선센서(K1615)





진자의 주기

Pendulum / CODE K1630-G



- 진자 운동에서 진폭과 주기, 진자의 길이와 주기의 관계 등 학습
- 회전 운동 실험장치에 포함된 장치들을 활용하여 관성모멘트 측정, 각가속도 측정 등 다양한 회전계 실험 수행
- Vernier MBL 회전 운동 센서로 진자의 주기를 정밀하게 측정 가능







MANUAL

QUOTATION

💠 실험 이론

진자의 주기

진자란 고정된 한 축이나 점의 주위를 일정한 주기로 진동하는 추를 의미한다. 단진자란 실의 맨 끝에 추를 달아서 연직 면 내에서 진동하게 만드는 것이며 중력에 의해 평형점을 중심으로 진동운동을 반복한다.

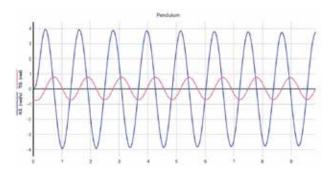
진자의 주기(T)는 아래와 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} \right)^2 \sin^{2n}(\frac{\theta}{2})$$

하지만, 진자의 진폭(θ)이 매우 작은 경우 진자의 주기는 진자의 길이(L)에 의존하게 된다.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

🌣 실험결과



💠 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 회전운동 센서	GDX-RMS	1
회전운동 실험장치	AK-RMV	1
A형 스탠드 [대형]	C9818	1
스탠드 로드, 50cm	000830	1

💠 관련 제품

ㆍ 진자의 주기





단진동(용수철 진동)

Harmonic Oscillation of Spring / GODE K1650-G



- 용수철의 진동 주기와 추의 무게를 측정하여 용수철 상수 확인
- 용수철의 진동을 통한 단조화운동의 이해
- Vernier MBL 운동 센서로 추의 위치변화를 정밀하게 측정 가능







PRODUC

MANUAL

OUOTATION

🌣 실험 이론

용수철의 진동

고정된 용수철에 추를 매달면 중력에 의해 추가 아래로 힘들 받는다. 이때 용수철이 늘어남과 동시에 원래의 상태로 돌아가려는 복원력이 생기며 다음과 같은 알짜힘 방정식을 얻을 수 있다.

$$F = Mg-kx$$

$$Ma = Mg-kx$$

$$M\frac{d^2x}{dt^2} = -k(x-\frac{Mg}{k})$$

*미분방정식의 일반해 : $x = x_m \cos(\omega t + \phi) + \frac{Mg}{k}$

이때 용수철의 각속도(ω)와 주기(T), 고유진동수(f)는 다음과 같다.

$$\cdot \omega = \left(\frac{K}{M}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\cdot T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$\cdot T = \frac{1}{f}$$

$$\cdot f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}}$$

[초기조건: 시간(t)=0, 늘어난 길이=x, 속력=v] 라고 할 때 진폭(x_m)과 위상(ϕ)이 정해진다.

$$\cdot x(t=0) = x_{m} \cos \phi + \frac{Mg}{k}$$

$$v = \frac{dx}{dt}$$

$$\cdot v(t=0) = x_{m} \sin \phi$$

추가 진동하면 에너지는 운동에너지와 위치에너지 사이에서 연속적으로 변화한다. 마찰이 없다고 가정할 때 계의 총 에너지는 보존되며 추가 최고점에 있을 때 중력 위치에너지는 최대가 되고 최저에 있을 때 탄성 위치에너지는 최대가 된다.

🌣 구성품

_		
상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 운동 센서	GDX-MD	1
슬롯 추 세트	PHZNW200SET	1
스프링 세트	215580	1
A형 스탠드 [소형]	C2942	1
스탠드 로드, 60cm	008400	1
고리형 클램프	000270	1





아르키메데스의 원리

Archimedes' principle / GODE K1720-G



- 아르키메데스의 원리(부력의 원리)에 대한 효과적 학습
- 밀도가 다른 6가지 큐브형 추(Al, Fe, Bs, Cu, Pb, Zn)를 이용하여 부력 측정
- 랩 잭을 사용하여 물체의 잠긴 높이에 따른 부력의 변화 확인
- Vernier MBL힘 센서로 정밀하게 부력 측정 가능







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

🗘 실험 이론

아르키메데스의 원리

아르키메데스의 원리란 어떤 물체를 유체에 넣었을 때 받는 부력의 크기가, 물체가 유체에 잠긴 부피만큼의 유체에 작용하는 중력의 크기와 같다는 원리이다.

즉, 어떤 물체가 받는 부력의 크기는 유체의 밀도에 물체의 잠긴 부피와 중력가속도를 곱한 값과 동일하다.

 $F_{H_q} = P_{H_q} V_{H_q} G$

💠 관련 제품

- · 아르키메데스의 원리
- 용수철(K1720-S)



🌣 구성품

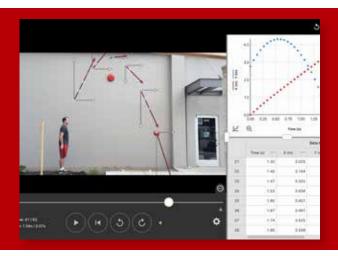
상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
비중 실험용 큐브 set [후크장착형]	PH0108P	1
고 무선 힘 가속도 센서	GDX-FOR	1
비커, 100mL	BK1010-100	1
A형 스탠드 [소형]	C2942	1
스탠드 로드, 60cm	008400	1
스탠드 로드, 25cm	000850	1
클램프	002300	1
서포트 잭	KS1191	1





동영상 분석 프로그램

Vernier Video Analysis



- 동영상 분석만으로 물체에 대한 거리/속도 확인
- 웹카메라나 스마트폰으로 촬영한 동영상을 분석에 바로 활용
- 물체에 대한 운동량 분석, 2개의 물체를 동시에 분석 가능
- 물체를 지정하면 색상을 인식하여 자동으로 분석







QUOTATION

💠 특징

Vernier Video Analysis

동영상 분석 프로그램(Video Analysis)은 동영상을 통한 물체 운동 분석에 최적화된 웹기반 프로그램이다.

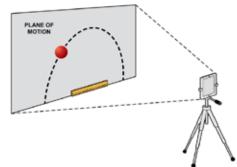
학생들이 직접 모바일 장치로 촬영한 동영상을 프로그램에 삽입하여 물체의 움직임을 분석할 수 있다. 또한 자동 추적 기능을 제공하여 쉽고 빠르게 물체의 위치 변화를 추적할 수 있으며 이 과정에서 그래프와 데이터 테이블을 통해 거리, 속도 데이터를 실시간으로 확인할 수 있다.

샘플 동영상

- 농구공 던지기 (포물선 운동)
- 공과 테이블 (포물선 운동)
- 공 낙하(자유낙하)
- 팬카트 (등가속도 운동)
- 카트 충돌 (탄성충돌)
- 질량이 다른 카트의 충돌 (비탄성충돌)
- 당구공의 충돌 (운동량 보존)
- 커피 필터 (종단속도)
- 턴 테이블(회전 운동)

🌣 호환 OS

Android, ChromeOS, iOS/iPadOS 13.3, macOS, Windows 10 (*가능한 브라우저 버전: Firefox 72 이상, Safari 13이상, Chrome 76이상)





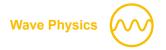
Wave Physics

파동

성상파 실엄 KII	6
맥놀이	ϵ
소리의 간섭	6
관의 공명: 닫힌관과 열린관	6
소리의 속도 : 열린관	6
수면파 투영장치	6
물결파 관찰	6
줄의 정상파	6
용수철의 정상파	6
불꽃 정상파	
33 C. J11C.	









Standing Wave Experiment KIT / GODE K2910



- 다양한 정상파 실험이 가능한 정상파 실험 KIT
- 판, 줄, 스프링을 이용하여 정상파의 원리 학습 가능
- 정상파 실험 KIT 실험서 제공





PRODUC

QUOTATIO

🌣 실험 목록

실험1. 줄의 정상파

줄의 길이가 L 인 줄의 제일 낮은 공명 주파수를 기본 진동수(f_1)라고 할 때 기본진동수를 정수배 하여 줄에 걸어주면 진동수에 따라 마디수가 다른 정상파를 확인할 수 있다.

$$f_1$$
: $n = 1$, $L = \frac{\lambda}{2}$

$$f_2$$
: $n = 2$, $L = \lambda$

$$f_3$$
: n = 3, L = $\frac{3\lambda}{2}$

$$f_4$$
: $n = 4$, $L = 2\lambda$

실험2. 클라드니 패턴

평평한 판에 흰색 모래를 올린 후 다양한 진동수의 신호를 입력하여 판의 공명 진동수를 찾는다. 공명 진동수로 진동하는 판은 진동하는 곳과 진동하지 않는 곳이 나타나게 되는데 흰색 모래가 진동하지 않는 곳에 모이면서 클라드니 패턴을 관찰할 수 있게 된다.

실험3. 용수철의 정상파

용수철과 진동자를 수직으로 연결하여 다양한 진동수의 신호를 입력하면 용수철이 특정 진동수에서 정지된 것과 같은 모습을 나타낸다. 이러한 현상을 용수철의 정상파라고 한다. 이러한 실험을 통해 종파를 재현하고 특징을 이해할 수 있다.

🌣 구성품

상품명	코드	수량
신호발생기	250310	1
진동자	218500	1
정상파 고무줄	218540	1
정상파 스프링	215550	1
클라드니판, 사각형	218520	1
클라드니 판, 원형	218525	1
스탠드 A형 [소형]	C2942	1
스탠드 로드 50cm	000830	1
스탠드 로드 4cm	K00004	1
수평 받침대	KS10053	1
클램프	002300	1
슬롯 추 세트	PHZNW200SET	1
도르래	SPA	1
흰색 모래	KS-SA	1
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	1
실험용 자(1m)	RULE-SPL	1
트레이	KR8210	1



맥놀이

Beat / **EODE** K2120-G



- 진동수가 비슷한 두 개의 소리굽쇠 사이에 생기는 맥놀이 현상 확인
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능





PRODU

QUOTATIO

💠 실험 이론

맥놀이

맥놀이란 비슷한 진동수의 두 소리가 겹쳐서 들릴 때 주기적으로 진폭이 커졌다가 작아졌다 하는 파동현상을 말한다. 이때 두 소리의 진동수 차이에 의해 포락선이 발생하고 이로 인해 진동이 합해진 것과 같은 현상이 나타난다.

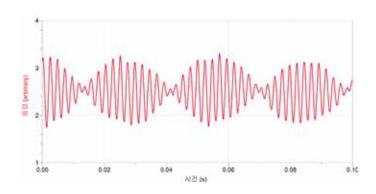
맥놀이 주기는 두 소리의 진동수의 차와 동일하다. 합성하고자 하는 두 소리의 진폭이 비슷할수록 맥놀이 현상은 더욱 잘 나타난다.

MBL을 이용한 맥놀이 실험을 통해 두 소리굽쇠가 만드는 맥놀이 현상을 관찰할 수 있다.

💠 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 소음 센서	GDX-SND	1
소리굽쇠 set 2	PH0742B	1

💠 실험 결과



💠 관련 제품

- · 맥놀이
- 인터페이스(K2120)





소리의 간섭

Interference of sound / GODE K2130-FG



- 동일한 주파수를 출력하는 스피커에서 거리에 따른 소리의 간섭 확인
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능





PRODUC

QUOTATIOI

🌣 실험 이론

소리의 간섭: 파동의 간섭

두 개이상의 파동이 한 공간에 존재할 때 서로 중첩되어 진폭이 커지거나 작아지는 현상을 파동의 간섭이라고 한다. 파동의 간섭은 보강간섭과 상쇄 간섭으로 크게 두 가지로 나뉜다.

보강 간섭은 각 파동의 마루와 마루 또는 골과 골이 만나 중첩되어 진폭이 커지는 간섭을 말하며, 상쇄간섭은 반대로 각 파동의 마루와 골 또는 골과 마루가 만나 중첩되어 합성파의 진폭이 작아지는 간섭을 말한다.

음파에서는 각 파동의 밀(소)과 밀(소)이 만날 때 보강간섭이 일어나소리가 커지고, 밀(소)과 소(밀)이 만날 때 상쇄간섭이 일어나소리가 작아지는 현상이 나타난다.

파동의 간섭의 조건

파동의 간섭은 특정 조건에서 확인할 수 있다. 진폭과 파장이 같은 두 파동이 서로 간섭을 일으키는 조건으로는 다음과 같다. (n = 0, 1, 2, 3,)

- 보강간섭 : 경로 차(Δx) = $\frac{\lambda}{2}$ (2n) / 0, λ , 2 λ , 3 λ

- 상쇄간섭 : 경로 차(Δx) = $\frac{\lambda}{2}$ (2n+1) / $\frac{\lambda}{2}$, $\frac{3\lambda}{2}$, $\frac{5\lambda}{2}$

본 실험에서 스피커와 MBL 센서사이의 거리(d), 스피커와 스피커 사이의 거리(L)를 이용하여 경로차에 대한 식을 정리할 수 있다.

$$\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$$

$$v = \lambda f$$

$$v = 331.5 + 0.6t (t[^{\circ}C])$$

🌣 구성품

사표대	큐드	, 스크t
상품명	7.=	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 소음 센서	GDX-SND	1
교육용 신호발생기	250310	1
집게형 클램프 A형	CH0663C	1
클램프	002300	1
실험용 스피커	250515	2
광학 벤치, 60cm	294640	1
광학 벤치 새들	294610	1
스탠드 로드, 25cm	000850	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	2
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	2

💠 관련 제품

- · 소리의 간섭
- 태블릿(K2130-T)



- 소음센서(K2130







관의 공명: 닫힌관과 열린관

Resonance of Sound / GODE K2230

- 아크릴 관 내에 생성되는 정상파 확인
- 닫힌 관과 열린 관에서 진행되는 음파의 음압 측정으로 공명현상 확인
- 관내의 공명현상을 확인하고 정상파의 원리 학습
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능







PRODUCT

🌣 실험 이론

관의 공명

관 내에 음파가 진행할 때 양쪽 끝사이를 오가며 관내에서 여러 번 반사된다. 음파가 반사되는 동안 서로 중첩현상이 나타나면서 일반적으로 관을 통과하는 소리는 작은 진폭의 소리가 측정된다. 하지만 특정 위치에서는 반사된 모든 음파가 같은 위상을 가지고 있을 때 최대 진폭을 가진다. 이러한 현상을 관의 공명이라고 부른다.

관의 공명이 나타나는 음파의 진동수를 공명주파수라고 한다. 관의 공명에서 사용되는 관은 한쪽이 막힌 관(닫힌 관)과 양쪽 끝이 열린 관(열린 관)을 사용한다. 닫힌 관과 열린 관의 공명 조건은 다음과 같다

- 한쪽이 막힌 관 (닫힌 관)

$$L = \frac{n\lambda}{4}$$
, n = 1,3,5,7...

- 양쪽 끝이 열린 관 (열린 관)

$$L = \frac{n\lambda}{2}$$
, n = 1,2,3,4...

🌣 구성품

	-	•
상품명	코드	수량
Vernier MBL인터페이스(택1) - 한글 랩퀘스트 3 - 한글 랩퀘스트 스트림 - 한글 랩퀘스트 미니	LABQ3 LQ-STREAM LQ-MINI	1
한글 로거프로3 프로그램	LP-KOR	1
마이크로폰	MCA-BTA	1
소리의 공명 실험장치	KS2230	1
마이크로폰 프로브 [소리의 공명 실험용]	KS2235	1
오디오 연결선	AUDIO3,5	1



소리의 속도: 열린관

Speed of sound / CODE K2315



- 마이크로폰 센서의 거리 차를 이용하여 공기 중 소리의 속도 측정
- 소리 공명 실험장치를 통해 관의 공명 실험 가능
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능





🌣 실험 이론

소리의 속도

본 실험에서는 아크릴 관 내에서 일정 거리만큼 떨어진 두 개의 마이크로폰으로 스피커에서 나오는 지정된 주파수의 소리를 측정할 것이다. 이때 수집된 데이터 값은 두 센서의 거리에 따라 달라지기 때문에 시간 차이를 확인할 수 있다.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f = 2\pi f$$
$$T = \frac{\lambda}{2\pi f}$$

다음은 마이크로폰의 측정한 음압 데이터에 곡선 추세선 기능을 사용하여 sin함수 값을 확인했을 때 나타나는 각각의 sin 함수이다.

> $Microphon_1: y(x) = Asin(Bx+C_1)+D$ $Microphon_2$: $y(x) = Asin(Bx+C_2)+D$

*A: 진폭 *B: 2πf *C: x축 이동 *D: y축 이동

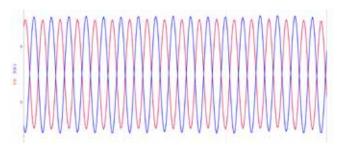
위에 식에서 거리에 따른 소리의 차이를 알기 위해서는 C상수를 확인해야한다. 두 개의 마이크로 폰 사이의 거리(AL)에 의해 sin함수의 x축 이동 거리에 차이(△I)가 발생한다.

$$\Delta I = -C_2 - (-C_1) = C_1 - C_2$$

$$\Delta t = \frac{\Delta I}{2\pi f} = \frac{(C_1 - C_2)}{2\pi f}$$

$$\therefore V_{sound} = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{2\pi f}{(C_1 - C_2)}$$

🌣 실험결과



🌣 구성품

상품명	코드	수량
Vernier MBL인터페이스(택1) - 한글 랩퀘스트 3 - 한글 랩퀘스트 스트림 - 한글 랩퀘스트 미니	LABQ3 LQ-STREAM LQ-MINI	1
한글 로거프로3 프로그램	LP-KOR	1
마이크로폰	MCA-BTA	2
소리의 공명 실험장치	KS2230	1
마이크로폰 프로브 [소리의 공명 실험용]	KS2235	1
오디오 연결선	AUDIO3.5	1



수면파 투영장치

Ripple tank / GODE K2415(소)



- 파동의 성질을 확인하는데 매우 효과적인 실험 장치
- 다양한 수면파 악세서리가 포함되어 있어 파동의 반사, 분산, 굴절, 간섭, 회절 등 재현 가능



PRODUCT

QUOTATION

💠 실험 이론

물결파의 간섭

두 개 이상의 파동이 존재할 때 파동이 중첩되어 변위가 커지거나 작아지는 현상이 나타난다. 이를 파동의 간섭이라고 한다. 물결 파 또한 파동이기 때문에 수면 위에 있는 두개의 다른 파원에서 시작한 두 파동은 간섭이 일어난다.

물결 파에서 보강 간섭과 상쇄 간섭이 일어나는 조건이 있다. 먼저 두 파원(S_1 , S_2)이 같은 위상으로 만들어졌다고 가정한다. 같은 선상에 있는 두 파원과 일정 거리만큼 떨어진 곳에 있는 P점에서 중첩이 일어날 때 보강 또는 상쇄 간섭이 일어난다.

- 보강 간섭의 조건 :

두 파원(S₁, S₂)으로 부터 경로 차가 $\lambda/2$ (2n), n=0,1,2,3,…인 곳 S₁P - S₂P = $\frac{\lambda}{2}$ (2n), n = 0,1,2,3,…

- 상쇄 간섭의 조건:

두 파원(S₁, S₂)으로 부터 경로 차가 $\lambda/2$ (2n+1), n=0,1,2,3,…인 곳 $S_1P-S_2P=\frac{\lambda}{2}(2n+1),\quad n=0,1,2,3,\cdots$

🌣 구성품

수면파 투영장치(소)/ Ripple tank(K2415)

상품명	코드	수량
수면파 투영장치 [소형]	ISA705	1

수면파 투영장치(대)/ Ripple tank(K2410)

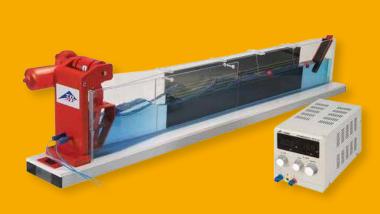
상품명	코드	수량
수면파 투영장치	221100	1





물결파 관찰

Water Waves / GODE K2420



- 주파수에 따른 물결파의 파장과 속도 확인 가능
- 물결파 수조의 흡수기를 통해 반사파 없이 실험 진행 가능
- 물결파 수조를 사용하여 파도를 재현 가능
- 물결파 수조의 설정을 통해 다양한 파동 생성 가능





PRODUCT

10ITATOUC

💠 실험 목록

실험 1. 비주기적 파동과 주기적인 파동

실험 2. 파동의 에너지와 매질

실험 3. 파동의 속도

실험 4. 파동의 주파수와 파장

실험 5. 물결파의 반사

실험 6. 위상 속도 및 파동 속도

실험 7. 정상파

실험 8. 파동의 간섭

💠 구성품

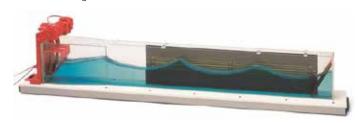
상품명	코드	수량
물결파 수조	1000807	1
DC 전원공급 장치	PS3005	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	1
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	1

💠 실험 목록

- 입력 전압 : 12 V DC

- 크기: 1500mm x 150mm x 290mm

- 무게 : 13.3kg





줄의 정상파

Standing wave of String / GODE K2510



- 줄 또는 스프링을 이용한 정상파 확인 실험
- 진동하는 공명주파수에 따른 정상파 내의 마디 수를 확인하고이론과 일치하는지 확인
- 줄의 장력, 길이와 진동수를 조절하여 자유롭게 실험 가능





PRODUC

10ITATOU

🌣 실험 이론

줄의 정상파

파동의 간섭 법칙에 따라 양쪽 끝이 고정된 줄은 공명 진동수에서 어느 방향으로도 진행하지 않고 제자리에서 진동하는 듯한 형태로 나타난다. 이를 정상파(Standing wave)라고 한다.

정상파에서 가장 크게 진동하는 부분을 배라고 하며, 매질이 진동하지 않는 부분을 마디라고 한다. 줄의 길이가 L 인 줄의 제일 낮은 공명 주파수를 기본 진동수(f₁)라고 할 때 기본진동수를 정수배 하여 줄에 걸어주면 진동수에 따라 마디 수가 다른 정상파를 확인할 수 있다.

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

$$L = \frac{n\lambda}{2}$$

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

$$f_1$$
: $n = 1$, $L = \frac{\lambda}{2}$

$$f_2$$
: $n = 2$, $L = \lambda$

$$f_3$$
: $n = 3$, $L = \frac{3\lambda}{2}$

$$f_4$$
: $n = 4$, $L = 2\lambda$

또한 당김 정도와 재질이 동일한 줄에서 위와 같이 기본 진동수를 정수배한 진동수를 걸어주면 파장이 점점 짧아지는 정상파를 확인할 수 있다.

💠 구성품

상품명	코드	수량
Vernier MBL인터페이스(택1) - 한글 랩퀘스트 3 - 한글 랩퀘스트 스트림 - 한글 랩퀘스트 미니	LABQ3 LQ-STREAM LQ-MINI	1
한글 로거프로3 프로그램	LP-KOR	1
파워 엠플리파이어	PAMP	1
진동자	218500	1
정상파 고무줄	218540	1
스탠드 A형 [소형]	C2942	1
스탠드 로드, 50cm	000830	1
스탠드 로드, 4cm	K00004	1
클램프	002300	1
슬롯 추 세트	PHZNW200SET	1
도르래	SPA	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	1
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	1
실험용 자(1 m)	RULE-SPL	1
서포트 잭	KS1191/1	1

♣ 관련 제품

· 줄의 정상파

- 태블릿(K2510-T)

- 신호발생기(K2510-FG)







용수철의 정상파

Standing wave of Spring / GODE K2520



- 용수철을 이용하여 정상파를 확인할 수 있는 실험
- 공명주파수에 따른 정상파 내의 마디 수 확인
- 다양한 용수철을 사용하여 자유롭게 실험 가능





PRODUCT

10 TATOUD

💠 실험 이론

파동의 종류: 종파

파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향에 따라 파동은 크게 두 종류로 분류할 수 있다.

- 횡파 : 파동의 진행방향과 매질의 진동 방향이 수직

- 종파 : 파동의 진행방향과 매질의 진동 방향이 수평

종파의 경우 파동의 이동축을 따라서 압축/이완된다. 이때, 압축되는 구간을 밀, 이완되는 구간을 소라고 표현한다. 종파의 파장은 밀과 밀 사이, 소와 소 사이를 측정하여 알 수 있다.

이 실험에서는 용수철을 특정 진동수로 진동시켜 종파의 정상파를 재현하고 특징을 이해할 수 있다.

🌣 구성품

상품명	코드	수량
한글 랩퀘스트3 인터페이스	LABQ3	1
한글 로거프로 3 분석 프로그램	LP-KOR	1
파워 엠플리파이어	PAMP	1
진동자	218500	1
스프링 세트	215580	1
A형 스탠드[대형]	C9818	1
스탠드 로드, 60cm	008400	1
고리형 클램프	002700	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	1
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	1

🌣 관련 제품

· 용수철의 정상파

-신호발생기(K2505-FG)





불꽃 정상파

Rubens' Tube / CODE K2525



- 음파의 압력에 따라 달라지는 불꽃의 높이로 정상파 확인
- 공명 주파수 또는 음악에 따라 나타나는 정상파 확인
- 음파의 속도와 정상파의 주파수에 따른 마디의 간격 측정 가능





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

루벤스 튜브

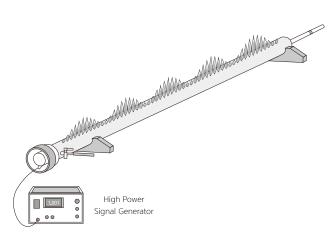
음압과 공기압 사이의 관계에 의한 불꽃의 높이 변화를 통해 정상파를 확인할 수 있는 실험 장치이다.

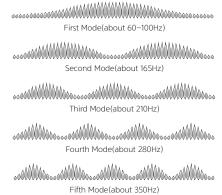
루벤스 튜브에 공명 주파수의 음파를 사용하면 정상파가 튜브 안에 생긴다. 이 정상파는 튜브 안에서 높고 낮은 압력을 형성한다. 높은 압력이 가해지는 구멍에서는 많은 가스가 나와 높은 불길이 형성되고, 낮은 압력이 가해지는 구멍에서는 적은 가스가 나와 낮은 불길이 형성된다. 이로부터 음파의 대략적인 파장을 측정할 수 있다.

이 실험에서는 오디오 앰프를 스마트폰에 연결하여 다양한 음악에 나타나는 정상파를 확인할 수 있다. 또한 신호발생기 App을 사용하여 특정 진동수의 정상파를 확인할 수 있다.

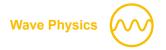
💠 구성품

상품명	코드	수량
불꽃 정상파 실험장치	LA50-550	1
진동자용 오디오앰프 12V~19V	BTw-A2	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	1
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	1
3.5mm 오디오플러그	AP-MONO-03(3.5)	1
부탄 가스 카트리지 230	CGKG230	1
루벤스 튜브 연결 호스	TUB6040	2
부탄가스용 벨브	ISO6VALV	1
소화기	KR-FE	1









클라드니 패턴

Chladni pattern / GODE K2535



- 판을 진동시켜 마디선에 모래가 모이는 현상으로 정상파 무늬 관찰
- 클라드니 판의 종류에 따라 공명 진동수가 다르며 구성된 두 개의 판을 이용하여 서로 다른 무늬 확인가능





PRODUC

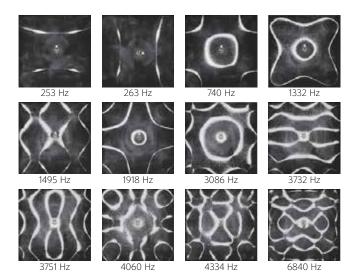
QUOTATIO

🗘 실험 이론

클라드니 패턴

클라드니 패턴(Chladni pattern)이란 평평한 판 위에 건조한 모래를 올려 놓고 그 판에 고유 진동수의 소리를 입력했을 때 모래가 주파수에 따라 서로 다른 무늬를 만들어 내는 현상을 의미한다. 고유진동수란 진동하는 물체의 모양, 재질 등에 따라 결정되는 특정 진동수를 의미하며 물체에 고유진동수를 입력했을 때 보다 큰 진폭으로 진동한다.

고유진동수를 클라드니 판에 입력하면 진동하지 않는 곳과 진동하는 곳을 확인할 수 있다. 이때 진동하지 않는 곳은 마디라고 하는데 이곳에 흰 색 모래가 모여 클라드니 패턴을 확인할 수 있다.



💠 구성품

상품명	코드	수량
Vernier MBL인터페이스(택1) - 한글 랩퀘스트 3 - 한글 랩퀘스트 스트림 - 한글 랩퀘스트 미니	LABQ3 LQ-STREAM LQ-MINI	1
한글 로거프로3 프로그램	LP-KOR	1
파워 엠플리파이어	PAMP	1
진동자	218500	1
클라드니판, 사각형	218520	1
클라드니판, 원형	218525	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	1
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	1
수평 받침대	KS10053	1
흰색 모래	KS-SA	1

♣ 관련 제품

- · 클라드니의 도형
- 태블릿(K2535-T)

- 신호발생기(K2535-FG)





- 클라드니판 대형 (사각/원형)



Thermodynamics

열 역 학

금속의 선팽창	
열의 일당량	7.
열의 전기적 일당량	7.
열전도	7
펠티에 효과와 제벡 효과	
분자 운동	7
스털링 엔진 G	
I FIEL OUT I D	





본 카탈로그의 제품은 2022년 Vernier MBL을 기준으로 작성되었습니다. 본사의 정책에 따라 Vernier MBL 제품의 사양 및 디자인, 소비자가는 변동될 수 있습니다.



금속의 선팽창

Linear expansion metal / CODE K4110



🌣 실험 이론

열팽창

열팽창이란 물질이 열을 받았을 때 그 부피가 커지는 현상을 말한다. 열을 받으면 물질을 이루는 입자들의 운동에너지가 커진다. 금속의 경우 열팽창 될 때 변형되는 길이(\triangle I)는 온도변화(\triangle T), 원래 금속의 길이(I)를 다음과 같이 표현할 수 있다. (α =금속의 선팽창 계수)

$$\nabla I = | \alpha + \nabla I$$

금속의 선팽창

금속 막대(고체)에 열을 가하였을 때 막대의 길이가 늘어나는 현상을 선팽창이라 하며 온도가 1℃ 상승할 때 단위길이 당 늘어나는 길이를 선팽창계수라고 한다.

고체의 길이는 온도(T)에 대한 함수로서 온도 상승에 따라 증가되므로 다음과 같이 멱급수를 사용하여 표시할 수 있다.

I = I₀ (1+αT+β T^2 +γ T^3 ···) *I₀ : 원래 금속 막대의 길이 * α, β, γ : 상수 값

(Tip. β 이하의 항은 α 에 비해 매우 작기 때문에 실제 실험에서 측정하는 온도 범위내에서는 무시한다.)

고체의 온도가 T_1 에서 T_2 로 온도가 변화하였을 때 고체의 길이는 I_1 과 I_2 로 변화한다. 이때, 팽창한 고체의 길이(I_2)에 대한 식을 정리해보면 다음과 같다.

$$I_{2} = I_{1} + I_{1} \alpha (T_{2} - T_{1})$$

$$\therefore \alpha = \frac{I_{2} - I_{1}I_{1}}{(T_{2} - T_{1})} = \frac{\triangle I}{I_{1} \triangle T}$$

상품명	코드	수량
선팽창 실험장치 D	1002977	1
순환 온도조절기(워터베스)	1008654	1
게이지	1012862	1
실리콘 튜브	1002622	2





열의 일당량

Mechanical equivalent of heat / GODE K4210-G



- 마찰력에 의한 금속 칼로리미터의 온도 변화 측정
- 온도변화와 마찰 운동 사이의 비례관계 확인
- 역학적 에너지를 마찰에 의한 열 에너지로 변환하는 과정 확인
- Vernier MBL을 사용하여 보다 정밀한 측정 가능





PRODUC

QUOTATION

🌣 실험 이론

열의 일당량

열역학 제1법칙에 따라 열 에너지가 소비되면 열에너지는 다른에너지로의 전환된다. 열의 일당량은 열에너지(Q)가 얼마만큼의역학적 에너지(W)로 전환될 수 있는가에 대한 값을 의미한다. 반대로 역학적 에너지가 얼마만큼의 열에너지로 전환될 수 있는가에대한 값은 일의 열당량이라고 한다.

- 열의 일당량 : W = JQ

- 일의 열당량 : Q = ₩

이 실험에서는 질량이 m이고 지름이 d 원통형 알루미늄을 사용하여 열의 일당량을 측정한다. 알루미늄의 중심 축을 수동 크랭크를 사용하여 회전시킨다. 알루미늄 표면을 줄로 마찰하면 그에 따른 마찰열이 발생한다. 마찰력은 줄 끝에 매달린 추의 무게(F)와 동일하다.

따라서, 수동 크랭크를 n번 회전했을 때 알루미늄 몸체에 해준 일(ΔW_n)의 양은 아래 식과 같다.

$$\triangle W_n = F \cdot \pi \cdot d \cdot n$$

수동 크랭크가 회전하는 동안 마찰 운동을 통해 알루미늄 몸체의 온도는 초기온도 T_0 에서 T_n 까지 올라간다. 동시에 알루미늄 몸체의 내부에너지(E_n)는 다음과 같이 증가한다.

$$\Delta E_n = m \cdot c_{AI} \cdot (T_n - T_0)$$

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 표면온도 센서	GDX-ST	1
열의 일당량 실험 장치	1002658	1
구리 칼로리미터	1002659	1
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	1

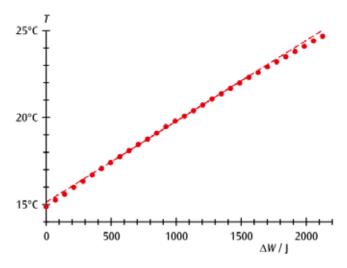


Fig1. 마찰에 의한 알루미늄 칼로리미터의 온도 변화



열의 전기적 일당량

Electric equivalent of heat / GODE K4220-G



- 전기 에너지와 전류의 열 작용으로 발생된 열량을 측정하여 열의 일당량 확인
- 줄의 법칙 실험장치로 저항의 크기에 따른 온도변화의 차이 확인 가능
- Vernier MBL 센서로 물의 온도 변화와 전류를 정밀하게 측정







QUOTATION

🌣 실험 이론

열의 전기적 일당량

열역학 제1법칙에 따라 열 에너지가 소비되면 열에너지는 다른 에너지로의 전환된다. 열의 일당량(J)은 열에너지(Q)가 얼마만큼의 역학적 에너지(W)로 전환될 수 있는가에 대한 값을 의미한다. 반대로 역학적 에너지가 얼마만큼의 열에너지로 전환될 수 있는가에 대한 값은 일의 열당량이라고 한다.

- 열의 일당량 : W = JQ - 일의 열당량 : Q = ₩

이 실험에서는 전기저항(R)인 저항선에 전위차(V)를 주어 전류(i)를 t초 동안 흘려 보낸다. 이때 소비되는 전기에너지는 아래와 같이

표현할 수 있다. $W = i^2Rt = Vit[J]$

소비되는 전기에너지는 열 에너지로 전환된다. 비열(C), 질량(m), 물 당량(ω)인 물이 담겨있는 열량계의 전기에너지를 소비하기 전 온도가 θ_1 이고 t초 동안 전기에너지를 소비한 후 온도가 θ_2 로 올라갔다고 할 때 물이 흡수한 열 에너지(Q)는 다음과 같이 나타낼 수 있다. $Q = c(m+\omega)(\theta_2 - \theta_1) \text{ [cal]}$

열역학 제1법칙 식에 다음 식을 대입하여 열의 일당량에 관한 식을 얻는다. W = JQ

$$\Rightarrow Vit = Jc(m+\omega)(\theta_2-\theta_1)$$

$$\therefore J = \frac{Vit}{c(m+\omega)(\theta_2-\theta_1)} [J/cal]$$

🌣 구성품

		•
상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 온도 센서	GDX-TMP	1
고 무선 전류 센서	GDX-CUR	1
열량계	274050	1
줄의 법칙 실험장치	274010	1
A형 스탠드[소형]	C2942	1
스탠드 로드, 60cm	008400	1
온도계 클램프	CH0667A	1
DC전원공급 장치	PS3005	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	2
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	2

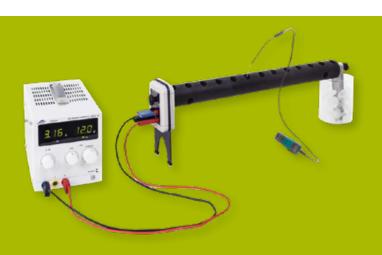
🌣 관련 제품





열전도

Heat Conduction / GODE K4230-G



- 막대의 양쪽 끝을 각각 가열, 냉각하여 금속 막대의 온도 변화 확인
- 정상 상태에서 열의 흐름 측정
- 금속에 따른 열 전도도 확인
- Vernier MBL 센서를 이용하여 막대의 온도 변화 정밀 측정 가능







QUOTATION

🌣 실험 이론

금속의 열전도

단면적이 A인 연전도 로드에서 양쪽 끝을 서로 다른 온도로 dT 시간 동안 유지하면 일정량의 열(dQ)이 로드의 단면을 통과하며 열 흐름(Po)이 발생한다. 이러한 상태를 정상 상태 또는 정상류라고 하다.

$$P_Q = \frac{dQ}{dt} = \lambda \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

* λ : 로드의 열전도도 * x : 로드의 길이

이때 열의 흐름(Po)은 전력(Pa)에서 손실되는 소량의 전력(Pa)을 뺀 값으로 정의할 수 있으며 전력(Ps)은 로드에 가해지는 히터 전압(V)과 전류(I)에 관한 식으로 나타낼 수 있다.

$$P_{Q} = P_{el} - P_{l}$$
$$P_{el} = V \cdot I$$

균일한 온도 차가 발생하기 이전의 온도 분포는 T(x,t)에 의해 주어진다. 다음 미분 방정식이 적용됩니다.

$$\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}(x,t) - c \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t}(x,t) = 0$$

*c : 열용량 *p : 로드 밀도

위 식을 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial T}{\partial t}(x,t) = 0$$

$$\frac{P_0}{A} = \lambda \frac{dT}{dx} = const$$

$$\lambda = \frac{P_{el} - P_1}{A} \cdot \frac{L}{T(0) - T(L)}$$

*L : 온도 측정 지점 사이의 거리

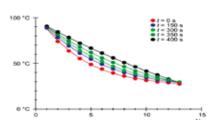


Fig. 열전도도 로드, AI의 열전도 그래프

🌣 구성품

		_
상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 표면온도 센서	GDX-ST	1
열전도 실험 세트	1017329	1
열전도 로드, Al	1017331	1
열전도 로드, Cu	1017330	1
비커 600 ml	KS2110648	1
DC전원공급 장치	PS3005	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	1
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	1

🌣 관련 제품

- · 열전도
- 표면온도 센서(K4230)



펠티에 효과와 제벡 효과

Peltier effect and Seebeck effect / GODE K4510-G



- 열발생기를 사용하여 펠티어 효과와 제벡 효과 확인
- 펠티에 효과 실험을 통해 전위차에 의해 온도 차 발생 확인
- 제백 효과 실험으로 온도 차에 의해 회로에서 발생하는 열기전력 관찰
- Vernier MBL 또는 디지털 멀티미터로 데이터를 정밀하게 측정 가능







QUOTATION

🌣 실험 이론

제백 효과

제백 효과란 온도차에 의한 폐회로 상에서의 전위차 발생을 말한다. 2종의 금속 또는 반도체를 폐회로가 되도록 연결한 후 두 지점에 온도차를 주면 기전력이 발생하여 전류가 흐른다. 이때 발생하는 기전력을 열기전력이라고 한다.

반도체 사이의 전자 이동으로 고온부에서 저온부로 향하는 전기장이 발생한다. 전기장에 의해 반도체 내부의 에너지 준위가 경사를 이루고 양측 금속에 페르미 준위 사이에 온도차가 생겨 고온부에 양전위의 열기전력이 발생한다.

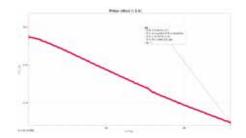
펠티어 효과

제백 효과의 반대현상으로 펠티어 효과가 있다. 2종의 금속을 폐회로가 되도록 연결한 후 전류를 흘리면 두 점에서 각각 냉각, 가열되는 효과가 나타난다.

2종의 금속 또는 반도체의 폐회로에 전류가 흐르지 않는 경우, 반도체 내부의 에너지는 수평을 이룬다. 그러나 회로에 전압을 인가하면 페르미 준위가 경사를 이루게 되고 두 금속 사이에 전위차가 발생한다.

이때 발생하는 전위차에 의해 전자가 이동한다. 전자가 높은 에너지 준위로 이동하면 전자는 주변의 열을 에너지로 흡수하여 더 높은 에너지 준위로 이동하고 이로 인해 흡열 현상이 나타난다. 반대로, 반도체의 전자가 낮은 에너지 준위로 이동할 때에는 발열 현상이 나타난다.

🌣 실험결과



💠 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 온도 센서	GDX-TMP	1
고 무선 전류 센서	GDX-CUR	1
고 무선 전압 센서	GDX-VOLT	1
열발생기(모터 장착형)	487510	1
톨 비이커, 250ml	CH0127E	1
온도계 클램프	CH0667A	1
A형 스탠드[소형]	C2942	1
스탠드 로드, 60cm	008400	1
DC전원공급장치	PS3005	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	2
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	2

💠 관련 제품

- · 펠티에 효과와 제벡 효과
- 유선센서(K4510)





분자 운동

Molecular Motion / GODE K4520



- 쇠구슬로 기체분자의 운동 재현
- 쇠구슬의 운동 범위와 진동수를 자유롭게 조절하여 분자 운동 관찰





PRODUCT

QUOTATION

💠 실험 이론

분자 운동

물체를 구성하는 분자들이 온도에 따른 운동 에너지를 갖고 운동하는 것을 분자 운동이라고 한다. 물질의 상태에 따라 분자 움직임에 차이가 있고 물질의 상태는 크게 고체, 액체, 기체로 나눌 수 있다.

고체 상태에서의 분자운동은 다른 상태에 비해 상대적으로 운동성이 떨어진다. 액체의 경우 고체보다 비교적 자유롭게 운동하며에너지를 가할 경우 분자간의 인력을 끊고 매우 활발하게 움직일 수있다. 이렇게 분자 간의 인력을 끊고 활발하게 운동하는 것을 기체의 분자운동이라고 볼 수 있다.

분자 운동 실험에서는 쇠구슬을 분자라고 가정하고 기체 분자운동을 관찰한다. 기체 분자의 운동 공간의 크기와 진동수를 조절하여 온도에 따른 기체 분자의 움직임을 관찰한다.



Fig. 분자 운동 모델

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Vernier MBL 인터페이스(택1) - 한글 랩퀘스트 3 - 한글 랩퀘스트 스트림 - 한글 랩퀘스트 미니	LABQ3 LQ-STREAM LQ-MINI	1
한글 로거프로3 프로그램	LP-KOR	1
파워 엠플리파이어	PAMP	1
진동자	218500	1
분자 운동 모델	218555	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	1
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	1

💠 관련 제품

- · 분자 운동
- 신호발생기(K4520-FG)



- 태블릿(K4520-T)





스털링 엔진 G

Stirling Engine G / GODE 1002594

- 투명하게 제작되어 스털링 사이클 이해에 적합
- 열 전환 스위치가 장착되어 있어 냉장고의 원리 확인 가능

🌣 실험 이론

스털링 엔진은 피스톤, 실린더로 이루어진 닫힌 공간 내에 헬륨, 수소, 질소 등의 가스를 서로 다른 온도에서 압축 및 팽창시켜 발생하는 피스톤 운동을 통해 기계적인 에너지를 얻는 장치이다. 즉, 열에너지를 운동에너지로 바꾸는 장치이다.

스털링 엔진은 2개의 등온과정, 2개의 등적과정으로 만들어진다. 이상적인 스털링 엔진에 관한 식은 아래와 같다.

$$W = \oint pdv = mR(T_E - T_C)In(\frac{V_1}{V_2})$$

*T_E: 고온 온도 *T_C: 낮은 온도 *V₁: 최대 부피 *V₂: 최소 부피 *m: 기체 질량 *R: 기체 상수

P=fW

*f: 스털링 엔진 진동수

스털링 엔진은 재생기에 의한 열회수와 외부로 공기를 배출하지 않는 폐쇠형 사이클이기 때문에 뛰어난 열효율을 가진다. 또한 압축과 폭발과정이 없으므로 상대적으로 조용하다.





PRODUCT



QUOTATION

스털링 엔진 D

Stirling Engine D / GODE 1000817

- 변위 피스톤과 동력 피스톤의 상호 작용 학습에 적합
- 지속적인 피스톤 이동보다 이상적인 스털링 사이클을 보다 명확하게 시연 가능
- 기체압력 센서를 연결하여 압력의 변화 확인 가능

🌞 스털링 엔진D의 추가옵션

상품명	코드	수량
Graphical Analysis™		
고 무선 기체압력 센서	GDX-GP	1
고 무선 전류 센서	GDX-CUR	1
DC전원공급장치	PS3005	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	2
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	2





PRODUCT



QUOTATION

Optics

광 학

기소 성역 설임 (()	01
기하 광학 실험 KIT	82
빛의 색혼합	83
빛의 역제곱 법칙	84
볼록 거울의 허상	85
얇은 렌즈 방정식	86
빛의 편광: 말루스 법칙	87
빛의 회절	88
빛의 회절	89
망원경의 원리	90
굴절 실험	91
프레넬의 Bi프리즘 회절	92
입자의 크기 측정	93
초음파에 의한 빛의 회절	94
다이오드 레이저의 특성	95
뉴턴 링	96
마이켈슨 간섭계	97
패브리-페로 간섭계	98
마하-젠더 간섭계	99
스페클 패턴 간섭계	10
슐리렌 시스템	10
브루스터 각	10
말루스 법칙	10
패러데이 효과	10
포켈 효과	10
커 효과	10
엘립소미터	10
회절 격자 분광기	10
라만 분광계	10
광섬유의 특성	110
딥 코팅기	111
고온 딥코팅기	111
고온 딥코팅기[적외선 건조]	112
SILAR 코팅기3	112
분무열분해 장치	113
1 = 1 = 5 = 1	441









기초 광학 실험 KIT

Basic Optical Experiment Kit / GOD로 기본(K3910-G), 고급(K3915-G)



- 다양한 기초 광학 실험을 할 수 있는 교육용 키트
- 거울과 렌즈의 상의 원리를 확인 및 이해 가능
- 트랙 위에서 설치하여 간편한 실험 가능
- Vernier MBL을 이용한 정밀한 측정 가능





PRODUC

QUOTATION

🌣 실험 목록

실험 1. 빛의 역제곱 법칙

역제곱 법칙이 성립하는 힘의 법칙에는 중력, 쿨롱의 법칙, 빛의 세기 등이 있다. 이 실험에서는 빛의 세기(F)와 광원과 관찰자 사이의 거리(r)에 관계를 이해하고 역제곱 법칙을 확인할 수 있다.

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

실험 2. 실상과 초점거리

얇은 렌즈 방정식과 실험에서 얻은 측정 데이터를 비교할 수 있다. 이 실험을 통해 물체 거리(do), 상 거리(di), 초점 거리(f)의 관계에 대해 학습할 수 있다.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_i}$$

실험 3. 망원경의 원리

두 개의 볼록 렌즈를 사용하여 케플러식 굴절 망원경을 재현할 수 있다.

실험 4. 조리개와 심도

카메라의 조리개를 재현하고 조리개에 따른 심도를 확인한다. 이 실험을 통해 조리개의 크기, 모양이 이미지에 미치는 영향을 확인할 수 있다.

실험 5. 오목렌즈와 볼록렌즈의 상 형성

오목렌즈와 볼록렌즈의 상을 확인하고 광경로에 따른 차이점을 이해할 수 있다.

실험 6. 오목거울과 볼록거울의 상 형성

오목거울과 볼록거울의 상을 확인하고 광경로에 따른 차이점을 이해할 수 있다.

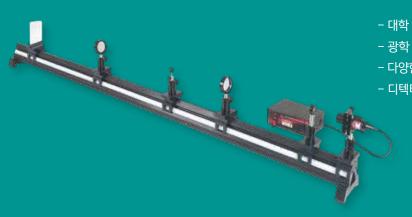
	_	_	_
상품명	코드	기본 (K3910-G)	_
Graphical Analysis™			
고 무선 조도색도 센서	GDX-LC	1	1
고 무선 회전운동 센서	GDX- RMS		1
역학/광학용 1.2m 트랙	TRACK	1	1
광학 렌즈 실험장치	OEK	1	1
광학 거울 실험장치	M-OEK	1	1
광학 편광 실험장치	PAK-OEK		1
트레이	KR8210	1	1





기하 광학 실험 KIT

Geometrical Optics Experiment KIT / GODE K3904



- 대학 및 일반 물리 교육에 최적화된 기하 광학 실험 KIT
- 광학 레일과 캐리어로 광학 장치의 위치를 간단하게 조정
- 다양한 광학 실험 진행 가능
- 디텍터를 사용하여 보다 정밀한 측정 가능





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 목록

실험1. 빛의 역제곱 법칙

역제곱 법칙이 성립하는 힘의 법칙에는 중력, 쿨롱의 법칙, 빛의 세기 등이 있다. 이 실험에서는 빛의 세기(F)와 광원과 관찰자사이의 거리(r)의 관계를 이해하고 역제곱 법칙을 확인할 수 있다.

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

실험2. 반사의 법칙

빛이 물체에서 반사할 때 입사광과 법선이 만드는 각도인 입사각(θ_i)과 반사광과 법선이 만드는 반사각(θ_i)은 같다. 이를 반사의 법칙이라고 한다. 실험을 통해 다양한 입사각 따른 반사각을 확인하고 반사의 법칙을 이해할 수 있다.

$$\Theta_{i} = \Theta_{r}$$

실험3. 스넬의 법칙

굴절률이 n_1 , n_2 인 서로 다른 매질이 맞닿아 있을 때 매질을 통과하는 빛의 경로가 굴절률에 의해 휘어지게 된다. 스넬의 법칙은 서로 다른 매질을 빛이 통과할 때 매질의 경계에서 나타나는 굴절 현상을 정의한 법칙이다.

$$\frac{-\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{-V_1}{-V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{-n_1}{-n_2}$$

실험4. 렌즈의 초점 거리

얇은 렌즈 방정식과 실험에서 얻은 측정 데이터를 비교할 수 있다. 이 실험을 통해 물체 거리(d_o), 상 거리(d_i), 초점 거리(f)의 관계에 대해 학습할 수 있다.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

실험5. 현미경의 원리

두 개의 볼록렌즈를 사용하여 간단한 현미경을 재현해보고 현미경의 원리에 대해 학습할 수 있다.

현미경의 배율(M)은 물체 거리(d。), 상 거리(d))으로 표현할 수 있다.

$$M = -\frac{d_o}{d_o}$$

나고머	7-	
상품명	코드	수량
기하 광학 실험 KIT	K3904	SET
- 광학 레일, 1.5 m		1
- 접안 렌즈(D15)		1
- 볼록 렌즈(D40/F150,300)		1
- 오목 렌즈(D40/F150,300)		1
- 볼록 거울(D40/F150,300)		1
- 오목 거울(D40/F150,300)		1
– 다이오드 레이저(RED)		1
- LED 가변 광원		1
- 디텍터		1
- 회전형 디텍터 마운트		1
- 레이저 마운트		1
- 현미경 실험 장치		1
- 공간 필터 실험 장치		1
- 유리 탱크		1
- 장애물		1
- 3종 스크린		1



빛의 색혼합

Color Mixing of Light / GODE K3920-G



- 색 혼합의 원리 이해
- 감산 혼합과 가산 혼합에 대한 이해와 관찰
- 고 무선 조도색도 센서를 이용한 RGB 비율 확인







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

🌣 실험 이론

빛의 색혼합

삼원색이란 모든 색의 근원이 되는 색이다. 삼원색은 적색(Red), 녹색(green), 청색(Blue)이며 혼합의 종류에는 가산혼합과 감산혼합이 있다.

가산 혼합은 삼원색의 혼합을 통한 색의 혼합이며 감산혼합은 색의 보색관계에 있는 황색(Yellow), 자주색(Magenta), 청록색(Cyan)의 혼합을 통한 색의 혼합이다.

- 가산혼합: 적색(Red), 녹색(Green), 청색(Blue)의 혼합

- 감산혼합 : 황색(Yellow), 자주색(Magenta), 청록색(Cyan)의 혼합

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 조도색도 센서	GDX-LC	1
OEK 조도센서 홀더	LSHB-OEK	1
광학 색혼합 실험장치	CM-OEK	1
역학/광학용 1,2m 트랙	TRACK	1

💠 관련 제품

· 빛의 색혼합(K3920)

🌣 실험 사진







빛의 역제곱 법칙

Inverse Square Law of Light / GODE K3965-G



- 관측자와 광원 사이의 거리에 따른 빛의 세기 측정
- 역학 트랙을 사용하여 보다 편리한 실험 가능
- Vernier MBL 센서를 이용하여 정밀한 측정 가능





PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

🌣 실험 이론

역제곱 법칙(Inverse Square Law)

물리학에서 힘의 크기는 거리의 제곱에 반비례한다는 법칙을 역제곱 법칙이라고 한다. 역제곱 법칙이 성립하는 힘의 법칙에는 중력, 쿨롱의 법칙, 빛의 세기 등이 있다.

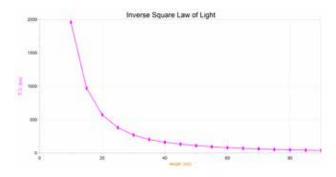
이 실험에서는 Vernier MBL을 이용하여 관측자와 광원 사이의 거리에 따른 빛의 세기 변화를 정밀하게 측정하여 역제곱 법칙을 확인할 수 있다.

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

💠 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 조도색도 센서	GDX-LC	1
OEK LED광원	LSB-OEK	1
OEK 조도센서 홀더	LSHB-OEK	1
역학/광학용 1,2m 트랙	TRACK	1

🌣 실험 결과



💠 관련 제품

- · 빛의 역제곱 법칙
- 조도센서(K3965)



볼록 거울의 허상

Virtual Image Formation by Convex Mirror / GODE K3930



- 광학 거울 실험장치를 사용하여 다양한 거울 실험 가능
- 볼록 거울과 회전 거울을 통해 거울의 특징 이해
- 볼록 거울의 허상 확인
- 버니어 역학트랙과 함께 쉽고 편리한 실험 수행







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

🌣 실험 이론

실상과 허상

어떤 물체 또는 발광체가 그곳에 있다고 인식되는 경우 그곳을 상이라고 한다. 광학에서 말하는 상(image)은 빛의 굴절 혹은 반사에 의해 생성되며 실상과 허상으로 분류할 수 있다.

- 실상(Real image): 실제로 빛이 그곳에서 모였다가 다시 출발하는 경우를 말합니다. 실상이 맺혀지는 위치에 종이를 대보면 종이에 맺힌 상이 실제로 보입니다.
- 허상(Virtual image): '상'이 맺힌 곳에 실제로 빛이 존재하지 않는 경우를 말합니다. 허상이 맺혀지는 위치에 종이를 대보면 아무런 상이 나타나지 않습니다.

볼록 거울의 허상

볼록거울에 나타난 상은 언제나 허상이다. 실제 크기보다 작게 나타나면 넓은 범위를 비출 수 있다.

볼록거울의 경우 다음과 같은 식을 통해 맺힌 상의 거리를 구할 수 있다.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} = \frac{2}{c}$$

*p: 거울에서 물체까지의 거리(+)

* i : 거울에서 상까지의 거리(-)

* f : 초점거리(-)

*C: 구심 거리(초점거리의 약 2배 거리)

🌣 구성품

상품명	코드	수량
광학 거울 실험장치	M-OEK	1
OEK LED광원	LSB-OEK	1
OEK 스크린	SCRN-OEK	1
역학/광학용 1.2m 트랙	TRACK	1

🌣 광학 거울 실험장치



Fig. M-OEK





얇은 렌즈 방정식

Thin Lens Equation / GODE K3960



- 얇은 렌즈 방정식 실험을 통해 물체 거리, 상 거리, 초점 거리 사이의 관계 학습
- 볼록 렌즈와 오목 렌즈의 차이와 특징 이해



PRODUCT



MANUAL



QUOTATION

💠 실험 이론

얇은 렌즈 방정식

이 실험에서 실상을 이용하여 [1/물체거리] 와 [1/상 거리]의 선형 그래프를 찾을 수 있다. 이러한 과정을 통해 얇은 렌즈 방정식에서의 물체 거리(d_o), 상 거리(d_i), 초점 거리(f)의 관계를 이해할 수 있다.

 $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_i}$

💠 실험 사진



💠 구성품

상품명	코드	수량
광학 렌즈 실험장치	OEK	1
역학/광학용 1,2m 트랙	TRACK	1



Fig. 광학 렌즈 실험장치

빛의 편광: 말루스 법칙

Polarization of Light / GODE K3950-G



- 두 편광기의 각도에 따른 빛의 세기 변화를 통해 말루스 법칙 (Malus Law) 학습
- Vernier MBL 센서를 이용하여 빛의 세기를 정밀하게 측정 가능





PRODUC

1anual

QUOTATIO

🌣 실험 이론

말루스의 법칙(Malus law)

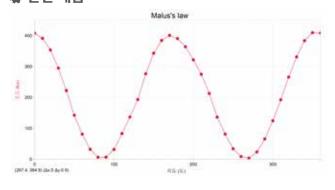
말루스의 법칙(Malus law)이란 두 편광판을 통과한 빛의 세기와 편광판의 편광축이 이루는 각도의 관계를 나타낸 법칙이다.

한 개의 편광판을 통과한 빛의 세기는 편광판의 방향에 관계없이 입사되는 빛의 세기의 절반이다. 그러나 편광된 빛이 두 번째 편광판을 통과하면 두 편광판의 편광축이 이루는 각도에 따라 빛의 세기가 달라진다.

편광판으로 입사하기 전 초기의 빛의 세기를 l_0 , 편광축이 이루는 각도를 θ 라고 했을 때 두 편광판을 통과한 빛의 세기(l)는 다음과 같이 표현할 수 있다.

 $I = I_0 \cos^2 \theta$

🌣 관련 제품



🌣 구성품

	-	
상품명	코드	수량
Graphical Analysis™		
고 무선 회전 운동 센서	GDX-RMV	1
고 무선 조도색도 센서	GDX-LC	1
광학 편광 실험 장치	PAK-OEK	1
OEK LED광원	LSB-OEK	1
OEK 조도센서 홀더	LSHB-OEK	1
역학/광학용 1,2m 트랙	TRACK	1

💠 관련 제품

- · 빛의 편광 : 말루스 법칙
- 조도센서(K3950)





빛의 회절

Diffraction of Light / GODE K3940



- 빛의 회절 실험에서는 실험 기기에 내장되어 있는 고감도 조도 센서와 레이저를 이용하여 빛의 회절을 학습하고 영의 간섭 무늬 확인
- Vernier MBL 센서로 위치에 따른 빛의 세기 정밀 측정 가능
- 디텍터를 사용하여 회절 패턴을 정밀하게 확인 가능







PRODUCT

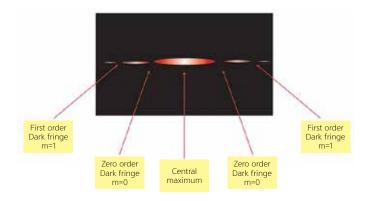
MANUAL QUOTATION

♣ 실험 이론

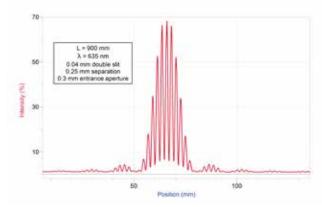
빛의 회절

회절은 대표적인 파동 현상 중의 하나다. 빛의 회절의 정도는 파동이 지나가는 틈의 크기와 파장의 영향을 받는다. 틈의 크기 보다 파장의 길이가 길수록 회절이 많이 일어난다.

빛의 회절 실험에서는 다양한 상황에서의 빛의 회절을 확인하고 회절의 특성을 이해할 수 있다.



💠 실험 결과



Graph1.이중 슬릿을 이용한 빛의 회절

상품명	코드	수량
Vernier MBL인터페이스(택1) - 한글 랩퀘스트3 - 한글 랩퀘스트림 - 한글 랩퀘스트 미니	LABQ3 LQ-STREAM LQ-MINI	1
한글 로거프로3 프로그램	LP-KOR	1
광학 회절 실험장치	DAK	1
역학/광학용 1.2m 트랙	TRACK	1

빛의 회절

Diffraction of Light / GODE K3105



- 다양한 빛의 회절을 관찰하고 회절의 특성 이해
- 광학 트랙을 사용하여 편리한 실험 가능
- 디텍터를 사용하여 회절 패턴을 정밀하게 측정







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

💠 실험 이론

빛의 회절

회절은 대표적인 파동 현상 중의 하나다. 입자의 진행 경로에 틈이 있는 장애물이 있으면 입자는 그 틈을 지나 직선으로 진행한다. 하지만 파동의 경우 틈을 통과한 후 직선 경로를 포함한 그 주변의 일정 범위까지 진행한다. 회절의 정도는 파동이 지나가는 틈의 크기와 파장의 영향을 받는다. 틈의 크기 보다 파장의 길이가 길수록 회절이 많이 일어난다.

빛의 회절 실험에서는 다양한 상황에서의 빛의 회절을 확인하고 회절의 특성을 이해할 수 있다.

💠 실험 구성

[실험 1] 단일 슬릿에 의한 빛의 회절

[실험 2] 이중 슬릿에 의한 빛의 회절

[실험 3] 단일 와이어에 의한 빛의 회절

[실험 4] 십자선에 의한 빛의 회절

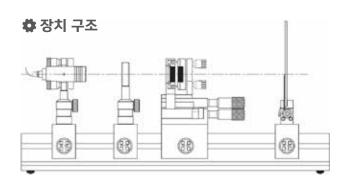
[실험 5] 철망에 의한 빛의 회절

[실험 6] 투과 회절발(transmission grating)에 의한 빛의 회절

[실험 7] 핀홀(Pinhole)에 의한 빛의 회절

🌣 구성품

상품명	코드	수량
빛의 회절[디텍터]	HO-ED-D-02	1



🌣 관련 제품

빛의 회절

- 스크린(K3104)



- 고미오미터(K3106)





망원경의 원리

Principles of Telescope / CODE K3905



- 망원경의 원리에 대한 이해
- 케플러식 망원경과 갈릴레이식 굴절 망원경 재현 가능
- 렌즈를 통과한 빛의 광경로 이해 및 학습 가능





PRODUCT

QUOTATION

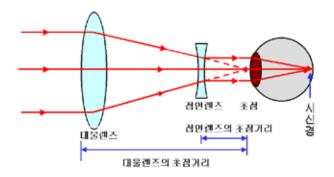
🗘 실험 이론

굴절 망원경

망원경은 렌즈나 거울을 등의 광학기기를 이용하여 전자기파를 모아 멀리 있는 물체를 관측하는 장치이다. 망원경은 접안 렌즈에 따라 갈릴레이식과 케플러식으로 나눈다.

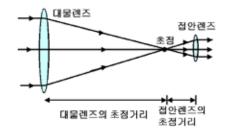
갈릴레이식 굴절 망원경

갈릴레이식 굴절 망원경은 대물렌즈로 볼록렌즈를 사용하고 접안렌즈로 오목 렌즈를 사용하는 방식으로 설계되었다. 상의 상하가 똑바로 보이는 정립상이 나타나며 시야가 좁다는 단점이 있다.



케플러식 굴절 망원경

케플러식 굴절 망원경은 대물렌즈와 접안렌즈 모두 볼록 렌즈를 사용하는 방식으로 설계되었다. 케플러식 망원경에서는 상의 상하가 바뀌어 보이는 도립상이 나타나며 갈릴레이식 굴절 망원경에 비해 시야가 넓다는 장점이 있다.



💠 구성품

상품명	코드	수량
망원경의 원리	K3940	SET
- 광학 레일, 1m		1
- 볼록 렌즈(D50/F500)		1
- 볼록 렌즈((D25/F25)		1
- 오목 렌즈(D25/F-30)		1
- 광학 스크린		1
- 망원경의 원리용 스크린		1

굴절 실험

Refractometer / CODE K3111



- 시료의 굴절률 측정
- 간결하고 정밀하게 디자인
- 광학 파장 589nm의 고성능 LED 광원 사용
- 선명하고 날카로운 그림자 한계를 관찰





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

굴절 실험

굴절 실험을 통해 굴절계의 기본을 이해할 수 있다. 이 실험에서는 임계각과 총 내부 반사의 개념을 이용하여 샘플의 굴절률을 측정한다.

도페의 프리즘 위에 샘플을 놓는다. 도페 프리즘은 이미지가 프리즘의 두 배 각 속도로 회전하는 방식으로 빔이 이탈하지 않고 이미지를 회전시킨다. 589nm 파장의 LED 빛이 조준되어 프리즘과 외부 사이의 경계면으로 향한다.

입사각과 임계각에 따라 스크린에 그림자선이 나타나게 되는데 이를 통해 샘플의 굴절률을 측정할 수 있다.



굴절의 법칙: 스넬의 법칙(Snell's Law)

첫 번째 매체(프리즘)에서 두 번째 매체(샘플)로의 이동에서 발생하는 빛 입사는 스넬의 법칙을 통해 나타낼 수 있다.

*θ;: 입사각

*θ, : 반사각

*n,: 매체1굴절률 *n,: 매체2굴절률

첫번째 매체는 프리즘이다. 프리즘의 굴절률은 1.717이다. 따라서 n₁ = 1.717이다. 두 번째 매체는 샘플 재료와 지수 n₂이다. 샘플의 굴절률을 알면 샘플 프리즘 경계면의 임계각을 알 수 있다.

i.e:
$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1} \sin 90^\circ$$

$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{1.717}$$

이 과정을 통해 두번째 매체인 샘플의 굴절률도 찾을 수 있다.
$$n_2 = 1.717 \sin \theta_c$$

🤰 구성품

상품명	코드	수량
굴절 실험	K3111	SET
- 광학 레일, 750 mm		1
- 도페의 프리즘		1
- 볼록 렌즈 (D20/F40)		1
- 볼록 렌즈 (D25/F100)		1
- LED 전원공급 장치(589 nm)		1
- LED 마운트		1
- 광학 스크린(흰색)		1



프레넬의 Bi프리즘 회절

Fresnel's Biprism Diffraction / GODE K3112



- 프레넬의 Bi프리즘(복프리즘)의 원리를 이해하고 학습
- 단색광의 굴절률과 파장을 측정
- 슬릿은 최대 3mm까지 정밀하게 조정 가능
- Bi프리즘 마운트의 미세하게 조절 가능
- 색지움렌즈를 이용한 이미지의 초점 조정





PRODUCT

QUOTATION

🗘 실험 이론

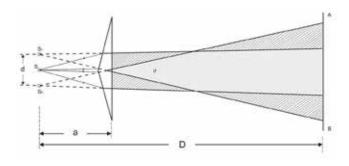
Bi프리즘 회절 실험

Bi프리즘은 빛이 프리즘을 통과할 때 프리즘이 형성하는 가상의 이중슬릿에 의해 단일 광원으로부터 간섭 패턴을 생성할 수 있다. 프레넬의 Bi프리즘 회절 실험에서는 간섭으로 인한 간섭 패턴을 확인하고 단색 빛의 파장을 계산할 수 있다.

Bi프리즘 회절에서는 나트륨 빛의 파장을 찾기 위해 파장에 대한식을 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\lambda = \beta \frac{D}{d}$$

d가 두 가상 광원 S_1 과 S_2 사이의 거리인 경우, D는 슬릿과 화면 사이의 거리이고 λ는 단색 복사의 파장이다.



상품명	코드	수량
프레넬의 Bi프리즘 회절 실험	K3112	SET
- 광학 레일, 1200m		1
- 슬릿 (0-3mm)		1
- Bi 프리즘		1
- Bi 프리즘 마운트		1
- 색지움렌즈		5
- 접안렌즈		1
- 아크릴 스크린		1
- 나트륨 증기 램프 (전원공급 장치 포함)		1

입자의 크기 측정

Apparatus for Determination of Particle / GODE K3108



- 레이저가 입자를 통과하면 나타나는 회절 현상을 바탕으로 입자의 크기 측정
- 입자의 크기에 따른 회절 무늬의 특징 이해
- 압전결정체를 사용하여 3 MHz, 5 MHz의 초음파 생성 가능





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

입자의 크기 측정

입자의 크기를 측정하는 방법으로는 레이저를 이용한 레이저 회절 입도 분석이 있다. 레이저 빛은 입자를 통과하면 회절 현상이 발생하며 이때 입자와 먼 거리에 있는 스크린 또는 벽에서 패턴이 나타나는데 이를 통해 입자의 크기를

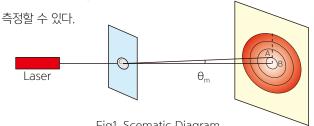


Fig1. Scematic Diagram

입자의 크기는 입자로 구성된 물질의 많은 특성에 영향을 미치며 품질과 성능을 나타내는 중요한 지표이다. 입자들의 크기와 모양은 빛이 입자를 통과하였을 때 나타나는 회절 특성에 영향을 미친다. 크기가 큰 입자의 경우 작은 입자보다 회절 패턴의 어둡고 밝은 부분 사이의 거리가 짧다.





Fig2. Particle 크기

레이저를 이용하여 리코포듐(Lycopodium)의 입자 크기는 다음과 같은 회절 방정식을 통해 계산할 수 있다.

$$D = \frac{1.221\lambda}{\sin \theta}$$

*D : 입자의 크기 *1: 입자와 스크린 사이의 거리

*λ : 빛의 파장 * θ : 회절각

입자의 크기 측정 실험에서는 레이저를 이용하여 입자를 통과한 빛의 회절 패턴을 확인하고 입자의 크기를 측정할 수 있다.

🌣 장비 구조

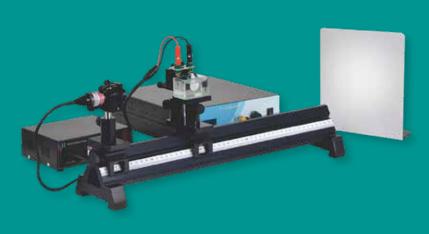


상품명	코드	수량
입자의 크기 측정	HO-ED-D-05	1



초음파에 의한 빛의 회절

Ultrasonic Diffraction / GODE K3109



- 초음파에 의한 빛의 회절 현상 확인
- 광학 트랙을 사용하여 편리한 실험 가능
- 스크린을 통해 회절 패턴 확인





PRODUCT

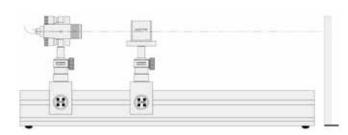
QUOTATION

🌣 실험 이론

초음파에 의한 빛의 회절

초음파란 사람이 들을 수 있는 청각 주파수 범위를 넘어서는 주파수를 가지는 주기적인 음압을 의미한다. 초음파는 빛이나 전파와 같은 파동에너지이지만 상대적으로 전파 속도가 늦고 반사하기 쉬운 특징을 가지고 있다.

🌣 장치 구조



🌣 구성품

상품명	코드	수량
초음파에 의한 빛의 회절 [스크린]	HO-ED-A-01A	1

💠 실험 구성

[실험1] 액체에서 초음파 속도

[실험2] 액체의 부피 탄성 계수(Bulk modulus : β)

[실험3] 액체의 압축성(compressibility: K)

💠 참고 이미지

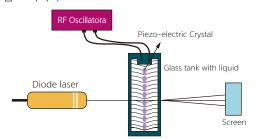


Fig1. Optical system for observation of diffraction by ultrasonic waves

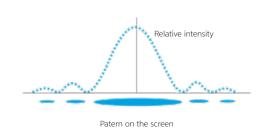


Fig2. Patton on the screen





다이오드 레이저의 특성

Characteristic of Diode Laser / CODE K3202



- 다이오드 레이저의 다양한 특성의 이해와 확인
- 디텍터를 사용하여 가우스 특성과 편광 강도를 정밀하게 측정 가능





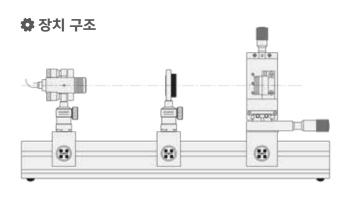
PRODUCT

QUOTATION

💠 실험 이론

다이오드 레이저

다이오드 레이저(Diode Laser)는 다른 이름으로 반도체 레이저라고 불린다. 다이오드 레이저는 파장 및 위상 등의 성질이 동일한 빛을 출력할 수 있어 간섭성이 높다. 또한, 스펙트럼 폭이 좁은 단일 파장으로 위상이 일정하여 지향성이 높은 빛을 출력한다. 즉, 에너지 제어가 용이하다는 특징을 가지고 있다.



🌣 실험 구성

[실험1] 레이저 빔의 가우스 특성

[실험2] 레이저 빔의 직경(beam spot 크기) 찾기

[실험3] 레이저 빔의 차이 확인

[실험4] 레이저 빔의 편광 특성

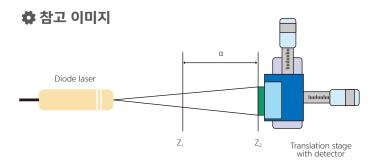


Fig1. Scematic Diagram

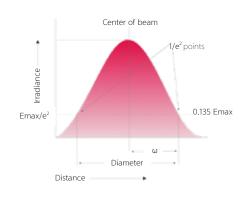


Fig2. beam spot size

💠 구성품

상품명	cat. No.	수량
다이오드 레이저의 특성	HO-ED-LOE-01	1



뉴턴 링

Newton's Rings / GODE K3310



🌣 실험 이론

뉴턴 링

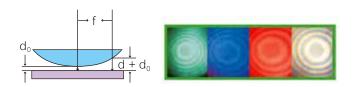
뉴턴 링 실험에서는 광원에서 나온 빛이 유리판과 볼록렌즈 사이의 얇은 공기층에 의해 빛의 간섭 현상이 일어난다. 빛의 간섭에 의해 확인된 원 무늬(뉴턴 링)를 통해 렌즈의 곡률반경을 측정할 수 있다.

Reflecting Light source

A Lens, L
Optical Flat slide, B

Center line, C

뉴턴 링의 원리



유리판 위에 곡률반경(R)이 큰 볼록렌즈를 올려 놓으면 렌즈의 곡면과 유리면 사이에 얇은 공기 층(d_0)이 생긴다. 여기에 수직으로 파장이 λ 인 단색광을 입사시키면 렌즈의 구면에서 반사한 빛과

유리판의 표면에서 반사된 빛이 서로 간섭을 일으켜 반경이 r인 간섭 무늬가 나타난다.

 $d_0 = \frac{r^2}{2R}$

이때 평면 유리판의 표면에서 반사하는 빛은 밀도가 작은 매질에서 큰 매질로 경계면의 반사가 이루어지므로 위상이 π 만큼 바뀐다. 위상이 π 만큼 바뀌면 광 경로 차는 $\frac{\lambda}{2}$ 만큼 길어진다.

따라서 공기층을 통과하여 평면 유리면에 반사한 빛과 렌즈 구면에 반사한 빛 사이의 경로차는 $2d_0 + \frac{\lambda}{2}$ 가 된다.

m번째 어두운 원무늬의 반경을 r_m 이라고 할 때 관계식은 다음과 같다. 어두운 원 무늬의 반경과 무늬의 차수를 알면 렌즈의 곡률반경을 구할 수 있다.

$$2d_0 + \frac{\lambda}{2} = \frac{r_m^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = (2m+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\therefore r^2 = mR\lambda$$

$$\therefore R = \frac{r^2}{m\lambda}$$

💠 실험 구성

[실험1] 나트륨 광원 및 LED의 파장 (RGB) [실험2] 액체의 굴절률 [실험3] 얇은 철사의 직경 또는 두께(d) 측정

상품명	코드	수량
뉴턴 링	HO-ED-INT-01	1

마이켈슨 간섭계

Michelson Interferometer / GODE K3401



- 마이켈슨 간섭계의 원리 이해와 학습
- 광원의 파장을 측정하고 투명한 매질과 압력에 따른 공기의 굴절률 변화 확인







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

🌣 실험 이론

마이켈슨 간섭계

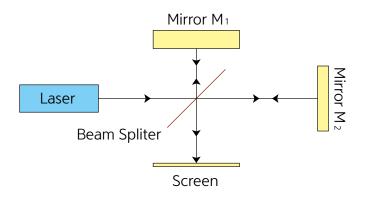
마이켈슨 간섭계는 빛의 매질을 에테르라고 가정하고 그 존재를 확인하기 위해 고안해낸 실험이다. 하지만 이 실험을 통해 에테르는 존재하지 않다는 것을 증명하게 되었다. 현재로는 빛의 파동 중 유일하게 매질이 필요 없는 파동으로 정의 되어있다.

현재 마이켈슨 간섭계 실험은 물질 속에서의 빛의 속도 변화를 측정하여 물질의 굴절률을 측정하는데 사용한다.

마이켈슨 간섭계 원리

광원(Laser)에서 나온 빛은 빔 슬릿(Beam Splitter)에 도달하여 두 개의 광선 A, B로 분리된다. 이때 분리된 두 광선은 각각 다음과 같은 경로를 지나 스크린에 도착한다.

- 광선A : 빔 슬릿 → 거울 M₁→ 빔 슬릿 → 스크린 - 광선B : 빔 슬릿 → 거울 M_2 → 빔 슬릿 → 스크린



광선 A, B는 동일한 광원에서 발생하였기 때문에 진동수가 동일하며 위상 관계가 일정하다. 광선의 이동 경로의 길이 차이에 따라 상대적인 위상이 바뀌며 이로 인해 스크린에 간섭 무늬가 나타난다.

🌣 실험 구성

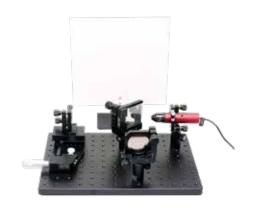
[실험1] 빛의 파장(λ) 측정 [실험2] 투명한 시료의 굴절률 측정 [실험3] 압력에 따른 굴절률 측정

💠 구성품

상품명	코드	수량
마이켈슨 간섭계	HO-ED-INT-06	1

🌣 관련 제품

· 마이켈슨 간섭계(K3963)





패브리-페로 간섭계

Fabry-Perot Interferometer / GODE K3402



- 패브리-페로 간섭계 원리의 이해와 이를 이용한 특정 파장 확인
- 거울 사이의 간격을 미세하게 조절 가능
- 광학 트랙을 사용하여 편리한 실험 가능
- 스크린을 통해 간섭 패턴 확인





PRODUCT

QUOTATION

🗘 실험 이론

패브리-페로 간섭계

패브리-페로 간섭현상은 다중 간섭 현상을 이용하여 특정한 파장만투과시키고 다른 파장의 빛은 반사시켜 원하는 데이터를 선별한다. 패브리-페로 간섭계는 분해력이 높은 간섭 분광계이며 파장이근접해 있는 스펙트럼의 측정에 사용된다. 반사율이 높고 정확하게 평행한 두 개의 평면 거울을 놓고 빛을 입사시켰을 때 빛의 일부는 거울 사이에서 반사되고 일부는 거울 밖으로 투과되어 나가게 된다. 각각의 빛이 경로 차이만큼 서로 간섭현상을 보이게 된다.

🌣 실험 구성

[실험1] 단색광의 파장 찾기

[실험2] 간섭 무늬를 통한 에탈론(Etalon)의 거리 찾기.

[실험3] 자유 스펙트럼 범위(FSR) 및 정밀도 찾기

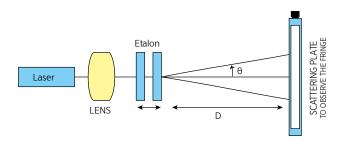
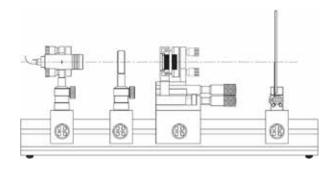
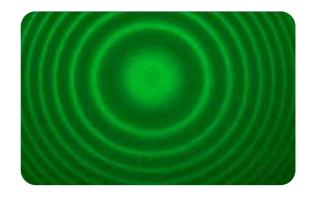


Fig1. Scematic Diagram

🌣 장치 구조

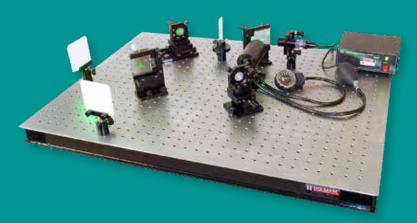


상품명	코드	수량
패브리-페로 간섭계	HO-ED-INT-10	1



마하-젠더 간섭계

Mach-Zehnder Interferometer / CODE K3403



- 투명한 매질의 상태변화를 관찰하고 간섭계의 원리를 이해
- 간섭 무늬를 통해 매질의 두께와 굴절률 변화 확인
- 공기의 압력에 따른 공기의 굴절률 측정 가능





PRODUC

QUOTATION

🌣 실험 이론

마하-젠더 간섭계

마하-젠더 간섭계는 투명한 매질의 상태 변화를 관찰하기 위해 개발된 간섭계이다. 2개의 거울과 2개의 광속분할장치로 구성되어 있어 2개의 광 경로를 만든다. 하나의 광 경로에 상태 변화를 관찰하고자 하는 매질을 놓고 간섭 무늬를 확인한다. 이때, 간섭 무늬를 통해 매질의 두께와 굴절률 변화 등을 관찰할 수 있다.



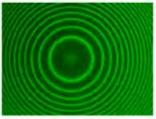


Fig2. Mach-Zehnder Interferometer

🌣 실험구성

[실험1] 레이저의 파장

[실험2] 투명한 매질의 굴절률

[실험3] 압력에 따른 공기의 굴절률

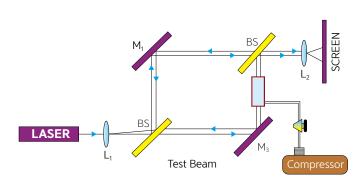


Fig1. Scematic Diagram

상품명	코드	수량
마하-젠더 간섭계	HO-ED-INT-12	1



스페클 패턴 간섭계

Speckle Pattern Interferometry / GODE K3404



- 물체의 변형을 관찰하고 간섭계의 <u>원리를 이해</u>
- CCD카메라를 사용하여 물체의 변형 전후 확인
- 진동 차단 광학 정반을 사용하여 소음과 진동 최소화





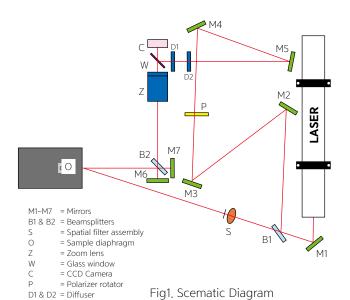
PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

스페클 패턴 간섭계

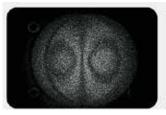
스페클 간섭계는 간섭성 광원인 레이저를 사용하여 물체의 변형에 대해 측정하는 검사기법이다. 측정 감도가 좋고 비파괴, 비접촉계측이 가능하다. 또한 삼차원 정보 추출이 가능하여 간섭무늬의 변화로부터 전 영역의 변형을 확인할 수 있다.



🌣 실험구성

[실험1] 전자식 반점 패턴 간섭계(ESPI) ESPI 설정에서는 기계 및 열 부하와 관련 물체의 변형을 관찰한다.

[실험2] 전자식 반점 전단 간섭계(ESSI) ESSI 설정에서는 기계 및 열 부하와 관련한 물체의 변형을 관찰한다.



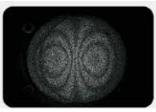


Fig2. Speckle Pattern Interferometry

상품명	코드	수량
스페클 패턴 간섭계	HO-ED-INT-15	1

슐리렌 시스템

Schlieren Imaging System / CODE K3420



- 공기 또는 다른 투명한 매체의 굴절률 변화 확인
- 다양한 색상(R,G,B)과 백색 LED 광원을 사용하여 실험 가능
- 정밀한 카메라 마운트로 XYZ축의 위치 조절 가능
- USB카메라와 간섭 패턴을 기록하는 영상 시스템을 통해 보다 편리한 기록 가능







PRODUCT

JAL QUOTATION

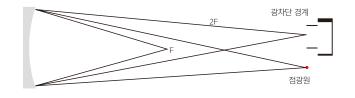
💠 실험 이론

슐리렌 (Schlieren)

슐리렌 시스템은 눈으로 관찰하기 힘든 유체의 이동, 매질의 불균일한 영역을 관찰할 수 있다.

초점거리가 F인 거울에서 2F 만큼 떨어진 위치에 점광원을 놓으면 거울의 대칭축 반대쪽에 점광원 자체의 상이 맺힌다. 점광원의 상이 카메라 바로 앞에 설치된 엣지 필터의 경계에 맺히면 광경로의 미세한 변화를 큰 밝기차로 관찰할 수 있다.

이때 거울 근처에 양초나 뜨거운 물체를 놓으면 공기의 굴절율이 변하면서 보이지 않던 매질의 불균일한 정도가 카메라에 상으로 맺힌다.



💠 구성품

상품명	코드	수량
슐리렌 효과용 구면 거울	OCMS8F750	1
USB 카메라	SCHL-C	1
슐러렌 효과용 카메라 렌즈	SCHL-LENS	1
카메라 마운트(XYZ조절가능)	SCHL-CM	1
거울 마운트	SCHL-MM	1
슐리렌 효과용 조정 스크린	SCHL-SCR	1
슐리렌 효과용 엣지 필터	SCHL-EF	1
USB케이블(C타입)	USB-C	1
트레이(대형)	KR8210	1

♣ 제품사양

슐리렌 효과용 구면 거울 - 초점거리 750mm, 직경 203mm





브루스터 각

Brewster's Angle / EDD K3405



투명한 매질로 입사한 빛의 브루스터 각과 매질의 굴절률 측정디텍터를 사용하여 반사광에 대한 정밀한 측정 가능





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

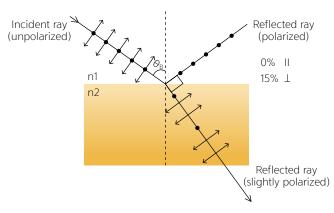
브루스터 법칙(Brewster's law)

투명한 매질로 입사한 빛은 굴절과 반사가 나타난다. 반사된 빛과 굴절된 빛의 각도가 $90^{\circ}(\frac{\pi}{2})$ 가 되도록 빛이 입사했을 때 편광이 가장 크게 일어나는데 이를 브루스터의 법칙(Brewster's law)이라고 부른다. 또한, 편광이 가장 크게 일어나게 되는 빛의 입사각을 브루스터 각(Brewster's Angle)이라고 하며 이를 통해 투명한 매질의 굴절률을 측정할 수 있다.

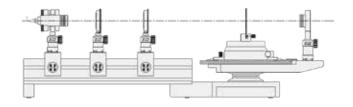
투명한 매질에 입사하는 빛은 두 가지 경우에 따라 대부분의 빛이 반사 또는 투과가 일어난다.

- 수평 편광(P) : 반사가 거의 일어나지 않고 대부분의 빛이 투과된다.
- 수직 편광(S): 거의 모든 빛이 반사된다.

결과적으로 투명한 매질에 브루스터 각으로 입사한 빛의 경우 반사된 모든 빛은 수직 편광(S) 된 빛이며 투과된 빛은 수평 편광(P)된 빛이 대부분이지만 일부 수직 편광(S)된 빛이 있다는 것을 알 수 있다.



🌣 장치 구조



🌣 실험 구성

[실험1] 반사율 vs 입사각 [실험2] 유리판의 브루스터 각(θ_B)과 굴절률(n)

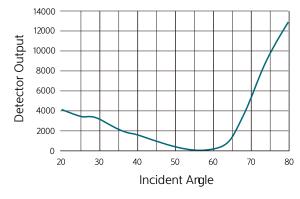


Fig1. [실험1] 반사율 vs 입사각

🌣 구성

상품명	코드	수량
브루스터 각	HO-ED-P-01	1



말루스 법칙

Malus Law / CODE K3406



- 두 편광판을 통과하는 빛의 세기 확인
- 두 편광판 축의 각도 사이의 관계 학습
- 디텍터를 사용하여 편광된 빛에대한 정밀한 측정 가능





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

말루스 법칙(Malus law)

편광판은 무질서하게 섞여 있는 빛을 특정한 방향의 선편광된 빛으로 투과시키는 광학기구이다. 이때, 선택적으로 선편광된 빛의 방향을 편광축이라고 한다.

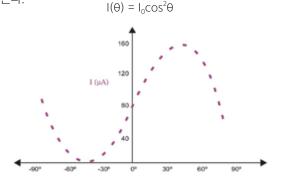
말루스 법칙(Malus law)에서는 빛이 두 개의 편광판을 통과하였을 때의 밝기 변화를 관찰한다. 두 개의 편광판의 편광축 사이의 각도(θ)에 따라 빛의 밝기(I)는 다음과 같은 관계식에 의해 설명이 가능하다. $I(\theta) = I_0 cos^2 \theta$

위 관계식에서 알 수 있듯이 두 개의 편광축 사이의 각도가 $\theta=0^{\circ}$ 일 때 가장 밝으며, $\theta=90^{\circ}$ 일 때 가장 어두운 것을 확인할 수 있다.

🌣 실험 구성

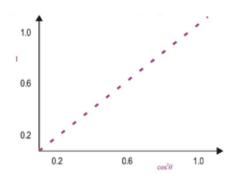
[실험1] 말루스 법칙(Malus law) 확인

말루스 법칙(Malus law)에서 두 개의 평광판의 편광축 사이각(θ)과 빛의 세기의 관계(I)에 대해 표현한 관계식을 확인하고 그래프를 얻어본다.



[실험2] 빛의 편광 특성

편광판의 편광 축 각도에 대한 빛의 세기의 그래프를 얻어보고 [실험1]에 따라 $\cos^2\theta$ 에 비례하는지 확인한다.



상품명	코드	수량
말루스 법칙 실험	HO-ED-P-02	1



패러데이 효과

Faraday Effect / GODE K3407



- 자기장에 따른 빛의 회전각 측정
- 빛의 파장에 따른 베르데(Verdet)의 상수 측정
- 편광면의 회전 각에 영향을 주는 요인 확인





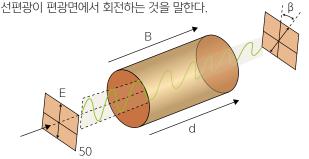
PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

패러데이 효과

패러데이 효과는 강한 자기장 내에 투명 물질을 넣었을 때 광회전성이 나타나는 현상을 말한다. 여기서 말하는 광회전성이란



패러데이 효과 원리

코일에 전류(I)를 흐르게 하면 코일 내에는 일정한 자기장(B)이 형성된다. 투명한 매질을 자기장 내에 놓고 선평광의 빛을 그 자기장 방향으로 내보내면 9만큼 회전한다.

이때 회전각(θ)은 자기장의 세기(B)와 빛이 지나가는 투명한 매질의 길이(I)에 따라 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$\theta = B \cdot I \cdot V$$

*V : Verdet constant

원자 내의 전자들은 자기장 내에서 운동을 할 때 자기장에 영향을 받는다. 자기장의 효과로 진동 입자들은 추가적으로 세차운동을 한다. 이 세차운동은 라머세차운동(Larmor precession)이라고 부르며 세차 진동수는 다음과 같이 라머진동수(ω)로 표현할 수 있다.

$$\omega_L = \frac{e}{m} \cdot B$$

*e: 진동입자들의 전하랑

*m: 진동입자들의 질량

*B : 자기장의 세기

편광면의 회전각(θ)은 빛이 지나간 투명한 매질의 길이(I)에 의존하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta = \frac{\omega(n_{\scriptscriptstyle +} - n_{\scriptscriptstyle -})}{2c} \cdot \mid$$

*c : 빛의 속도

*ω : 빛의 진동수

파장(λ)에 대한 굴절률 $n(\lambda)$ 함수를 통해 베르데 상수(Verdet's constant: V)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V = \frac{e\lambda}{2mc^2} \frac{dn}{d\lambda}$$

패러데이 효과 실험을 통해 외부 자기장과 회전각의 관계, 빛의 파장에 따른 베르데 상수의 변화 등을 확인할 수 있다.

💠 구성품

상품명	코드	수량
패러데이 효과 실험(레이저 기반)	HO-ED-P-04	1

포켈 효과

Pockel Effect / CODE K3408



전기장의 세기에 따른 결정체의 굴절률 변화 확인고정밀 디텍터를 사용하여 보다 정밀한 측정 가능





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

포켈 효과(Pockel Effect)

많은 결정체들은 자연적으로 복굴절이 일어나는 특징을 가지고 있지만 자연적으로 복굴절이 일어나지 않고 전기장을 적용하였을 때 복굴절이 일어나는 결정체가 있으다. 이러한 효과를 포켈 효과라고 부른다.

포켈 효과 실험에서의 광원은 다이오드 레이저를 사용하며 광원에서 나온 빛은 두 개의 편광기와 포켈 셀을 통과하는데 이때 포켈 셀은 리튬 니오베이트(Lithium niobate: LiNbO₃)를 사용한다.

레이저, 편광기, 포켈 셀, 디텍터를 위 사진과 같이 직선 경로에 고정한 후 포켈 셀의 전극에 전압을 인가해준다. 이때, 포켈 셀에는 최대 2 kV까지의 전압을 인가할 수 있다.

전압에 따른 복굴절 정도를 나타내는 관계식은 아래와 같다.

$$D_n = \frac{\lambda}{\Pi L sin^{-1}(\sqrt{\frac{P(V^{1/2})}{P(V)}})}$$

*Dn: 복굴절

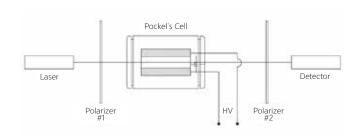
*P(V^{1/2}): 반파장전압에서의 강도

*P(V): 인가 전압의 강도

*L : 결정의 길이 *λ : 빛의 파장

포켈 효과 실험에서는 전기장의 세기에 따른 결절의 복굴절 변화를 확인할 수 있다.

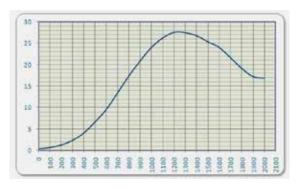
🌣 장치 구조



🌣 구성품

상품명	코드	수량
포켈 효과 실험	HO-ED-P-05B	1

🌣 그래프

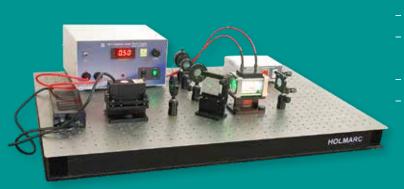


Intensity Vs Applied voltage



커 효과

Kerr Effect / CODE K3409



- 전기장의 세기에 따른 결정체의 굴절률 변화 확인
- DPSS레이저를 사용하며 레이저로부터 편광된 빛이 커 셀의 전국 사이의 공간을 통과하도록 유도
- 정상광선과 이상광선의 위상 변화 확인
- 다양한 전기장 강도 또는 전압에 따른 데이터 확인 가능





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

커 효과(Kerr Effect)

커 효과란 전기장에 의해 물질의 굴절률이 바뀌는 현상을 말한다. 모든 물질에서 커 효과를 관찰할 수 있으며 일부 액체에서는 보다 강하게 나타난다. 커 효과에는 3가지로 나누어지며 이에 대한 설명은 아래와 같다.

- 전기적 커 효과: 천천히 변화하는 전기장이 걸려있는 특수한 상황에서 나타난다.
- 광학적 커 효과: 부분적인 빛이 단위시간 동안 단위면적에 얼마나 도달했는지에 따라 굴절률의 변화가 일어난다.
- 자기광 커 효과: 빛이 자화된 표면 위에 입사된 뒤에 반사되었을때 입사광과 반사광에 차이가 만들어진다.

이 실험에서는 직교하는 편광자와 검광자 사이에 정제한 니트로벤젠 $(C_6H_5NO_2)$ 을 놓고 전극판으로써 빛의 진행방향과 수직으로 전기장을 가할 수 있도록 한다. 니트로벤젠 $(C_6H_5NO_2)$ 은 다른 액체보다 큰 커 상수를 가지고 있으며 이러한 장치를 커셀 $(Kerr\ Cell)$ 이라고 한다.

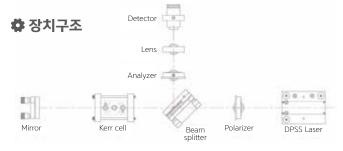
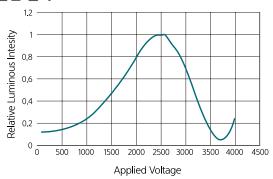
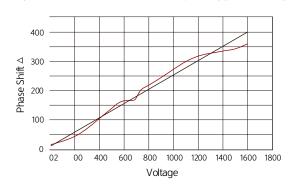


Fig: Experimental Arrangement for Kerr Effect Apparatus

🌣 실험 결과



Graph1: Relative luminous intensity Vs Applied Voltage



Graph2: Phase Shift Vs Voltage2

🗱 구성품

상품명	코드	수량
커 효과	HO-ED-P-05A	1



엘립소미터

Ellipsometer / GODE K3410



🌣 실험 이론

엘립소미터(Ellipsometer)

엘립소미터란 물질의 표면에 빛이 반사할 때 편광 특성의 변화(입사 및 반사)를 관측하고 물질의 복소 굴절률과 같은 물질의 특성을 확인하는 방법이다. 또한 엘립소미터는 다른 말로 타원분광분석계 또는 타원계라고 부르며 타원계측법(Ellipsometry)을 사용한다. 타원계측법은 매우 민감한 광학 기법으로 박막 두께 측정법(thin film metrology)에 비할 데 없는 기능을 제공한다. 타원계측법은 위상 정보와 빛의 편광 상태를 이용하여 수 옹스트롬까지의 해상도를 얻을 수 있다. 타원계측법은 비파괴적 특성과 높은 민감도 및 측정 범위가 넓다는 장점이 있다. 박막의 두께와 굴절률 같은 광학 매개변수는 타원계측법을 이용하여 정확하게 확인할 수 있다. 아래 그림에서 볼 수 있듯이 무작위로 편광된 레이저 빛(532 nm)은 편광기를 통과하여 선형 편광된 빛으로 바뀐다. 그런 다음 선형 편광된 빛은 사기 4분의 1파장판을 통과하여 원편광된다. 이러한 원편광된 빛은 물질에 반사된 후 선형으로 편광되고 디텍터가 편광된 정도를 측정하게 된다.

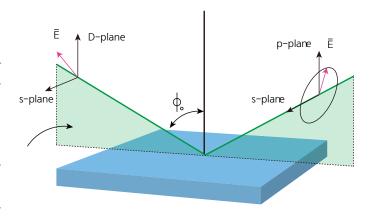


Fig. Schematic diagram of ellipsometer operation

상품명	코드	수량
엘립소미터	HO-VALE-01	1



회절 격자 분광기

Spectrometer / GODE K3502



🗘 실험 이론

분광기(Spectrometer)

기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼을 관측하고 각 휘선의 파장을 구한다. 이 실험을 통해 빛의 파동성을 이해하고 파동의 대표적인 현상인 간섭 효과를 관찰할 수 있다. 또한 여러가지 광원에서 나오는 빛 또는 다양한 기체의 선 스펙트럼을 통해 파장 별로 분류하고 빛이 발생하는 원리를 이해할 수 있다.

💠 실험 구성

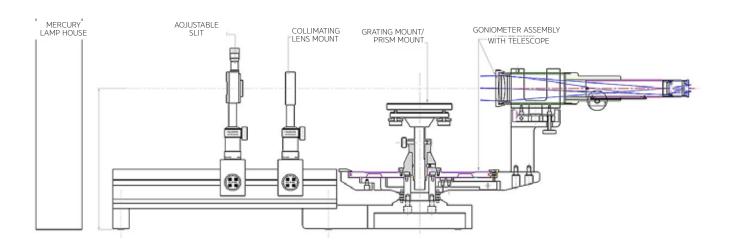
[실험1] 고체 프리즘의 굴절률(n) [실험2] 프리즘의 분산력(ω) [실험3] 액체 프리즘의 굴절률

[실험4] 회절 격자를 이용한 수은의 파장 측정

💠 구성품

상품명	코드	수량
분광기	HO-ED-S-01	1

🌣 장치 구조



라만 분광계

Laser Raman Spectrometers / GODE K3510



- 라만 산란광으로 물질을 구성하는 분자의 진동 스펙트럼 확인
- 고체 및 액체 시료 모두 분석 가능
- 고정밀 PMT 디텍터를 통해 정밀한 측정 가능





PRODUC

QUOTATION

🌣 실험 이론

라만 분광계(Laser Raman Spectrometer)

라만 분광계 또는 라만 분광기는 물질에 레이저를 입사시켜 나타나는 같은 진동수의 산란광 외에 다른 진동수가 작은 스토크 산란(라만 산란)을 이용하여 물질을 구성하는 분자의 진동 스펙트럼 및 회전 스펙트럼을 확인할 수 있다.

💠 실험 구성

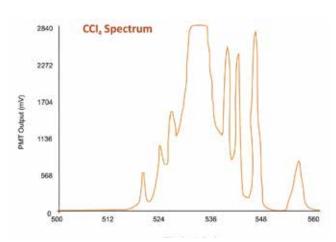
[실험1] CCL4 분자의 진동 라만 스펙트럼 기록

[실험2] CCL4 분자의 편광 라만 스펙트럼 기록

[실험3] CCL4 분자의 탈분극비 계산 및 진동 라만 모드의 대칭 확인

[실험4] 다이아몬드의 라만 스펙트럼 기록

[실험5] 아세톤, 이소프로판을 같은 미지의 화학물에 대한 라만 스펙트럼 기록



Graph: vibrational Raman spectrum of CCI₄ molecule

상품명	코드	수량
라만 분광계	HO-ED-S-06	1



광섬유의 특성

Optical Fiber Characterization / CODE K3601



- 광파이버의 특성 학습
- 고정밀 디텍터를 사용하여 정밀한 측정 가능
- 레이저 파이버 커플러를 통해 효율적으로 광섬유에 레이저 결합



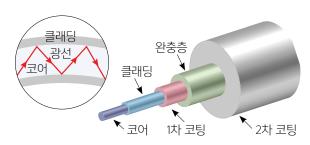


QUOTATION

🌣 실험 이론

광섬유

광섬유는 중심부에 굴절률이 높은 유리로 바깥 부분은 굴절률이 낮은 유리로 되어 있는 머리카락 굵기 정도의 섬유를 말한다. 광섬유는 빛을 손실 없이 전달하기 위해 만들어졌으며 중앙을 코어(core)라고 부르고 바깥쪽을 클래딩(cladding)이라고 부른다. 코어의 굴절률은 클래딩보다 크며 빛은 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행할 때 매질과 매질의 경계면에서 전반사가 일어난다. 광섬유는 전반사의 원리를 이용하는 정보통신 방법이다.

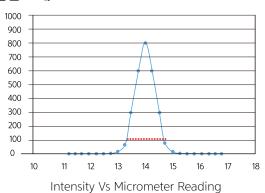


광성유의 특성 실험

광섬유의 특성 실험에서는 몇 가지 실험을 통해 광섬유의 다양한 특징에 대해 알아볼 수 있다. 또한 광섬유에는 크게 단일모드 섬유와 다중모드 섬유가 있다.

- 단일모드 섬유: 단 하나의 광선을 이용하는 광섬유
- 다중모드 섬유: 빛이 여러 개의 펄스로 다중 경로를 그리며 코어를 통과하는 광섬유

💠 실험 그래프



🌣 실험 구성

[실험1] 다중모드 섬유의 개구수(NA) 측정

[실험2] 다중모드 섬유의 밴딩 손실 측정

[실험3] 다중모드 섬유의 스플라이싱(splicing) 손실의 상대적 측정

[실험4] 단일모드 섬유의 개구수(NA) 측정 * [실험1] 내용 참고

[실험5] 단일모드 섬유 V number 또는 정규화 주파수 계산

[실험6] 단일모드 섬유의 모드 필드 직경(MFD) 계산

상품명	코드	수량
광섬유의 특성[트랙]	HO-ED-F-02	1



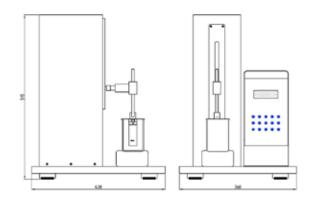


딥 코팅기

Dip Coating Unit / GODE K3701

- 코팅하려는 재료를 코팅 용액 또는 슬러리에 담가 재료 표면에 전구체층을 형성한 후 적당한 온도로 소성하여 도막을 얻음
- 딥 코팅 유닛은 컴퓨터를 통해 속도, 지속시간 등 변수 제어 가능
- 담금, 시동, 침전, 증발 및 배수 등 다섯 단계로 구성

🌣 장치 구조







PRODUCT

💠 구성품

상품명	코드	수량
딥 코팅기(침적 도포 장치)	HO-TH-01	1



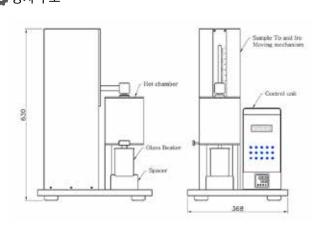
QUOTATION

고온 딥코팅기

Dip Coating Unit with Hot Chamber / GODE K3702

- 고온 딥 코팅기는 재료를 코팅액에 담갔다가 가열실로 배출, 챔버의 온도는 주변으로부터 75℃까지 제어 가능
- 딥 코팅 유닛은 컴퓨터를 통해 속도, 지속시간 등 변수 제어 가능
- 담금, 시동, 침전, 증발 및 배수 등 5단계로 구성
- 서보 모터를 통해 진동이 없이 사용 가능

👛 장치 구조







PRODUCT

	_	_
상품명	코드	수량
고온 딥 코팅기	HO-TH-02	1



QUOTATION

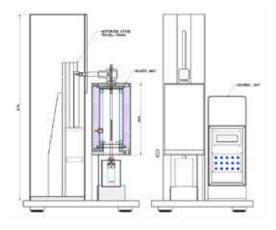


고온 딥코팅기[적외선 건조]

Dip Coating Unit with Infrared Dryer / GODE K3725

- 최대 200℃까지 온도를 높일 수 있는 적외선 히터(IR Heater)가 내장되어 재료 건조에 유용
- 코팅 용액의 회수율과 점도를 조정하여 재료의 코팅 두께 제어 가능
- 사용자가 정의한 온도에서 재료 주입 및 인출 속도를 제어하여 균일한 코팅 가능

💠 장치 구조







PRODUCT

🌣 구성품

상품명	코드	수량
고온 딥코팅기[적외선 건조]	HO-TH-02B	1



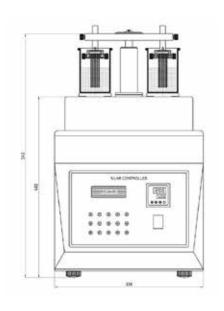
QUOTATION

SILAR 코팅기 3

SILAR Coating System / GODE K3703

- 전체 공정이 자동화되어 있어 효과적인 사용 가능
- 박막은 연속 이온 층 흡착 및 반응이라는 화학 기술에 따라 유리 기질이 축적
- 공정에서는 주어진 용액과 탈이온수에 기질을 여러 번 담그는과정이 포함되며 두 과정 모두 상황에 따라 온도는 다를 수 있음

🏂 장치 구조







PRODUCT

상품명	코드	수량
SILAR 코팅기 3	HO-TH-03	1



QUOTATION





분무열분해 장치

Spray Pyrolysis Equipment / GODE K3704

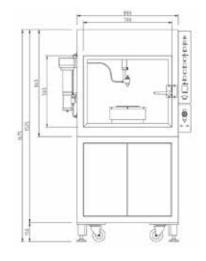
- 가열된 기판에 용액을 분무하여 박막을 입히는 장치
- 원하는 박막물질만 남고 용액의 다른 물질은 모두 증발하도록 온도를 설정하여 박막 생성
- 일반적으로 금속산화물의 도포에 주로 사용
- 스테퍼 모터로 움직이는 XY 방향 스테이지에 분무 노즐이 고정되어 있어 지정된 움직임으로 분무 가능
- 기판은 자동으로 온도를 유지하는 가열 플레이트에 놓임





PRODUCT

🔅 장치 구조



💠 구성품

상품명	코드	수량
분무열분해 장치	HO-TH-04	1



QUOTATION

스핀 코팅기

Spin Coating Unit with UV curing system / GODE K3706

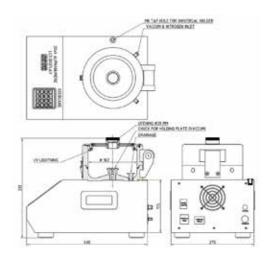
- UV LED 경화 시스템 사용
- 챔버 내부에 가스를 추가로 공급하기 위한 가스 퍼지 기능 장착
- 다양한 크기와 모양의 기판을 장착 가능한 평평하고 단단한 표면 제공
- 내장 샘플 분사 시스템(옵션 액세서리)은 휘발성 용액을 밀리리터 단위로 공급하는데 용이
- 주사기 홀더 높이 조절과 지지 로드를 따라 자유롭게 회전 가능





PRODUCT

🏂 장치 구조



🌣 구성품

상품명	코드	수량
스핀 코팅기[UV경화]	HO-TH-05C	1



QUOTATION

Electricity

전자기

기초 전기 회로 실험 KIT	11!
고급 전기 회로 실험 KIT	116
전기 저항	117
전류 천칭: 라플라스 힘	118
등전위선	119
캐패시터의 전기장	12
캐패시터의 전압	12
정전기 실험	12
반데그라프	12
패러데이 법칙 : 전자기 유도	12
패러데이 법칙: 유도기전력	12
코일 내부의 자기장	12
헬름홀츠 코일의 자기장	12
변압기의 원리	12
링 런처	12
야곱의 사다리	13
오실로스코프의 원리	13







기초 전기 회로 실험 KIT

Basic Electrical Circuit Experiment Kit / CODE 기본(K5140-G), 고급(K5145-G)



- Vernier 전기회로 실험장치를 사용하여 기초 전기회로에 대한 효과적 학습 가능
- 다양한 용량의 저항, 축전기, 코일, 스위치 등을 사용한 전기 회로 실험
- 기초 전기 회로 실험 KIT 실험서 제공
- Vernier MBL을 사용하여 보다 정밀한 데이터를 측정





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 목록

- 옴의 법칙 실험 (기본/고급)
- 직렬과 병렬 회로 실험 (기본/고급)
- RLC회로 실험 (고급)
- 축전기의 충전과 방전 실험 (기본/고급)
- 키르히호프 법칙 실험 (기본/고급)
- 휘트스톤 브리지(기본/고급)

♣ 전기회로 실험장치(VCB2) 사양

- 저항: 10Ω(2), 51Ω(2), 68Ω(2), 22kΩ, 47kΩ, 100kΩ, 4.7kΩ, 200Ω (LED, 전류 제한 저항)

- 축전기 : 1μF, 10μF - 코일 : 5mH - 가변저항 : 1kΩ

- 부저 : 85dB

- 스위치 : 2단 스위치, 3단 스위치

전구 홀더 (3)건전지 홀더 (3)

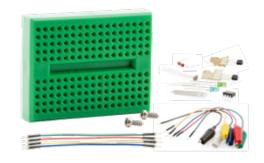
- 기타: 악어 연결선(10), 꼬마전구 2V(5), 꼬마전구 7.5V(5)

🌣 구성품

상품명	코드	기본 (K5140-G)	고급 (K5145-G)
Graphical Analysis™			
고 무선 전압 센서	GDX-VOLT	1	2
고 무선 전류 센서	GDX-CUR	1	2
교육용 신호발생기	250310		1
전기회로 실험장치	VCB2	1	1
DC 전원공급장치	PS3005	1	1
연결선-흑색, 1000mm	PH1055-BLK	2	4
연결선-빨강, 1000mm		2	4
트레이	KR8210	1	1

- 추가 액세서리

· 브래드보드 KIT(VCB2-OBBK)







고급 전기 회로 실험 KIT

Advanced Electrical Circuit Experiment Kit / GODE K5910



- 플러그인 보드에 다양한 블록을 끼워 회로 구성 가능
- 원하는 실험을 쉽고 간편하게 설계 및 재현
- 기본 구성 옵션&실험 옵션 선택 가능
- 고급 전기회로 실험 KIT 실험서 제공





PRODUCT

QUOTATION

💠 구성품

플러그인 보드와 다양한 회로 블록을 사용하여 전기 회로를 구성할수 있는 실험 KIT이다. 기본 옵션을 통해 센서 및 신호발생기 유무를 선택한 후 원하는 실험 옵션을 선택한다.

- 기본 옵션

상품명	코드	기본	고급
Graphical Analysis™			
고 무선 전압 센서	GDX-VOLT	1	2
고 무선 전류 센서	GDX-CUR	1	2
플러그인 보드	1012902	1	1
교육용 신호발생기	250310		1
DC 전원공급장치	PS3005	1	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	3	5
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	3	5
케링 케이스	KR8210	1	1

– 실험 옵션

(아래 실험을 수행하기 위해서는 별도의 장비를 구매하여야 합니다.)

실험 1. 옴의 법칙 (OHM)

전기적으로 중요한 3가지 요소인 전류(I), 전압(V), 저항(R) 사이의 관계를 학습하고 옴의 법칙을 이해할 수 있다.

V = IR

실험 2. 직렬/병렬 회로 (SP)

다양한 저항을 사용하여 직렬 회로와 병렬 회로를 구성하고 차이점을 확인 및 학습할 수 있다.

실험 3. RLC 회로 (RLC)

RLC회로에 교류가 흐를 때 저항, 축전기, 코일이 있는 회로의 변화를 예측 및 확인할 수 있다. 또한 RLC회로의 공진 주파수를 측정하고 이론 값과 비교할 수 있다.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

실험 4. 축전지의 충방전 실험 (RC)

RC회로를 구성하고 축전지를 충·방전 과정에서의 전압 변화를 통해 축 RC회로의 특징을 이해할 수 있다.

$$V(t)=V_0e^{-\frac{t}{RC}}$$

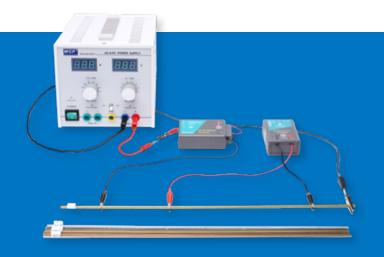






전기 저항

Electrical Conduction / GODE K5110-G



- 도체에 따른 전기 저항 측정
- 도체의 밀도, 길이, 단면적에 따른 저항 확인
- 옴의 법칙 확인
- Vernier MBL을 통해 실험 데이터를 정밀하게 측정 가능





PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

🗳 실험 이론

전기 저항

전기 저항이란 어떤 전기 회로에서 전류가 흐르는 것을 방해하는 값을 표현한 저항이다. 저항(R)의 단위는 1Ω 이며 1Ω 은 1V의 전압(V)으로 1A의 전류(I)가 흐를 때 생기는 저항을 말한다.

$$R = \frac{V}{I}$$
 [옴의 법칙]

전기 저항(R)은 도선의 종류, 길이(L), 단면적(A)에 따라 다른 값을 가지게 된다. 또한, 도체의 온도가 증가하게 되면 전기 저항도 커지게 된다. 이에 따라 도선의 저항은 다음과 같은 관계식으로 정의할 수 있다.

 $R = \rho \frac{L}{A}$

위 관계식에서 ρ 는 비례상수이며 물질의 고유한 값이기 때문에 도선의 종류에 따라 다른 값을 가진다. ρ 는 저항률 또는 비저항이라고 부른다.

전기 저항 실험에서는 도선의 종류, 길이, 단면적에 따른 저항의 크기를 확인하고 도선의 비저항을 알아볼 수 있다.

🌣 상세정보

황동(직경: 2.38mm, 3.18mm, 3.97mm, 4.76mm),

스테인리스 스틸(직경: 3.18mm), 피아노 와이어, 알루미늄, 구리 * 길이는 모두 46cm 입니다.

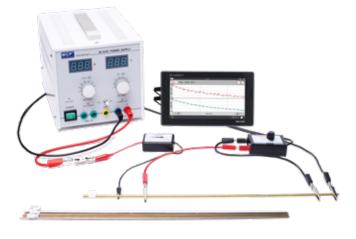


🔅 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis™		
고 무선 전압 센서	GDX-VOLT	1
고 무선 전류 센서	GDX-CUR	1
전도체 세트	RRS	1
DC 전원 공급장치	PS3005	1
악어클립 pk10	PH1052	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	1
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	1

🌣 관련 제품

- · 전기 저항
 - 유선센서(K5110)





전류 천칭: 라플라스 힘

Current Balance / GODE K5150-G



- 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선에 가해지는 힘 측정
- 도선의 길이 및 자기장 내에 놓여진 각도에 따른 라플라스 힘 측정
- Vernier MBL과 교육용 전자저울로 정밀한 측정 가능







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

🌣 실험 이론

플레밍의 왼손 법칙: 로렌츠의 힘

플레밍의 왼손 법칙이란 전하량을 가진 물체가 전자기장 내에서 받는 힘을 정의한 법칙이다. 이때 물체가 받는 힘을 로렌츠의 힘(Lorentz's Force: F)이라고 하며 자기장의 방향과 전하량에 따라 물체가 받는 힘의 크기와 방향이 정해진다.

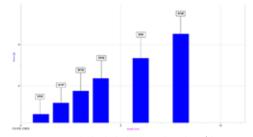
 $F = qE+q(v\times B)$ $\therefore F = q(E+v\times B)$

또한 자기장(B) 내에 전류(i)가 흐르는 도선을 놓았을 때 도선이받는 로렌츠의 힘(F)은 다음과 같다.

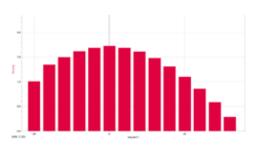
F=i(L×B) *L:도선의 길이

전류 천칭

전류 천칭에서는 전자기력을 이용하여 물체의 질량을 측정한다. 질량을 측정하고자 하는 물체를 한쪽에 놓고 다른 한쪽에는 회로를 구성하여 전자기력을 형성한다. 전류 천칭이 평형을 이루면 회로가 형성한 전자기력을 계산하여 물체의 질량을 측정할 수 있다.



Graph1. 도선의 길이에 따른 라플라스 힘 (4 A)



Graph2. 각도에 따른 라플라스 힘 (4 A)

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis™		
고 무선 전류 센서	GDX-CUR	1
전류 천칭 모듈	456500	1
전류 천칭 모듈(angle-dependent)	456510	1
교육용 정밀 전자저울	IB-210	1
스탠드 A형 [소형]	C2942	1
스탠드 로드, 60cm	000840	1
DC 전원공급장치	PS3005	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	2
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	2

🌣 관련 제품

- · 전류 천칭: 라플라스 힘
- 고범위 전류센서(K5150)







등전위선

Equipotential Line / CODE K5180-G



- 전기장과 전기력선의 특징을 이해하고 등전위선 확인
- 사용하여 전극의 모양에 따른 전기장 형성 가능
- Vernier MBL을 사용하여 보다 정밀한 측정 가능





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

전기장

전기장(E)은 전하량(q)을 가진 실험전하가 원천 전하(Q)에 의해 받는 전기력(F)을 뜻하며 전기력(F)은 쿨롱의 법칙으로 설명할 수 있다.

$$F = K \frac{Qq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2}$$
$$*K : 쿨롱 상수$$

이때의 전기장은 전기력에 관한 식을 통해 전기장에 대한 식을 표현할 수 있다.

$$E = \frac{F}{q}$$

전기장은 방향을 가진 벡터량이며 공간상에 분포하였기 때문에 벡터장이라고 한다. 전기장의 방향과 크기의 표현은 전기력선(♦)으로 할 수 있다. 전기력선은 전기장을 연속된 곡선의 형태로 나타낸다. 전기력선의 방향은 (+)전하에서 발생되고 (-)전하로 들어가는 형태를 띄고 있다.

전기력선 밀도와 전기장의 크기는 비례하며 전기력선에서 전위가 같은 지점들 이은 선을 등전위선이라고 한다.

등전위선

등전위선이란 전하량(q)을 가진 점전하의 전위(V)가 동일한 지점을 연결한 선이며 이때의 전위(V)는 단위전하당 위치에너지를 의미한다. 그러므로 전위에 대한 식은 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$

위 식을 통해 등전위선이 점전하에서 같은 거리만큼 떨어진 지점의 원형으로 형성되는 것을 알 수 있다.

등전위선 실험을 통해 다양한 모양의 전극 주위에 생성되는 전기장과 등전위선을 확인하고 원리를 이해할 수 있다.

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis™		
고 무선 전압 센서	GDX-VOLT	1
등전위선 실험장치	SG-EL-01	1
DC 전원공급장치	PS3005	1
연결선 - 검정, 1000mm	PH1055-BLK	2
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	2

🌣 구성수정

등전위선

- 전압 센서(K5180)





캐패시터의 전기장

Electrical field in a Plate Capacitor / GODE K5320



- 캐패시터의 전기장 원리 이해 및 학습 가능
- 전기장 미터를 사용하여 캐패시터의 전기장을 측정
- 캐패시터의 두 판 사이의 거리에 따른 전기장 측정
- 캐패시터의 두 판에 인가된 전압에 따른 전기장 측정





PRODUCT

QUOTATION

💠 실험 이론

캐패시터의 전기장

캐패시터(축전기)는 두 금속 판을 평행하게 놓은 판을 회로에 연결하여 전하를 충·방전할 수 있는 전기 회로 장치이다. 캐패시터의 전기장은 다음과 같은 식을 통해 나타낼 수 있다.

$$E = \frac{V}{d}$$
 (a)

이 실험에서는 전기장 미터를 사용하여 캐패시터 내의 전기장을 직접 측정할 수 있다. 섹터형으로 제작된 유도 캐패시터 판 앞에 하나의 섹터형 디스크가 회전하게 된다. 디스크는 정전기 흐름을 지속적으로 방해하여 유도 전하를 발생시킨다.

DC전원 공급 장치에서 발생된 전압에 따라 유도 캐패시터 판에 전압이 발생한다. 유도 캐패시터 판에 발생한 전압은 두 캐패시터 판사이의 전기장과 비례하게 된다.

유도 캐패시터 판이 하부 캐패시터 판보다 약 1mm 아래 있다는 것을 고려하여 다음과 같이 식을 정리할 수 있다.

$$\therefore E = \frac{V \cdot s}{d_{eff}} = \frac{V}{d+1mm}$$

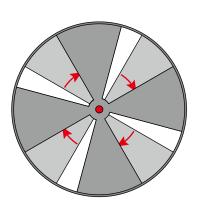


Fig1. 전기장 미터의 회전하는 섹터형 디스크

상품명	코드	수량
전기장 미터	1021405	1
DC 전원공급 장치	1008535	1
디지털 멀티미터(E)	1018832	2
연결선 세트	1002843	1



캐패시터의 전압

Voltage on a Plate Capacitor / GODE K5330



- 캐패시터의 원리 학습 가능
- 캐패시터의 두 판에 나타나는 정전압 측정
- 작은 캐패시터 판의 거리에 따른 전압 측정



PRODUCT

QUOTATION

💠 실험 이론

캐패시터의 전압

DC전원공급 장치에 두 캐패시터 판을 연결하여 캐패시터를 충전한다. 이후 캐패시터 판 사이의 거리를 수동으로 조정하며 판과 판 사이의 전압 변화를 측정할 수 있다.

충전된 두 개의 캐패시터 판에 모인 Q와 -Q에 의해 전기장(E)이 생성된다. 전기장(E)에 대한 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{A}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{V \cdot s}{A \cdot m}$$

A: 캐패시터 판의 면적 ϵ_0:진공의 유전율

만약 캐패시터에 전류가 흐르지 않는 상태에서 캐패시터 플레이트 사이의 거리를 조정하게 되면 충전된 전하량과 캐패시터의 전기장은 변하지 않는다.

두 캐패시터 판 사이의 거리가 짧아 균일한 전기장을 형성한다고 가정할 때 캐패시터의 전압과 전기장은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

> V=E·d *d:두 캐패시터 판 사이의 거리

상품명	코드	수량
전기장 미터	1021405	1
캐패시터 판D	1006798	1
DC 전원공급 장치	1003312	1
디지털 멀티미터(E)	1018832	1
연결선 세트	1002843	1



정전기 실험

Static electricity / GODE K5360-G



- 마찰전기로 인한 정전기 현상을 관찰하고 원리 이해
- 대진열을 이용한 정전기 생성 가능
- Vernier MBL을 통해 실험 데이터를 정밀하게 측정 가능





PRODUCT

QUOTATION

💠 실험 이론

정전기(Static electricity)

정전기란 정지되어 있는 전하에 의해 일어나는 물리적 현상을 말한다. 정전기의 발생은 도체와 부도체에 다르게 나타나게 되는데 도체의 경우 금속결합으로 원자 배치가 안정하며 자유전자를 가지고 있어 전자의 이동이 자유롭다. 부도체의 경우 원자 사이의 공유결합을 통해 서로의 전자를 공유하고 있어 도체보다 강한 인력으로 전자가 속박되어 있다.

도체의 정전기 현상은 도체에 물체를 마찰하거나 대전체를 가까이하면 전자가 이동하게 된다. 이때 전자를 잃은 물체는 (+)전기를 띠고 전자를 얻은 물체는 (-)전기를 띠게 된다. 이때 물체가 전기를 띠게 되는 현상을 대전이라고 한다.

부도체의 정전기 현상은 부도체에 대전된 물체를 가까이하면 부도체 내부에서 대전체와 같은 종류의 전하는 먼 곳, 대전체와 다른 종류의 전하는 가까이 띄게 된다. 이때 도체와 다른 점은 자유전자가 이동할 수 없기에 분자나 원자 내의 (+),(-) 전하가 서로 반대 방향으로 전기력을 받아 제자리에서 회전하거나 한쪽으로 찌그러지는 유전 분극 현상이 나타난다.

마찰 전기

서로 다른 두 종류의 부도체를 마찰시켰을 때 물체가 띠는 전기를 마찰전기라고 한다. 부도체에서는 전자가 쉽게 이동할 수 없다. 따라서 전자가 한 곳에 머물러 있는 경우가 많으며 이를 정전기라고 한다. 또한 부도체를 마찰하였을 때 (+),(-)를 띄는 기준은 대전열이라는 대전이 되는 순서로 나타낼 수 있다.

(+) 털가죽- 상아- 유리- 명주- 나무- 고무- 플라스틱- 에보나이트 (-) ← 전자를 잃기 쉬움/ 전자를 얻기 쉬움 →

상품명	코드	수량
Graphical Analysis™		
고 무선 전하량 센서	GDX-Q	1
정전기 실험 키트	ESK-CRG	1
고전압 정전기 실험 키트	HVEK-CRG	1

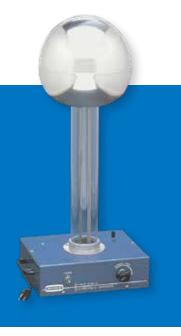






반데그라프

Van De Graaff / GODE K5370



- 반데그라프 실험에서는 정전 고전압에서의 여러 가지 정전기 현상을 관찰하고 원리를 이해
- 다양한 액세서리를 사용하여 정전기 실험 가능







QUOTATION

💠 실험 이론

반데그라프(Van De Graaff)

정전기란 정지되어 있는 전하에 의해 일어나는 물리적 현상을 말한다. 반데그라프는 내부에 있는 절연 벨트로 마찰전기를 일으켜 전하를 모아 위쪽에 설치한 금속공에 축적한다. 매우 높은 전위차를 만들 수 있어 높은 전압을 낼 수 있지만 저장할 수 있는 전류의 크기는 작다.

반데그라프 내부에는 전자 친화도가 다른 두 개의 롤러를 하나의 절연 벨트로 회전시킨다. 이때 전자 친화도가 다르기 때문에 롤러가 돌아가면서 정전기 전하는 음전하와 양전하로 나뉘어 몰리게 된다. 이때 생성된 (+)전하는 반데그라프의 상단에 있는 금속 구에 축적되게 되며 (-)전하는 외부의 금속 구에 축적되게 된다. 또한 반데그라프가 만들 수 있는 최대 전위차는 다음과 같다.

> △V_{max} = dE *d:반데그라프의 지름 *E: 전기장

🌣 구성품

	_	_
상품명	코드	수량
반데그라프(정전고압 발생장치)	N-100EB	1
– 반데그라프		1
- 교체용 벨트		1
- 매뉴얼		1

🛟 옵션

·	,	-
교체용 벨트 (RP-601)	정전 깃털 (N-125)	
대전구 스탠드형[대형] (N-122L)	레이싱 볼과 스탠드 (N-141&140)	
대전구 핸드형 (N-122)	정전 네온막대 (N-146)	
플라잉볼 & 스테이크 (N-144)	링 터미널 (N-126)	?
라이트닝 판 (N-139)	포인트 터미널 (N-127)	



패러데이 법칙 : 전자기 유도

Faraday's law of electromagnetic induction / CODE K5420-G



- 자기선속의 변화에 따른 기전력의 발생을 <u>확인하고 측정</u>
- 페러데이 법칙에 의해 발생하는 코일의 유도기전력 측정
- 막대자석이 포토게이트를 지나가는 시간과 그 길이를 측정하여 막대자석의 순간 속도 확인 가능
- 측정되는 전압과 자속의 변화율의 관계를 그래프로 확인
- Vernier MBL을 통해 실험 데이터를 정밀하게 측정 가능







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

🌣 실험 이론

패러데이의 전자기 유도 법칙

패러데이의 전자기 유도 법칙이란 자기선속의 변화율(dt)와 기전력(ε) 크기에 대해 나타낸 법칙이다. 이는 전기장과 자기장의 상호간 유도현상을 설명하는 법칙이며 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

우변에 (-)부호가 붙는 것은 렌츠의 법칙을 통해 이해할 수 있다. 렌츠의 법칙에서는 전기 회로에서 발생하는 유도 기전력은 폐회로를 통과하는 자기선속의 변화를 방해하는 방향으로 발생한다는 것을 이야기한다.

패러데이의 전자기 유도 법칙 실험에서 코일에 자석을 낙하하여 전자기 유도 법칙을 확인한다. 자석이 낙하할 때 자석에 의해 코일 내부를 지나는 자기선속이 변화하게 되고 이로 인해 코일에 기전력이 발생하게 된다. 또한 Vernier MBL을 사용하여 자기선속의 변화에 따른 기전력을 보다 정밀하게 측정할 수 있다.



학생용 코일, 200/400턴

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 포토게이트	GDX-VPG	1
고 무선 전압 센서	GDX-VOLT	1
아크릴 관(전자기 유도 실험용)	K5420-ACL	1
학생용 코일, 200/400턴	462517	1
막대자석	330510	1
A형 스탠드(소형)	C2942	1
스탠드 로드, 60cm	000840	1
집게형 클램프 B형	CH0682	1
클램프	002300	2
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	2
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	2





패러데이 법칙: 유도기전력

Faraday's Laws of linduced electromotive force / GODE K5460-G



- 패러데이의 전자기 유도 법칙 이해 및 학습
- 전류 변화에 따른 유도 기전력 측정
- 코일의 감은 수에 따른 유도기전력 측정
- 코일의 직경에 따른 유도기전력 측정
- Vernier MBL을 통해 보다 정밀한 측정 가능







QUOTATION

🌣 실험 이론

패러데이의 법칙: 유도기전력

1차 코일 안에 2차 코일을 넣고 1차 코일에 전류를 흘려 자기장을 발생시킨다. 1차 코일의 자기장 변화로 인해 2차 코일에 발생하는 유도기전력을 측정한다.

1차 코일의 자기장과 자기선속은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

 $B = \mu_0 iN$

* µ₀: 진공에서의 투자율

* i : 전류의 세기

* N : 감은 수

 $\Phi_B = B \cdot A = BA \cos \theta$

*A : 면적

2차 코일의 유도기전력은 패러데이의 전자기 유도 법칙에 의해 자기선속의 변화율($(d\Phi_B)/dt$)와 코일의 감은 수(n), 유도 기전력 (ϵ) 크기로 나타낼 수 있다.

$$\varepsilon = -n \frac{d\Phi_B}{dt}$$

위 식에서 알 수 있듯이 2차 코일에 나타나는 유도기전력은 1차 코일의 자기선속 변화율에 비례하며 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 나타나게 된다.

Vernier MBL을 사용하여 1차 코일에 입력된 전압과 2차 코일에 나타나는 유도기전력을 측정하고 패러데이 전자기 유도 법칙이 성립하는지 확인할 수 있다.

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis™		
고 무선 전압 센서	GDX-VOLT	2
1차 코일(D76/N930)	SG-C-D76N930	1
2차 코일(D38/N1120)	SG-C-D38N1120	1
2차 코일(D38/N800)	SG-C-D38N800	1
2차 코일(D38/N580)	SG-C-D38N580	1
2차 코일(D32/N580)	SG-C-D32N580	1
2차 코일(D26/N580)	SG-C-D26N580	1
AC&DC 전원공급장치	KSAD15	1
연결선 - 검정, 1000mm	PH1055-BLK	2
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	2
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	2

🌣 관련제품

· 패러데이 법칙: 유도기전력

- 전압 센서(K5460)





코일 내부의 자기장

Magnetic Field of Coil / GODE K5430-G



- 솔레노이드가 만드는 자기장을 측정하고 앙페르 법칙의 원리 이해
- Vernier MBL을 통해 전류와 자기장의 정밀한 측정 가능





PRODUCT

MANUAL

Fig: Magnetic Field vs Turns

QUOTATION

🌣 실험 이론

🌣 그래프

솔레노이드 코일 내부의 자기장

솔레노이드란 긴 원통에 원형 도선을 여러 번 감은 원통 모양의 도선이다. 솔레노이드에 전류를 흘리면 여러 개의 원형 도선을 지나는 전류에 의해 자기장이 만들어지게 되는데 이때 원형 전류가 만드는 자기장의 합이 솔레노이드의 자기장이다.

이상적인 솔레노이드의 내부 자기장은 일정하고 균일하며 외부에서의 자기장은 0이다. 이상적인 솔레노이드 내부의 자기장 크기(B)를 구하기 위해서는 앙페르 법칙을 적용하면 되다.

$$\int B dI = BI = \mu_0 inI$$

* $I: 솔레노이드의 길이 *_{\mu_0}: 진공에서의 투자율$ *i : 전류의 세기 *n: 단위길이당 감은 수

∴B = μ_0 in

💠 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis™		
고 무선 3축 자기장 센서	GDX-3MG	1
고 무선 전류 센서	GDX-CUR	1
학생용 코일, 200/400턴	462517	1
학생용 코일, 800턴	462525	1
학생용 코일, 1600턴	462530	1
학생용 코일, 3200턴	462540	1
광학 벤치, 37cm	294635	1
광학 벤치 새들	294610	1
고 무선 자기장 센서 홀더	470810	1
서포트 잭	KA.11-91	1
DC 전원공급장치	PS3005	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	2
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	2





Fig: Magnetic Field of 1600 turns coil

💠 관련 제품

· 코일 내부의 자기장 - 유선센서(K5430)

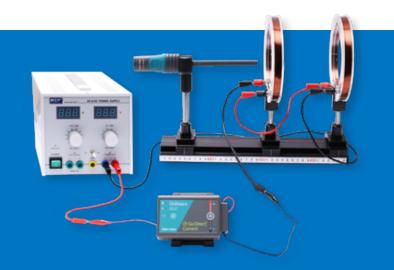






헬름홀츠 코일의 자기장

Magnetic Field of Helmholts Coil / CODE K5440-G



- 헬름홀츠 코일이 만드는 균일한 자기장을 거리에 따라 측정 가능
- 트랙형 구성으로 헬름홀츠 코일 사이의 거리 조절로 편리하게 실험
- 코일의 감은 수에 따른 자기장의 세기 측정 가능
- 코일과의 거리에 따른 자기장의 세기 측정 가능
- Vernier MBL을 통해 자기장과 전류를 정밀하게 측정 가능







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

🌣 실험 이론

헬름홀츠 코일(Helmholts Coil)

헬름홀츠 코일은 균일한 자기장을 만드는 장치이다. 두 개의 동일한 원형 코일로 이루어져 있으며 두 코일은 실험 영역을 사이에 두고 중심 축을 공유하며 서로 나란하게 위치한다.

또한 헬름홀츠 코일이 균일한 자기장을 형성하기 위해서는 적당한 조건을 만족시켜야 한다. 코일 사이의 거리(h)와 코일의 반지름(R)이 같으면 각각의 코일에는 동일한 세기의 전류가 동일한 방향으로 흐르게 된다.

헬름홀츠 코일의 자기장(B)은 내부 중앙점의 자기장 값은 아래와 같이 정의된다.

 $B = (\frac{4}{5})^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 nI}{R}$

 $*\mu_0$: 진공에서의 투자율

*I : 전류의 세기

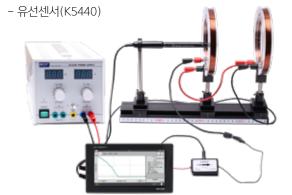
*n : 단위길이당 감은 수

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis™		
고 무선 3축 자기장 센서	GDX-3MG	1
고 무선 전류 센서	GDX-CUR	1
헬름홀츠 코일	PH0845HEL	1
광학 벤치, 37cm	294635	1
광학 벤치 새들	294610	3
고 무선 자기장 센서 홀더	470810	1
DC 전원공급장치	PS3005	1
연결선 - 흑색, 1000mm	PH1055-BLK	2
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	2

🌣 관련 제품

· 헬름홀츠 코일의 자기장





변압기의 원리

Transformer / GODE K5450-G



- 감은 수가 다른 네 종류의 코일로 구성되어 다양한 변압기 구성 가능
- 패러데이 전자기 유도 법칙 확인
- 변압기에서의 Core의 역할, 전압과 전류 변환 및 전력 전달 확인
- Vernier MBL을 사용하여 전압과 전류를 정밀하게 측정 가능







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

🌣 실험 이론

변압기의 원리

일반적으로 변압기를 구성할 때 U/I Core(철심)을 기준으로 말할 수 있다. 이때 좌우로 코일을 놓는데 이 코일을 1차, 2차 코일이라고 가정한다.

1차 코일과 2차 코일은 같은 U/I Core에 장착되기 때문에 두 코일의 자기선속의 변화($\Delta \Phi_B$)는 동일하다고 볼 수 있다.

$$V_1 = -N_1 \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \qquad \qquad V_1 = -N_1 \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

시간 변화에 따른 자기선속의 변화가 동일한 것을 바탕으로 두 식을 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2} \qquad \qquad \therefore V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1$$

전력(P)이란 단위시간당 전류가 할 수 있는 일의 양을 말한다. 일반적인 전력 공식은 다음과 같으며 이를 1차 코일, 2차 코일에 적용할 수 있다.

$$P = VI = I^2R = \frac{V_2}{R}$$

 $P_1 = V_1 I_1$

만약 실험에서 구성한 변압기가 전력 손실이 전혀 없는 이상적인 변압기라고 가정한다면 에너지 보존 법칙에 따라 1차 코일의 전력(P₁)과 2차 코일의 전력(P₂)은 동일하다고 볼 수 있다.

$$P_1 = P_2$$

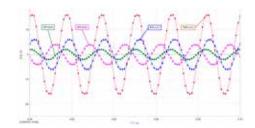
 $V_1 |_{1} = V_2 |_{2}$

전력에 관한 식에 2차 코일의 유도기전력(V₂)을 대입하면 2차 코일의 전류(I₂)에 대한 식을 얻을 수 있다.

$$\bigvee_1 |_1 = \bigvee_2 |$$

 $V_1 I_1 = V_2 I_2$ $V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1$ $\therefore I_2 = \frac{N_1}{N_2} I_1$

🌣 그래프



Graph: 코일의 감은 수에 따른 유도기전력

🌣 구성품

상품명	코트	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 전류 센서	GDX-CUR	1
고 무선 전압 센서	GDX-VOLT	1
변압기 U/I core	463000	1
변압기 I-core, soild	463020	1
학생용 코일, 200턴	462510	2
학생용 코일, 400턴	462520	1
학생용 코일, 800턴	462525	1
학생용 코일, 1600턴	462530	1
저항 홀더	429130	1
저항 세트	RES-00001	1
AC&DC전원공급 장치	KSAD15	1
연결선 -검정, 1000mm	PH1055-BLK	4
연결선 -검정, 1000mm	PH1055-RED	4

🌣 관련 제품

· 변압기의 원리 - 유선센서(K5450)





링 런처

Ring Launcher / GODE K5475



- 렌츠의 법칙, 패러데이 법칙 등 다양한 실험 가능
- 과전류 보호기능 제공
- 장치 사용 가능 여부(활성화 여부) 음성 메시지로 확인
- 안전한 실험을 위해 IR 리모컨 제공
- LED를 통해 전원, 장치 활성화, 원격 신호 확인 가능





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

링 런처

링 런처는 전자기 유도와 자기적 척력의 원리를 이용한 실험 장치이다. 철심으로 이루어진 Iron Core 주위에 코일을 감고 알루미늄 링을 놓은 후 교류 전류를 흘려 보내면 알루미늄 코일이 세차게 공중으로 튀어 오르게 된다.

전자기 유도란 자기장이 변하는 곳에 있는 도체에 전위차(전압차)가 발생하는 현상을 말한다. 이때 유도되는 기전력(ϵ)은 코일의 감긴 횟수(N)와 단위 시간당 자기선속의 변화율($\frac{d\Phi}{dt}$)에 비례한다.

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

유도 기전력을 강하게 발생시키기 위해서는 단위 시간당 자기선속의 변화율(dቀ/dt)을 키우는 방법이 있다. 링 런처는 강한 교류 전류를 통해 단위 시간당 자기선속의 변화를 극대화한다.

또한, 전자기 유도에 의해 발생하는 기전력의 부호는 렌츠의 법칙을 통해 알 수 있다. 알루미늄링에 걸리는 기전력은 회로에 흐르는 전류가 만드는 자기장의 변화를 상쇄시키는 방향으로 형성된다. (* 아래 식에서 F는 로렌츠 힘을 나타낸다.)

$$\varepsilon = \frac{1}{q} \Phi F \cdot dI = \Phi(E + v \times B) \cdot dI$$
$$F = q(E + v \times B)$$

즉, 링 런처가 알루미늄 링을 공중으로 발사하는 이유는 코일의 단위 시간당 자기선속의 변화율 $(\frac{d\Phi}{dt})$ 에 의해 알루미늄 링에 기전력이 형성되고 이로 인해 로렌츠의 힘 발생하기 때문이라는 것을 알 수 있다.

🌣 실험 목록

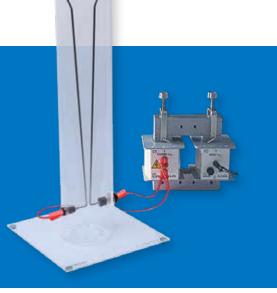
- 전자기 유도
- 자기선속
- 패러데이 법칙
- 렌츠의 법칙
- 맴돌이 전류
- 유도기전력

코드	수량
SV543	SET
	1
	1
	1
	1
	1
	1
	1



야곱의 사다리

Jacob's Labber: Arc discarge rods / CODE K5480



- 고전압에 의해 공기로 전류가 흐르면 공기가 이온화 되면서 많은 양의 전류가 흐르는 아크 발생현상 관찰
- 아크가 발생하면서 내는 열기로 인한 공기의 팽창, 상승 관찰
- 로드에 절연 및 안전 소켓이 있는 플라스틱 보호 파이프가 장착되어 안전하게 사용 가능





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

아크 방전

아크 방전이란 전극 사이에 비교적 큰 전류가 흐를 때 나타난다. 이때 전극이 가열되어 열전자를 방출하고 공기 중의 각종 기체 분자들은 양전하를 띤 양이온과 음전하를 띤 전자로 분리되는 플라즈마 현상이 나타난다. 이로 인해 아크 전류가 흘러 강한 빛을 볼 수 있다. 또한 방전 중 보이는 강한 빛을 아크라고 부른다.

아크 방전은 음극의 전압강하가 20V 이하로 상대적으로 적은 특징이 있으며 충분한 열전자를 확인하기 위해서는 음극의 온도가 1,000 °C $\sim 3,500$ °C까지 올라가야 한다.

야곱의 사다리

아크 방전 로드에 고전압을 걸어 방전관 내 공기에 전류가 흐르도록 하면 두 개의 로드 사이에 생성된 아크를 확인할 수 있다. 또한 로드가 가열되면서 아크 방전관 내의 공기가 팽창한다. 이로 인해 아크 방전 로드 사이에 생성된 아크의 상승을 확인할 수 있다.

상품명	코드	수량
아크 방전 로드	461520	1
U-I core	459700	1
Coil, 600 windings	459645	1
Coil, 24000 windings	459655	1
고전압용 연결선- 빨강, 1000mm		1
고전압용 연결선- 검정, 1000mm		1







오실로스코프의 원리

Training Oscilloscope / GODE K5490



- 오실로스코프의 구조, 작동원리 및 방법에 대한 이해
- 음극선관에서 발생하는 전자의 흐름을 자기장을 형성하여 운동방향을 제어할 수 있음을 가시적으로 확인





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

오실로스코프

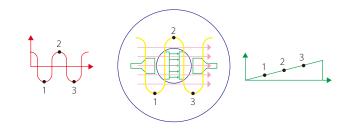
오실로스코프는 시간에 따라 변하는 다양한 형태의 전기적 신호를 음극선관(CRT)이나 액정디스플레이(LCD) 같은 표시장치를 이용하여 직접 볼 수 있게 한 분석 장치이다. 전기적 신호의 수직 축은 전압(Volt)의 크기를 표시하며 수평 축은 시간의 변화(time)를 각각 나타낸다.

실험에 사용되는 오실로스코프의 표시장치는 음극선관(CRT)을 사용하며 음극선관(CRT)는 전자 빔의 편향원리를 이용한다. 음극선관 내부에는 전자총, 수평/수직 편향판 그리고 형광 스크린이 존재하며 전자총에서 가속된 전자 빔은 두 개의 편향판 사이를 통과한 후 형광스크린에 도달한다.

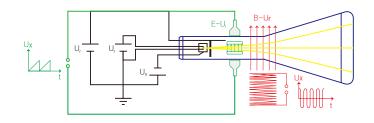
전자 빔이 형광 스크린과 충돌하면 스크린은 발광하게 된다. 이때 두 편향판에 걸리는 전압이 0이면 형광스크린의 중심에 광점이 나타나게 된다. 또한 CRT에 달린 광원, 액정 그리고 화소에 의하여 가해진 전기 신호의 세기에 따라 제어되고 광점이 다르게 나타난다. 수평 편향판에 톱니 파 전압, 수직 편향판에는 입력 신호에 해당하는 전압을 걸어주면 화면 상에서의 광점의 운동이 나타난다. 수평/수직 편향판에 가해지는 신호의 조합에 의해 오실로스코프의 전압-시간 그래프가 나타나게 된다.

오실로스코프의 원리 실험에서는 전기장과 자기장에 인가된 전자 빔의 편향을 조사하고 함수 발생기의 주기적인 신호를 인가한다. 오실로스코프의 신호 표시를 확인 및 톱니파 발생기의 주파수 제어/ 보정과정을 통해 오실로스코프의 구조와 원리에 대해 이해하고 확인할 수 있다.

상품명	코드	수량
실험용 음극선관	1000902	1
DC 전원장치 0-500V (230 V)	1003308	1
함수 발생기 (230 V)	1009957	1
연결선 세트	1002847	1



Time-resolved display of a periodic signal



Schematic diagram of the student oscilloscope, viewed from above

Modern Physics

현 대 물 리

선사의 비선하 측성	13.
전자 스핀 공명	134
핵 자기 공명	13.
방사선 차폐	13
플랑크 상수	13
프랑크-헤르츠 실험 [네온]	13
프랑크-헤르츠 실험 [수은]	139
반도체의 전기 전도도	14
홀 효과	14
선 스펙트럼 관찰 l	14
발머 계열 / 뤼드베리 상수 측정	14
밀리컨 유적 실험	14
전자 회절	14
이온화 에너지	14
제만 효과	14



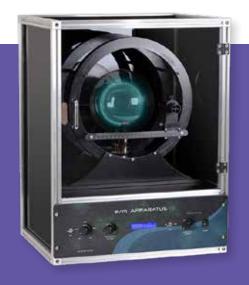


본 카탈로그의 제품은 2022년 Vernier MBL을 기준으로 작성되었습니다. 본사의 정책에 따라 Vernier MBL 제품의 사양 및 디자인, 소비자가는 변동될 수 있습니다.



전자의 비전하 측정

e/m Apparatus / GODE K6120



- 균일한 자기장 속에서 전자를 원운동시켜 전자의 전하 질량의 비 측정
- 헬름홀츠 코일을 사용하여 균일한 자기장 형성
- 다이얼을 사용하여 쉬운 조작 가능
- 관찰렌즈와 자를 이용하여 간편한 측정 가능







QUOTATION

🌣 실험 이론

e/m측정

질량을 가진 입자 중 전자는 매우 가벼운 입자로 실제 전자의 질량을 측정하는 것은 불가능에 가깝다. 그러므로 전하와 연관된 비전하를 측정한다.

필라멘트의 가열로 음극에서 발생된 열전자가 양극에 걸려있는 전압(V)에 의해 가속되고 구멍으로 빠져나가게 된다. 전자가 빠져나가는 순간부터는 등속 운동을 하게 되는데 전자의 속력(v)은 다음과 같이 구할 수 있다. 전압에 의해 전자가 받는 에너지는 eV이며 이를 전자의 운동에너지와 같다고 생각했을 때 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$eV = \frac{1}{2}mv^2$$

*e : 전자의 전하량 *m : 전자의 질량 *v : 전자의 속도

$$\therefore V = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

속도가 v인 전자가 균일한 자기장 속으로 들어가면 로렌츠의힘(F)을 받게 되는데 이때 힘의 방향은 전자의 운동방향과 자기장의 방향에 수직한 방향이다.

$$F = ev \times B$$

또한 전자의 운동방향과 자기장의 방향이 서로 수직하므로 자기장이 균일하다면 전자가 받는 로렌츠의 힘의 크기는 evB로 일정하다. 이때 전자는 진행방향에 수직으로 일정한 힘을 받으므로 등속 원운동을 한다는 것을 할 수 있는데 등속 원운동을 하는 궤도의 반경을 r이라고 하였을 때 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$r = \frac{mv}{eB}$$

위 식에 전자의 속도에 관한 식을 대입하고 정리하면 다음과 같은 전자의 전하량과 질량의 비를 얻을 수 있다.

$$\therefore \frac{e}{m} = \frac{2V}{(Br)^2}$$

이 실험에 사용되는 전자의 비전하 측정 실험장치(HO-ED-EM-03)의 사양에 맞춰 식을 재구성해보면 다음과 같은 식으로 정리된다.

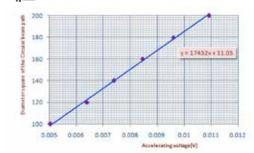
$$\therefore \frac{e}{m} = [(125a^2/128\pi^2 \text{ N}^2) \times 10^{14}](\frac{\text{V}}{\text{I}^2\text{D}^2})$$

* V : 가속 전압 * a =13.5cm : 헬름홀츠 코일의 반지름

* N = 140 : 헬름홀츠 코일의 감은 수

* I : 헬름홀츠 코일의 전류 * D : 전자 빔의 궤도 직경

🌣 그래프



상품명	코드	수량
전자의 비전하 측정 실험	HO-ED-EM-03	1



전자 스핀 공명

Electron Spin Resonance: ESR / CODE K6215



자기장 속에 놓인 전자가 스핀으로 인해 에너지 준위 차이에서 광자를 흡수하여 다른 에너지 준위로 전이되는 현상 확인



PRODUCT

QUOTATION

💠 실험 이론

전자 스핀 공명 (Electron Spin Resonance: ESR)

전자가 스핀 공명이란 DC 전원공급 장치에 의해 생성된 외부 자기장 내부에 있는 홀전자를 가진 물질에 의한 에너지 흡수를 기본 원리로 한다. 이때 흡수되는 에너지는 DC전원으로부터 생성된 자기장에 수직으로 공급되는 AC 고주파에서 흡수한다.

고주파의 주파수가 실험에 사용되는 시료의 공진주파수와 같은 경우 오실로스코프를 통해 코일의 임피던스의 공진 곡선과 피크를 확인할 수 있다. 공명 흡수 원인은 자유 전자의 스핀 상태 사이의 자기 모멘트 기울기 때문입니다.

공진주파수는 DC전원이 생성한 자기장의 강도에 따라 달라지며 공진 신호의 폭은 자기장의 균일성과 관련이 있다. 전자의 스핀에 따른 자성인 전자의 자기 모멘트는 자기장 B에서 이산 값을 가정한다.

$$E_m = g_J \mu_s mB \cdots (1)$$

 $m = -\frac{1}{2}, \frac{1}{2}$

 $\mu_s = \frac{e\hbar}{2m_e} = 9.2774 \times 10^{-24} \frac{J}{T}$: Bohr magneton

g」 = 2.0023 : Landé g-factor

보어 마그네톤(Bohr magneton)은 원자나 전자의 자기 모멘트의 크기를 나타내는 단위이며 랑데 지 인자(Landé g-factor)는 궤도 각운동량과 스핀을 가진 전자에 대한 지 인자이다. 일반적으로 원자의 궤도에 존재하면서 같은 각운동량을 가지는 전자는 서로 같은 에너지를 가지는데 원자 외부에 자기장을 걸어줄 경우 랑데 지 인자의 배수만큼 에너지가 변화하게 된다.

이때 두 에너지 준위 사이의 간격은 다음과 같다.

$$\triangle E = g_J \mu_s B \cdots (2)$$

또한 전자의 스핀 공명은 다음과 같은 조건을 만족할 경우 발생한다.

$$hf = \Delta E \cdots (3)$$

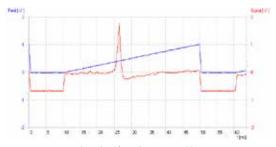
 $h=6.626\times10^{-34}$ J·s: Planck's constant

이 실험에서는 홀전자를 포함하는 유기 화합물인 디페닐-피크릴하이드라질(DPPH)를 이용하여 전자 스핀 공명을 확인한다. 외부 자기장은 헬름홀츠 코일을 통해 최대B_{max}=3.5 mT를 형성한다. 또한 헬름홀츠 코일을 통해 톱니 모양의 파장을 형성하여 주파수에 따라 공명 현상을 오실로스코프로 확인할 수 있다.

🌣 구성품

상품명	코드	수량
ESR/NMR Basic Set(230V, 50/60Hz)	1000638	1
ESR 보충 세트	1000640	1
디지털 오실로스코프 100MHz	GDS-1102-U	1
고주파 케이블	1002746	2

🌣 그래프



Graph: Signal trace at 40 MHz (red: absorption signal as a function of time, blue: coil voltage as a function of time)





핵 자기 공명

Nuclear Magnetic Resonance: NMR / GODE K6220



자기장 속에 놓인 원자핵이 특정 주파수의 전자기파와 공명하는 현상 확인



PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

핵 자기 공명 (Nuclear Magnetic Resonance: NMR)

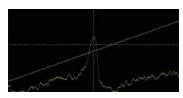
전자가 스핀을 가지고 있는 것과 마찬가지로 핵 또한 스핀을 가지고 있다. 외부의 자기장이 존재하지 않는 경우 핵 스핀은 무작위로 정렬된 상태이다. 이러한 핵 주변에 자기장을 걸어주면 유도자기장이 발생하게 되는데 이때 핵 스핀은 외부 자기장과 같거나 반대 방향으로 정렬하게 된다.

핵 스핀이 외부 자기장과 같은 방향으로 정렬될 경우 외부 자기장이 존재하지 않을 때의 기존 에너지 준위 보다 에너지 준위가 낮아지면 핵 스핀이 외부 자기장과 반대 방향으로 정렬되는 경우에는 에너지 준위가 높아진다. 이때 외부 자기장이 동일한 경우 에너지 준위가 낮아지고 높아지는 정도는 동일하다.

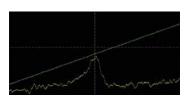
라디오파 정도의 주파수를 외부에서 에너지로 제공해 주면 핵 스핀은 에너지를 받아 외부 자기장과 반대 방향으로 스핀 상태를 변화시킬 수 있다. 또한 화합물에 외부 자기장을 걸어줄 때 화합물을 구성하는 각각의 원자가 가지고 있는 핵 스핀의 강도가 다르기 때문에 같은 세기의 자기장을 걸어 줘도 흡수하는 주파수가 다르다. 따라서 핵 자기 공명을 통해 흡수하는 주파수를 측정함으로써 화합물이 어떤 원자로 구성되어 있는지 추측할 수 있다.

핵 자기 공명 실험에서는 다양한 측정 샘플에 고주파 외부 자기장을 걸어주고 원자핵이 공명하는 진동수를 측정할 수 있다.

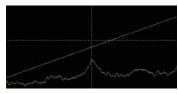
상품명	코드	수량
ESR/NMR Basic Set(230V, 50/60 Hz)	1000638	1
NMR 보충 세트	1000640	1
디지털 오실로스코프 100MHz	GDS-1102-U	1
고주파 케이블	1002746	2
전자파 차단 케이스	NMR-CASE	1



Nuclear magnetic resonance in glycerine(f=12.854 MHz)



Nuclear magnetic resonance in polystyrene(f=12.854 MHz)



Nuclear magnetic resonance in Teflon(f=12.1 MHz)



방사선 차폐

Radiation Shielding / CODE K6310-G



- 방사선 동위원소의 방사선을 측정하고 흡수 시료를 이용하여 방사선 차폐 정도를 측정
- Vernier MBL을 통해 실험 데이터를 정밀하게 측정 가능





PRODUCT

QUOTATION

💠 실험 이론

방사선 차페

방사선은 높은 에너지를 가지고 있으므로 물질과 원자의 에너지는 물질의 특성을 변화시킬 수 있다. 또한 인체가 강한 방사선에 노출되거나 방사선을 방출하는 방사성 물질을 흡수하면 방사선에 의해 세포가 손상되어 위험해질 수 있다.

방사선 차폐란 방사선이 물질을 투과할 때 그 세기가 줄어지는 성질을 말하며 이 실험에서는 방사성 동위원소과 센서 사이에 방사선 차폐체를 설치하여 방사선의 세기 정도 변화를 측정한다.

방사선 차폐 실험에서는 방사선 동위 원소의 알파, 베타, 감마 방사선을 측정하고 방사선 흡수 시료를 통한 방사선 차폐 정도를 Vernier MBL을 이용하여 정밀하게 측정할 수 있다.

💠 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 방사선 모니터	GDX-RAD	1
방사선 실험 홀더	KS8400	1
방사성동위원소 3개 세트	RSS3EU	1
방사선 흡수용 시료	514006	1

🌣 관련 제품

· 방사선 차폐



플랑크 상수

Planck's Constant / CODE K6510-G



- 광전효과를 이용하여 플랑크 상수 측정
- 플랑크 상수 실험장치를 이용하여 간편한 실험 가능
- Vernier MBL을 사용하여 전압과 전류의 정밀한 측정 가능







PRODUCT

UAL QUOTATION

🌣 실험 이론

광전효과: 플랑크 상수

광전효과 현상을 이용하여 플랑크 상수를 정밀하게 측정하고 금속의 일함수를 구할 수 있다. 광전효과란 금속에 일정 진동수의 빛(광자)을 비추었을 때 전자가 방출되는 현상을 말한다.

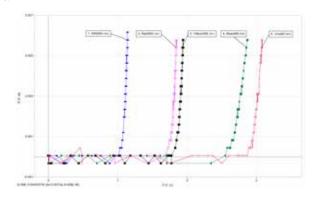
플랑크 상수 측정하기 위해서는 여러가지 빛의 광전효과에 대하여 저지전압(V)과 한계 진동수(f)의 관계에 대해 확인하고 그래프를 얻는다. 이때 그래프를 나타내는 방정식은 다음과 같다.

$$V = \frac{h}{e} f - \frac{W}{e}$$

위 식을 통해 알 수 있듯이 저지전압(V) 축 절편은 $\frac{W}{e}$ 이며 기울기는 $\frac{h}{e}$ 임을 알 수 있다.

플랑크 상수 실험에서는 금속에 나타나는 광전효과 현상을 이용하여 플랑크 상수를 측정할 수 있다. 또한 Vernier MBL을 이용하여 보다 정밀한 데이터를 얻을 수 있다.

🔅 그래프



🌣 구성품

상품명	코드	수량
Graphical Analysis [™]		
고 무선 전압 센서	GDX-VOLT	1
고 무선 전류 센서	GDX-CUR	1
플랑크 상수 실험장치	506000	1
연결선 - 검정, 1000mm	PH1055-BLK	2
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	2

🌣 관련 제품

· 플랑크 상수







프랑크-헤르츠 실험 [네온]

Franck-Hertz Experiment for Neon / CODE K6520



- 기체 원자의 여기에너지 측정
- 네온에 대한 프랑크-헤르츠 곡선을 기록 및 평가하고 빛의 방출 확인





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

프랑크-헤르츠 실험(Franck-Hertz experiment)

1914년 프랑크와 헤르츠는 수은 기체와 전자를 충돌시켜 수은의에너지 상태가 양자화된 것을 확인한다. 이 실험을 통해 에너지 준위와 여기에너지, 탄성충돌 등의 개념을 익히고 원자가 양자화되어 있는 모습을 거의 직접적으로 관찰할 수 있다.

프랑크-헤르츠 실험[네온]

실험에 사용되는 네온 튜브의 내부에는 진공관처럼 필라멘트, 음극(C), 그리드(S, G), 양극(A) 등이 배치되어 있다.

필라멘트를 가열하면 음극(C)에서 방출된 열전자가 제2그리드(G)에 의해 가속되어 운동에너지가 증가한다.

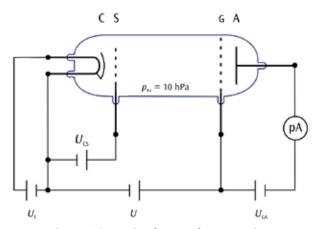


Fig. 1: Schematic of set up for measuring the Franck–Hertz curve for neon

이 전자가 제2그리드(G)를 통과한 후 양극(A)과의 역전압 V₀에

의해 약간 감속되어 양극(A)에 흡수되며 전류가 발생한다. 또한 필라멘트에 가하는 가속 전압을 높이면 양극(A)에 도달하는 전자의 양이 증가하고 더 많은 전류가 흐른다.

관속에 들어있는 기체 원자는 전자와 완전비탄성충돌을 하는 과정에서 원자의 에너지 준위의 차이만큼의 에너지를 흡수한다. 이때 기체 원자는 전자의 모든 운동에너지를 흡수해 전류의 세기가 급격히 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

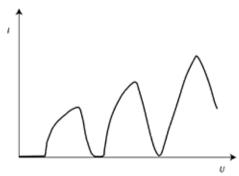


Fig. 2: Target current I as a function of the accelerating voltage U

상품명	코드	수량
전원공급 장치(프랑크-헤르츠)	1012819	1
프랑크-헤르츠 튜브(Ne)	1000912	1
디지털 오실로스코프 100MHz	GDS-1102-U	1
디지털 멀티미터	1002785	1
고주파 케이블	1002746	1
고주파 BNC-바나나 케이블	1002748	2
안전용 연결선 세트(15)	1002843	1

프랑크-헤르츠 실험 [수은]

Franck-Hertz Experiment for Mercury / GODE K6530



- 기체 원자의 여기에너지 측정
- 수은에 대한 프랑크-헤르츠 곡선을 기록 및 평가하고 빛의 방출 확인





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

프랑크-헤르츠 실험[수은]

프랑크-헤르츠 실험에 사용되는 튜브 안에는 증기(수은)가 희박하게들어있다. 또한 튜브의 외부 유리에 열선이 내장된 음극(C), 그리드(G), 양극(A) 등이 배치되어 있다.

필라멘트를 가열하면 음극(C)에서 방출된 열전자는 가속전압에 의해 가속되어 그리드(G)를 통과한다. 이과정에서 전자의 운동에너지가 증가한다.

이 전자가 그리드(G)를 통과한 후 양극(A)과의 역전압 V_0 에 의해약간 감속되어 양극(A)에 흡수되 전류가 발생하다. 필라멘트에가하는 가속 전압을 높여주면 양극(A)에 도달하는 전자의 양이증가하고 더 많은 전류가 흐른다. 또한 수은 방울이 있는 유리튜브는증기압력(약 15hPa)을 발생시키기 위해 가열된다.

관속에 들어있는 기체 원자는 전자와 완전비탄성충돌을 하는 과정에서 원자의 에너지 준위의 차이만큼의 에너지를 흡수한다.

이때 기체 원자는 전자의 모든 운동에너지를 흡수해 전류의 세기가 급격히 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

상품명	코드	수량
전원공급 장치(프랑크-헤르츠)	1012819	1
프랑크-헤르츠 가열 챔버(Hg tube)	1006795	1
디지털 오실로스코프 100MHz	GDS-1102-U	1
디지털 멀티미터	1002785	1
고주파 케이블	1002746	1
고주파 BNC-바나나 케이블	1002748	2
안전용 연결선 세트(15)	1002843	1

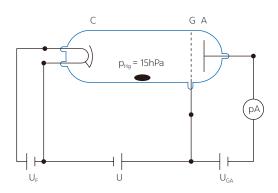


Fig. 1: Schematic of set up for measuring the Franck–Hertz curve for mercury

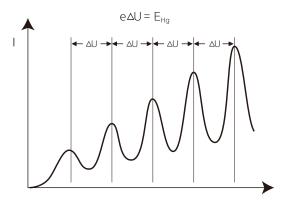
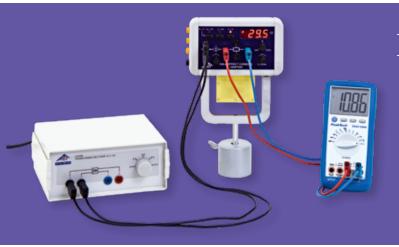


Fig. 2: Target current I as a function of the accelerating voltage U



반도체의 전기 전도도

Electrical Conduction in Semiconductors / GODE K6560



- 도핑되지 않은 게르마늄의 전기 전도도를 온도의 함수로 측정원자가띠와 전도띠 사이의 띠틈 결정





OUOTATION

🌣 실험 이론

반도체의 전기 전도도

전기 전도도는 재료의 특성에 따라 크게 달라진다. 전도율이 상대적으로 높은 온도에서만 측정 가능한 고체 물질은 반도체로 분류된다. 온도에 전도율이 의존하는 이유는 전자가 원자가띠, 전도띠 및 띠틈으로 구성된 밴드 구조이기 때문이다. 또한 도핑 과정을 거치지 않은 순수한 반도체는 전자가 전혀 점유할 수 없다. 접지 상태에서 원자가띠는 전자가 점유하는 가장 높은 밴드이다. 전도띠는 점유하지 않은 다음 밴드이다. 이러한 띠 사이의 차이를 E₉라고 하며 재료 자체에 따라 다른 값을 가진다.

게르마늄의 경우 E_g 는 약 0.7eV이다. 온도가 증가함에 따라, 점점 더 많은 전자가 원자가띠에서 전도띠로 들뜨게 되어 원자가띠자체에 "구멍"을 남기게 된다. 이러한 구멍은 마치 양자(+)인 것처럼 전기장 E의 영향을 받아 움직이며 전자와 같이 전류에 많이 기여한다. (Fig.1).

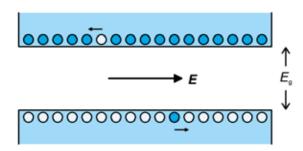


Fig.1양공 형성에 의한 전기장 발생

이 실험에서는 도핑되지 않은 게르마늄의 전도도를 측정하기 위해 일정한 전류(I)를 게르마늄 보드에 흐르게 한다. 전압(V) 강하가 온도에 대한 함수로 측정된다. 이를 통해 전도도를 측정할 수 있다.

$$V = a \cdot E$$

$$I = b \cdot c \cdot j$$

$$\sigma = \frac{1}{V} \cdot \frac{a}{b \cdot c}$$
* j : 전류밀도 * a,b,c : 결정의 치수

💠 구성품

상품명	코드	수량
게르마늄 보드 (Undoped)	1009934	1
홀 효과 실험장치	1009934	1
Barrel Foot, 1 kg	1002834	1
변압기(230 V, 50/60 Hz)	1003316	1
DC 전원공급 장치(20V,5A)	1003312	1
디지털 멀티미터	1002785	1
연결선 세트	1002843	1

- 추가 구성품(선택)

상품명	코드	수량
N-도핑 게르마늄 보드	1009760	1
P-도핑 게르마늄 보드	1009810	1
VinciLab	1021477	1
센서 케이블	1021514	1
전압센서(500 mV)	1021681	1
전압 센서(10 V)	1021680	2



홀 효과

Hall Effect / GODE K6540



- 홀전압을 측정하고 홀 효과의 원리를 이해
- 양공의 밀도와 이동성 확인
- 반도체 결정의 홀 계수 결정







PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

홀 효과(Hall Effec)

홀 효과는 전류와 자기장에 의해 모든 전도체 물질에 나타나는 효과이다. 전류가 흐르는 도체, 반도체 또는 전해질 용액의 양단에 자기장이 걸리면 자기장 내에 움직이는 전하에 로렌츠의 힘이 수직으로 발생한다.

따라서 전도체 물질의 양단에 (+), (-) 전하가 약간 이동하면서 전류 및 자기장에 수직으로 전도체 양단에 전기장(전위차)이 발생하게 된다. 이때 발생하는 전위차를 홀전압이라고 부른다.

홀 효과를 통해 종류를 알 수 없는 반도체를 확인할 수 있다. 이는 P형 반도체와 N형 반도체의 전하 운반자가 각각 양공과 자유전자로 각각 달라 서로 다른 방향으로 홀전압(V_H)이 발생하기 때문이다.

$$V_H = R_H \frac{IB}{d} [V]$$

*V,, : 홀전압 *R,, : 홀상수 *d : 반도체의 두께

*B : 자속밀도 *l : 전류

$$R_H = V_H \frac{d}{IB}$$

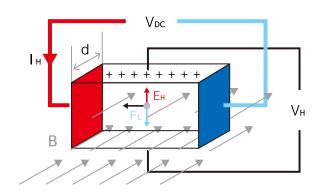
또한 전도체 양단에 걸리는 자기장의 세기에 따라 전기저항도 변하는데 이러한 현상을 자기 저항 효과라고 한다.

🌣 실험 구성

실험 1. 홀 전압(Hall voltage) 측정

실험 2. 양공의 밀도와 이동성

실험 3. 반도체 결정의 홀 계수 결정



상품명	코드	수량
홀 효과 실험장치	1009934	1
N-도핑 게르마늄 보드	1009760	1
P-도핑 게르마늄 보드	1009810	1
자기장 센서(± 2000 mT)	1021766	1
Coil D	1000988	2
U core	1000979	1
홀 효과용 클램프 브라켓	1009935	1
변압기(230 V, 50/60 Hz)	1003316	1
DC 전원공급 장치(20V,5A)	1003312	1
디지털 멀티미터	1002785	1
VinciLab	1021477	1
센서 케이블	1021514	2
전압센서(500 mV)	1021681	1
전압 센서(10 V)	1021680	2
연결선 세트	1002843	2



선 스펙트럼 관찰 |

Emission spectrum / CODE K6620-VIS



- 다양한 원소의 선스펙트럼 관찰
- 선스펙트럼의 파장 분석
- Vernier MBL을 사용하여 보다 정밀한 측정 가능





PRODUCT

QUOTATION

💠 구성품

선스펙트럼

기체가 채워진 방전관에 높은 전압을 걸어주면 기체의 종류에 따라고유한 빛을 나타나게 되며 이러한 스펙트럼을 선 스펙트럼이라고한다. 선스펙트럼은 원소의 종류에 따라 특정 파장의 빛만 밝은선으로 나타나게 되는데 이는 통해 원소를 구분할 수 있다.

고전압에 의해 에너지(E)를 받은 원자 내의 전자는 들뜬 상태가되며 높은 에너지 준위의 궤도로 올라가게 된다.

E = hf

*E : 전자가 가지는 에너지 *f : 주파수 *h : 플랑크 상수

들뜬 상태의 전자가 원래의 위치로 돌아갈 때는 에너지 준위 차이만큼의 에너지를 방출하게 되는데 이때 방출한 에너지에 의해 빛이 나타난다.

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Vernier Spectral Analysis®		
고 무선 스펙트로 VIS plus	GDX-SVISPL	1
스펙트로미터 광파이버	VSP-FIBER	1
스펙트럼관 전원장치 [보호가드형]	PH1199A	1
스탠드 A형 [소형]	C2942	1
스탠드 로드, 60cm	000840	1
온도계 클램프	CH0667A	1

- 추가 선택(별도 구매) : 스펙트럼 튜브

종류	코드	종류	코드
산소 튜브	PH1196B-1	수소 튜브	PH1196B-7
네온 튜브	PH1196B-2	요오드 튜브	PH1196B-8
헬륨 튜브	PH1196B-3	황 튜브	PH1196B-9
질소 튜브	PH1196B-4	제논 튜브	PH1196B-10
아르곤 튜브	PH1196B-5	크립톤 튜브	PH1196B-11
이산화탄소 튜브	PH1196B-6	수은 튜브	PH1196B-13

🌣 관련 제품

- · 선 스펙트럼 관찰 l
 - 스펙트로 미터(K6620-EM)





발머 계열 / 뤼드베리 상수 측정 |

Balmer series / Determination of Rydberg's constant / GODE K6630-VIS



- 수소와 산소의 파장과 뤼드베리 상수 측정
- Vernier MBL을 통해 실험 데이터를 정밀하게 측정 가능





PRODUC

QUOTATION

🌣 실험 이론

발머 계열 (Balmer series)

발머 계열은 수소 원자의 선 스펙트럼을 설명하는 6개 계열 중하나를 의미한다. 수소의 가시광선 스펙트럼은 들뜬 상태 에너지 준위인 n=2로 전이되면서 전자에 의해 가시광선 영역의 빛이 방출되는데 이때 나타나는 가시광선 영역의 파장은 656nm, 486nm, 434nm, 410nm이다. 이를 발머 계열이라고 부르고 발머계열의 발견 이후 다른 계열이 발견되었다.

- 자외선(n=1) : 라이먼 계열 - 적외선(n=4) : 브래킷 계열 - 가시광선(n=2) : 발머 계열 - 적외선(n=5) : 푼트 계열 - 적외선(n=3) : 파셴 계열 - 적외선(n=6) : 험프리 계열

또한 험브리 계열(n=6) 이후의 스펙트럼 계열은 이름을 짓지 않았으며 뤼드베리 방정식과 같은 패턴을 가진다는 것을 확인할 수 있다.

뤼드베리 방정식

루드베리 방정식이란 입자 물리학에서 대부분의 원소 스펙트럼 계열의 파장을 정확하게 구할 수 있는 공식이다. 수소의 뤼드베리 방정식은 아래와 같이 표현할 수 있으며 이는 발머 계열의 뤼드베리 방정식이라고 할 수 있다.

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n})$$
 $n = 3,4,5,\cdots$

*λ:빛의 파장 *R: 뤼드베리 상수

또한 수소를 제외한 다른 원소들의 전자가 n_2 에서 n_1 으로 전이할 때 진공 속에서의 빛의 파장(λ_{vac})은 다음과 같은 뤼드베리 방정식으로

표현이 가능하다.($n_2 \rightarrow n_1$)

$$\frac{1}{\lambda_{\text{vac}}} = RZ^2 (\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2})$$

*Z:원자 번호 *R: 뤼드베리 상수

🌣 구성품

상품명	코드	수량
Spectral Analysis 4		
고 무선 스펙트로 VIS plus	GDX-SVISPL	1
스펙트로미터 광파이버	VSP-FIBER	1
스펙트럼관 전원장치 [보호가드형]	PH1199A	1
산소 튜브	PH1196B-1	1
수소 튜브	PH1196B-7	1
스탠드 A형 [소형]	C2942	1
스탠드 로드, 60cm	000840	1
온도계 클램프	CH0667A	1

🌣 관련 제품

- · 발머 계열 / 뤼드베리 상수 측정
- 회절격자(K6630)

- 스펙트로미터(K6630-EM)







밀리컨 유적 실험

Millikan's Oil Drop / GODE K6550



- 밀리컨 유적 실험 재현
- 고해상도 카메라를 통해 오일 방울을 선명하게 관찰
- 프로그램을 통해 물방울 이동의 매개변수를 관찰 및 측정 가능
- 조명을 제어하여 챔버 내부의 방울을 확인
- 아토마이저를 사용하여 작은 기름방울을 분사





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

밀리컨 유적

1909년~1913년에 걸쳐 밀리컨은 균일한 전기장 내에서의 대전된 기름 방울 운동을 관찰하여 전자의 전하량을 측정하는데 성공하였다.

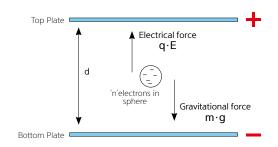


Fig1. 전기장 내의 기름방울

밀리컨 유적 실험에서는 그림1(Fig1)과 같이 간격이 d만큼 떨어져 있는 두 개의 평행한 판에 전위차(V)를 생성한다. 이 과정에서 두 개의 평행한 판 사이에는 균일한 전기장(E)이 형성된다.

기름 방울을 -q로 대전 시킨 후 두 개의 평행한 사이에 넣으면 기름 방울은 전기장에 의한 전기력(F_e)을 받는다.

$$E = \frac{V}{d}$$
 $F_e = qE$

이때 기름 방울에 작용하는 전기력(F_e)이 기름 방울의 중력(F_g)보다 큰 경우 기름 방울은 상승하고 그 상승 속도(v_r)에 따라 공기 마찰력이 적용된다.

$$F_{e} = F_{g} + F_{fr}$$

$$qE = q \frac{V}{d} = mg + kv_{r}$$

비례상수(k)를 제거한 후 기름 방울의 전하량(q)에 대한 식으로 정리한다. $q = \frac{mgd}{V} \left(1 + \frac{V_r}{V_r}\right)$

구형 기름 방울의 질량(m)을 기름방울의 밀도(ρ)와 반경(r)으로 정리하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$m = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho$$

$$\therefore q = \frac{4\pi r^3 \rho g d}{3V} (1 + \frac{V_r}{V_f})$$

🌣 구성품

	_	
상품명	코드	수량
밀리컨 유적 실험 장치	ED-EM-01-OCU	1
물방울 챔버	ED-EM-01-DC	1
상단 충전 플레이트	ED-EM-01-TCP	1
CCD 카메라	ED-EM-01-CCDC	1
카메라 렌즈	ED-EM-01-CLA	1
LED 조명 장치	ED-EM-01-LIU	1
아토마이저	ED-EM-01-AM	1

♣ 관련제품

· 밀리컨 유적 실험(K6555)





전자 회절

Electron Diffraction / GODE K6640



- 결정을 전자에 쏘아 전자의 회절 현상을 확인하고 원리를 이해
- 가속 전압에 따른 전자의 파장 측정





PRODUC

QUOTATIO

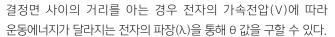
🌣 실험 이론

전자 회절 (Electron Diffraction)

전자 빔을 흑연분말로 이루어진 두께가 얇은 다결정층을 통과시켜 형광막에 도달하도록 하면 일부 전자들은 결정을 통과하는 과정에서 회절을 일으킨다. 이때 회절된 전자들은 회절되지 않고 형광막에 도달한 전자 빔의 주위에 동심원 모양의 밝은 회절무늬를 만든다. 이러한 회절 현상은 브래그의 조건과 드 브로이의 물질파로 설명할 수 있다.

> 2d·sinθ = nλ *λ : 파동의 파장 *n : 정수

*d: 결정면 사이의 거리



$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

$$eV = \frac{1}{2}mv^{2}$$

$$\therefore \lambda = \frac{h}{\sqrt{2emV}}$$

전자 회절 실험을 통해 전자의 회절 현상과 전자의 파동성을 확인하고 가속전압에 따른 전자 파동을 측정할 수 있다.



🌣 구성품

상품명	코드	수량
전자 회절 튜브 S	1000623	1
튜브 홀더 S	1014525	1
6000 V DC 고전압 전원 공급장치	366050	1
연결선 - 빨강, 1000mm	PH1055-RED	1
연결선 - 파랑, 1000mm	PH1055-BLUE	3
연결선 - 노랑, 1000mm	PH1055-YELW	1



이온화 에너지

Critical Potentials / CODE K6660



- 이온화 에너지에 대한 이해 및 학습
- 헬륨의 이온화 에너지 측정 및 확인
- 헬륨의 임계 전위 측정 및 비교





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

이온화 에너지

이온화 에너지란 원자나 분자에서 전자를 떼어내는데 사용되는 에너지를 말한다. 이온화에너지를 얻어 전자를 떼어내기 위해서는 임계전위 만큼의 전압을 사용하여 이온화 에너지만큼의 운동에너지를 갖고 있는 전자를 해당 원자 내의 전자와 비탄성충돌시키는 방법이 있다. 이 과정을 통해 원자 내의 전자는 이온화에너지를 얻어 이온화 현상이 나타난다.

E=e•V₄

본 실험에서는 이온화 에너지를 얻어 헬륨 원자 내에서 떼어진 자유전자는 전압(V_A)에 의해 가속되어 일정한 전압으로 공간을 통과하는 분산 빔을 형성한다. 전자에 의해 튜브 벽이 충전되는 것을 방지하기 위해 튜브의 내부에는 전도성 물질이 코팅되어 있다.

헬륨 원자의 외부로 떼어진 자유전자는 수집 링(R)에 의해 끌어당겨져 링에 수집 전류(I_R)를 발생시킨다. 가속 전압(V_A)에 따라 수집 전류(I_R)의 값이 변하게 된다.

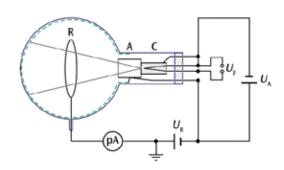


Fig1. 이온화에너지 실험장치 구조

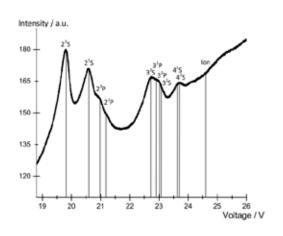


Fig2. 가속전압(V_A)에 따른 수집 전류(I_R)

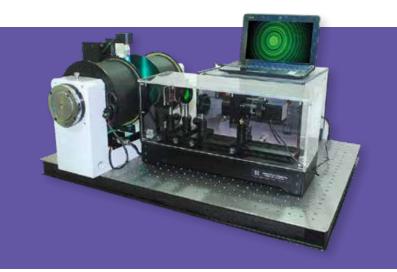
💠 구성품

상품명	코드	수량
이온화 에너지 튜브S, He	1022131	1
튜브 홀더 S	1014525	1
전원 공급 장치 (for Franck-Hertz Experiment)	1012819	1
디지털 오실로스코프, 2x30 MHz	1020910	1
고주파 연결선 (BNC/4 mm Plug)	1002748	2
고전압용 바나나 케이블 세트	1002843	1



제만 효과

Zeeman Effect / CODE K6650



- 원자 스펙트럼이 외부 자기장에 노출될 때 나타나는 스펙트럼 선의 분리를 확인하고 원리 이해





PRODUCT

QUOTATION

🌣 실험 이론

제만 효과(Zeeman Effect)

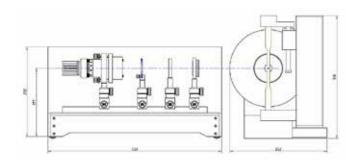
원자나 분자의 선 스펙트럼 중 일부가 외부 자기장에 의해 여러 개의 선으로 분리되는 현상을 제만 효과라고 한다. 대부분의 원자는 같은 에너지를 갖는 원자들도 서로 다른 원자 궤도를 가지고 있다. 따라서 에너지가 같기 때문에 다른 원자 궤도로의 전이가 일어나도 하나의

하지만 같은 에너지를 갖는 원자에 외부 자기장을 걸어주면 양자수에 따라 각각의 전자에 다른 영향을 받기 때문에 원자 궤도의 에너지에 차이가 나타난다. 즉, 같은 에너지를 갖고 있던 각각의 원자 궤도는 외부 자기장에 의해 서로 다른 에너지를 갖게 된다.

제만 효과는 전자의 스핀에 따라 정상 제만 효과(normal Zeeman effect)와 비정상 제만 효과(anomalous Zeeman effect)로 나누어진다.

스펙트럼 선만 나타나는 경우가 있다.

💠 장치 구조



- 정상 제만 효과 : 외부 자기장과 궤도 자기 운동량 사이의 상호작용에 의해 나타난다.
- 비정상 제만 효과 : 외부 자기장과 궤도 운동량, 자기 운동량(전자 스핀) 사이의 상호작용에 의해 나타난다.

🌣 실험 구성

[실험1] 횡단 제만 효과에 대한 삼중수소의 선 스펙트럼 관찰 [실험2] 에탈론 간격(t) 측정

[실험3] 자기 모멘트 상수 보어 마그네톤(나) 확인

[실험4] 제만 효과를 이용한 플랑크 상수(h) 및 광속(c) 분석

[실험5] 자기장 교정

🌣 구성품

상품명	코드	수량
제만 효과 실험	HO-ED-S-04A	1

Fluid Mechanics

유체역학

풍동 실험 Wind Tunnel Experiment / 필 K8110

- 공기의 흐름이 물체에 미치는 힘 및 현상 학습
- 분리형으로 설계되어 이동 및 분리, 보관이 용이하며 실험에 따른 모듈 교체 가능
- 3D 프린터로 원하는 형태의 날개 모형 제작 가능
- 데이터 분석 프로그램으로 정밀한 데이터 측정 및 분석 가능







OUTATION

💠 실험 설명

풍동 실험장치는 공기의 흐름이 발생할 때 물체에 미치는 힘이나 사물의 운동 등을 연구할 수 있는 실험장치이다.

본 실험 장치는 분리형으로 설계되어 이동 및 분리, 보관에 용이하기 때문에 실험실, 학교 및 연구실에서 사용하기 적합하다. 또한 실험에 따라 모듈을 교체할 수 있어 다양한 유체 역학 실험을 진행할 수 있다.

또한 에어 포일에 내장되어 있는 힘 센서를 사용하여 테스트 섹션 내의 물체가 받는 힘을 측정하고 데이터 프로그램을 통해 분석 가능하다.

🌣 실험 목록

실험 1. 유속에 따른 양력 측정

실험 2. 각도에 따른 양력 측정

실험 3. 면적에 따른 유체의 압력 측정

실험 4. 베르누이 실험

실험 5. 슐리렌 실험

💠 구성품

상품명	코드	수량
풍동 실험장치	K8110	SET
- 공기 주입부		1
- 정류기		1
- 테스트 섹션		1
– 모터 팬		1
- 에어 포일		1
- 풍속 전원 공급장치		1





🌣 기본 구성 및 사양



🌣 추가 액세서리



풍동 인터페이스

KSWT01

- · 에어 포일에 작용하는 힘 1채널 측정
- · 벤츄리 튜브, 피토 튜브의 압력 5채널 측정
- · USB로 컴퓨터 프로그램 전송
- 별도 기능 주문 제작 가능



피토 튜브

KSWT05

- 피토 관을 통한 유속 측정에 사용
- · 비행기의 속도 측정에 응용



벤츄리 튜브

KSWT03

· 압력 센서 5개를 연결하여 면적에 따른 압력차이 측정



에어포스 프로그램

KSWT02

- 랩뷰 기반 데이터 측정 프로그램
- ・ 엑셀 시트 데이터 추출



안개 유선 발생기

KSWT04

인체에 무해한 흰색 안개를 발생시켜 공기의 흐름 관찰



베르누이 실험

KSWT-BE

· 유체의 속력이 증가하면 압력이 낮아짐을 확인



슐리렌(Schlieren) 실험

KSWT-SC

- 슐리렌 장치로 유속을 시각적으로 확인
- · 공기의 밀도에 따라 달라지는 빛의 굴절률을 가시적으로 확인
- · 구성: 200mm 파라볼릭 거울, USB 3.0 카메라, 50mm 망원렌즈

Renewable Energy

신재생에너지

신새생 에너시 KII	15
전기 자동차 KIT	15
풍력 에너지	15
풍력 수소 발전	15
태양광 수소 발전	15
열 에너지	15
에탄올 연료 전지	15
소금물 연료 전지	15
연료전지 자동차	15
하이드로카	15
아이 에이치투고	15



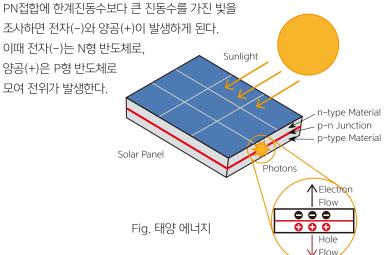




태양 에너지

태양열은 태양으로부터 방사되어 지구상에 도달하는 열을 이용한 에너지이다. 또한 태양은 온실 가스 배출이 없는 에너지원으로 다양한 적용이 가능하다.

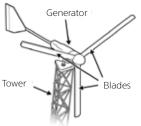
태양 전지(Solar Cell)란 태양 에너지를 전기 에너지로 변환할 수 있는 장치이다. P형 반도체와M형 반도체를 접합시킨 구조를 하고 있으며 두 반도체의 접합 경계부분을 PN접합이라고 한다.





풍력 에너지

풍력에너지 실험 장치의 회전 날개(Blade)는 바람의 운동에너지를 기계적 회전력으로 변환한다. 이때 변환된 에너지는 회전축에 의해 증속기 또는 발전기로 전달되어 기계적 회전력에서 전기에너지로 전환된다. 풍력에너지의 에너지 효율은 회전 날개의 각도, 개수에 따라 차이가 있다.



연료전지

연료전지(Fuel cell)는 화학 반응으로 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술이다. 연료 전지는 연료를 소모하여 전력을 생산한다.

고분자전해질 연료전지(PEMFC)는 다른 형태의 연료전지에 비하여 전류밀도가 큰 고출력 연료전지이다. 100℃ 미만의 비교적 저온에서 작동되고 구조가 간단한 장점을 가지고 있다.

기체 확산 재료(Gas Diffusion Layers)는 전극(Catalyst)에 수소와 공기(Fuel)를 공급한다. 이 과정에서 고분자 막(Membrane)을 통해 수소이온이 투과되며 화학 반응에 의해 전자가 생성된다.

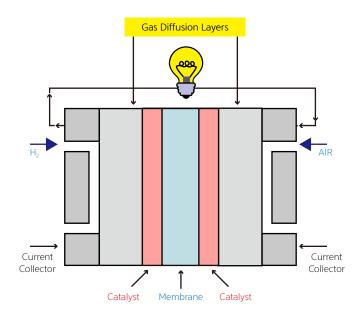


Fig. 고분자 전해질형 연료전지 (PENFC)





신재생 에너지 KIT

Renewable Energy Science Education Kit / CODE K7610



- 풍력, 태양열, 연료전지의 하이브리드 발전 실험 수행
- 다양한 에너지 전환 과정을 설계하고 직접 확인
- Vernier MBL을 사용하여 생성된 전압, 전류, 전력, 저항 등을 정밀하게 측정 가능







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

💠 구성품

- 기본 제공 구성품

상품명	수량
윈드피치 터빈 몸체	1
블레이드 로터헤드	1
블레이드	9
블레이드(Polypropylene)	3
터빈 지지대	1
터빈 알루미늄 로드	1
LED볼륨미터/뮤직메이커 모듈	1
일렉트롤라이저[PEM타입]	1
일렉트롤라이저 베이스	1
리버서블 연료전지[PEM타입]	1
리버서블 연료전지 지지대	1
수소탱크	1
산소탱크	1
내부가스 컨테이너용기	1
서킷보드 모듈베이스	1
저항 모듈(100 ohm)	1
솔라 패널(1 Watt)	1
물/기체 탱크 모듈	1
실리콘 튜브	1
플라스틱 플러그핀(일렉트롤라이저용)	1
배터리팩	1
시링 (Syringe)	1
모터 & 팬모듈	1
프로펠러 블레이드	1
소형 자동차 바퀴	1
아답터, 튜브클린처 및 퍼지밸브	1
플렉시블 2mm 바나나 컨넥팅선	1
메뉴얼	1

- 추천 구성품(미포함)

상품명	코드	수량
고 무선 기상관측 센서	GDX-WTHR	1
고 무선 조도색도 센서	GDX-LC	1
고 무선 에너지 센서	GDX-NRG	1
버니어 가변저항	VES-VL	1
	L	<u>.</u>

♣ 실험목록

- 태양열에 의한 수소전기분해
- 수소가스의 저장 및 생성, 이동
- 연료전지의 발전
- 풍력발전





전기 자동차 실험 KIT

Electric Mobility Experiment Set / GODE K7620



- 다양한 전기자동차 실험모드 학습
- 리버서블 FC와 핸드 크랭크 발전기, 소금물 연료전지 등 다양한 자동차 설계 가능
- 실내, 실외에서 컴퓨터 없이도 사용 가능





PRODUC

QUOTATION

💠 구성품

- 기본 제공 구성품

상품명 수량 리버서블 연료 전지 1 핸드 크랭크 발전기 1 소금물 연료 전지 1 미니 연료 전지 1 배터리 팩 1 태양열 패널 1 태양 전지 패널 지원 1 슈퍼 커패시터 1 HYDROSTIK PRO 압력 조절기 1 HYDROSTIK PRO 용 U 고정기 1 연료 용액 용기 1 물 및 수소 탱크 1 클램프 1 전선 1 주사기 1 실리콘 튜브 1 빨간색과 검정색 핀 1 퍼지 밸브 1		•
핸드 크랭크 발전기1소금물 연료 전지1미니 연료 전지1배터리 팩1태양열 패널1태양 전지 패널 지원1슈퍼 커패시터1HYDROSTIK PRO 압력 조절기1HYDROSTIK PRO 용 U 고정기1연료 용액 용기1물 및 수소 탱크1클램프1전선1주사기1실리콘 튜브1빨간색과 검정색 핀1	상품명	수량
소금물 연료 전지 1 미니 연료 전지 1 배터리 팩 1 태양열 패널 1 태양 전지 패널 지원 1 대양 전지 패널 지원 1 HYDROSTIK PRO 압력 조절기 1 HYDROSTIK PRO 1 HYDROSTIK PRO 8 U 고정기 1 연료 용액 용기 1 물및 수소 탱크 1 클램프 1 전선 1 주사기 1 실리콘 튜브 1	리버서블 연료 전지	1
미니 연료 전지 1 배터리 팩 1 태양열 패널 1 태양연 패널 1 태양 전지 패널 지원 1 슈퍼 커패시터 1 HYDROSTIK PRO 압력 조절기 1 HYDROSTIK PRO 1 HYDROSTIK PRO 9 U 고정기 1 연료 용액 용기 1 물 및 수소 탱크 1 클램프 1 전선 1 주사기 1 실리콘 튜브 1 빨간색과 검정색 핀 1	핸드 크랭크 발전기	1
배터리 팩 1 태양열 패널 1 태양 전지 패널 지원 1 대양 전지 패널 지원 1 HYDROSTIK PRO 압력 조절기 1 HYDROSTIK PRO 1 HYDROSTIK PRO 9 U 고정기 1 연료 용액 용기 1 물 및 수소 탱크 1 클램프 1 전선 1 주사기 1 실리콘 튜브 1 빨간색과 검정색 핀 1	소금물 연료 전지	1
태양열 패널 1 태양 전지 패널 지원 1 슈퍼 커패시터 1 HYDROSTIK PRO 압력 조절기 1 HYDROSTIK PRO 명 U 고정기 1 연료 용액 용기 1 물 및 수소 탱크 1 클램프 1 전선 1 주사기 1 실리콘 튜브 1 빨간색과 검정색 핀 1	미니 연료 전지	1
태양 전지 패널 지원1슈퍼 커패시터1HYDROSTIK PRO 압력 조절기1HYDROSTIK PRO1HYDROSTIK PRO 용 U 고정기1연료 용액 용기1물 및 수소 탱크1클램프1전선1주사기1실리콘 튜브1빨간색과 검정색 핀1	배터리 팩	1
규퍼 커패시터 1 HYDROSTIK PRO 압력 조절기 1 HYDROSTIK PRO 1 HYDROSTIK PRO 8 U 고정기 1 연료 용액 용기 1 물 및 수소 탱크 1 클램프 1 전선 1 주사기 1 실리콘 튜브 1 빨간색과 검정색 핀 1	태양열 패널	1
HYDROSTIK PRO 압력 조절기 1 HYDROSTIK PRO 1 HYDROSTIK PRO 8 U 고정기 1 연료 용액 용기 1 물 및 수소 탱크 1 클램프 1 전선 1 주사기 1 실리콘 튜브 1 빨간색과 검정색 핀 1	태양 전지 패널 지원	1
HYDROSTIK PRO 1 HYDROSTIK PRO 8 U 고정기 1 연료 용액 용기 1 물 및 수소 탱크 1 클램프 1 전선 1 주사기 1 실리콘 튜브 1 빨간색과 검정색 핀 1	슈퍼 커패시터	1
HYDROSTIK PRO 용 U 고정기 1 연료 용액 용기 1 물 및 수소 탱크 1 클램프 1 전선 1 주사기 1 실리콘 튜브 1 빨간색과 검정색 핀 1	HYDROSTIK PRO 압력 조절기	1
연료 용액 용기1물 및 수소 탱크1클램프1전선1주사기1실리콘 튜브1빨간색과 검정색 핀1	HYDROSTIK PRO	1
물 및 수소 탱크 1 클램프 1 전선 1 주사기 1 실리콘 튜브 1 빨간색과 검정색 핀 1	HYDROSTIK PRO 용 U 고정기	1
클램프1전선1주사기1실리콘 튜브1빨간색과 검정색 핀1	연료 용액 용기	1
전선 1 주사기 1 실리콘 튜브 1 빨간색과 검정색 핀 1	물 및 수소 탱크	1
주사기 1 실리콘 튜브 1 빨간색과 검정색 핀 1	클램프	1
실리콘 튜브 1 빨간색과 검정색 핀 1	전선	1
빨간색과 검정색 핀 1	주사기	1
	실리콘 튜브	1
퍼지 밸브 1	빨간색과 검정색 핀	1
i	퍼지 밸브	1

- 추천 구성품(미포함)

상품명	코드	수량
고 무선 에너지 센서	GDX-NRG	1
버니어 가변저항	VES-VL	1

🌣 실험목록

- 수소 연료 전지를 사용한 전원공급
- 소금물 연료 전지를 사용한 전원공급
- 태양 에너지를 사용한 전원공급
- 슈퍼 커패시터를 사용한 전원공급
- 다른 형태의 수소 (수소 가스 및 수소화 수소)를 사용한 전원공급





풍력 에너지

Wind Energy / GODE K7110

🌣 특징

- 풍력 에너지 발전 재현
- 여덟 개의 윈드 블레이드를 이용하여 개수, 각도(0-60도)에 따른 에너지 효율 확인
- Vermier MBL을 함께 사용하여 바람의 세기에 따른 전력 확인 가능

🌣 구성품

- 기본 제공 구성품

상품명	코드	수량
풍력에너지 교육 KIT	FCJJ-39	1

→ 윈드피치 터빈 몸체(1), 블레이드 로터헤드(1), 블레이드(8), 터빈 지지대(1), 터빈 알루미늄 로드(1), LED볼륨미터/뮤직메이커 모듈(1)

- 추천 구성품(미포함)

1 2 1 0 2 (1 2)		
상품명	코드	수량
고 무선 기상관측 센서	GDX-WTHR	1
고 무선 에너지 센서	GDX-NRG	1
버니어 가변저항	VES-VL	1





PRODUCT





풍력 수소 발전

Wind Energy for Hydrogen Production / GODE K7120

🌣 특징

- 풍력을 통해 수소 연료전지 얻을 수 있는 실험 세트
- 에너지 전환의 원리 학습
- 수소연료 전지를 작동시키는 최초 전력을 풍력에너지로 생산

🌣 구성품

- 기본 제공 구성품

상품명	코드	수량
풍력 수소 발전 교육	KIT FCJJ-56	1

→ 윈드피치 터빈 몸체(1), 블레이드 로터헤드(1), 블레이드(9), 블레이드(Polypropylene)(3), 터빈 지지대(1), 터빈 알루미늄 로드(1), LED볼륨미터/뮤직메이커 모듈(1), 리버서블 연료전지[PEM타입](1), 리버서블 연료전지 지지대(1)

- 추천 구성품(미포함)

1 2 1 0 0 1 1 1 0 1		
상품명	코드	수량
고 무선 기상관측 센서	GDX-WTHR	1
고 무선 에너지 센서	GDX-NRG	1
버니어 가변저항	VES-VL	1





PRODUCT



MANUAL



QUOTATION





태양광 수소 발전

Solar Energy for Hydrogen Production / CODE K7230

🌣 특징

- 태양광 전력을 사용하여 수소연료 전지를 작동할 수 있는 실험 세트
- 에너지 전환의 원리 학습
- Vernier MBL을 함께 사용하여 조도에 따른 전력 확인

🌣 구성품

- 기본 제공 구성품

상품명	코드	수량
태양열 수소 발전 교육 KIT	FCJJ-16	1

나 LED 전구, 전기모터(1), 솔라패널(0.75 Watt)(1), 리버서블 연료전지[PEM타입](1), 리버서블 연료전지 지지대(1), 배터리팩(1), 수소탱크(1), 산소탱크(1), 내부 가스컨테이너(1), 플라스틱 플러그핀(연료전지)(1), 실리콘 튜브(1), 2 x 2mm 연결잭(1), 메뉴얼(1)



PRODUCT MANUAL



VIDEO

QUOTATION

- 추천 구성품(미포함)

상품명	코드	수량
고 무선 에너지 센서	GDX-NRG	1
버니어 가변저항	VES-VL	1

열 에너지

Thermal Power / CODE K7410

🌣 특징

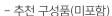
- 다른 탱크에 있는 물의 온도차를 이용하여 전기에너지 생산 가능
- 에너지 전환의 원리 학습
- Vernier MBL을 함께 사용하여 실시간 온도와 전력 확인

🌣 구성품

- 기본 제공 구성품

상품명	코드	수량
열에너지 교육 KIT	FCJJ-38	1

→ 플라스틱 컨테이너(에탄올)(1), 고무 튜브(1), 밸브(1), 전기 모터(1), 와이어 선 및 클립(1), 팬 및 블레이드(1), 에탄올 연료전지(1), 에탄올 믹스 컨테이너(1), pH 측정 종이(1), 실리콘 튜브(1), 에탄올 저장용 뚜껑(1), 메뉴얼(1)



상품명	코드	수량
고 무선 온도 센서	GDX-TMP	2
고 무선 에너지 센서	GDX-NRG	1
버니어 가변저항	VES-VL	1





PRODUCT MANUAL



QUOTATION



에탄올 연료 전지

Ethanol Fuel Cell / CODE K7510

🌣 특징

- 에탄올 연료 전지의 작동에 대한 이해
- pH 종이를 이용하여 소비된 에탄올 연료의 특성 변화 확인
- 에탄올 연료가 전기에너지로 변환되는 과정 확인

🗱 구성품

- 기본 제공 구성품

	상품명	코드	수량
ĺ	에탄올 연료전지 교육 KIT	FCJJ-42	1

└→ 에탄올 믹스 컨테이너(1), 에탄올 연료전지(1), 와이어 선 및 클립(1), 로드팬(1), 실리콘 튜브(1), 메뉴얼(1)

- 추천 구성품(미포함)

. = . 0 =		
상품명	코드	수량
고 무선 에너지 센서	GDX-NRG	1
버니어 가변저항	VES-VL	1









PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

소금물 연료 전지

Salt Water Fuel Cell / CODE K7520

🌣 특징

- 소금물로 작동하는 연료전지의 화학적 반응과 원리 학습
- 소금물의 농도에 따른 전압 및 전류 변동 실험 가능

🌣 구성품

- 기본 제공 구성품

상품명	코드	수량
소금물 연료전지 교육 KIT	FCJJ-34	1

└→ 소금물 연료 전지(1), 플라스틱 지지대(연료전지)(1), 고무 튜브(1), 밸브(1), 전지 모터 및 팬(1), 플러그 및 와이어 잭, 메뉴얼(1)

- 추천 구성품(미포함)

12 100(1-0/		
상품명	코드	수량
고 무선 에너지 센서	GDX-NRG	1
버니어 가변저항	VES-VL	1







PRODUCT

MANUAL

OUOTATION



연료전지 자동차

Fuel Cell Car / GODE K7001

🌣 특징

- · 태양 에너지로 물을 전기 분해하여 연료 전지 생성
- · 솔라에너지, 수소연료전지, 일렉트롤라이저, 베이직 전기의 원리 학습







PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

하이드로카

Hydrocar / CODE K7002

🌣 특징

- · 물의 전기분해 과정 상세히 관찰 가능
- · 솔라패널을 통한 물의 전기분해
- · 쉽게 조립하고 학습, 장애물을 만나면 자동 방향회전









PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

아이 에이치투고

iH2GO / CODE K7003

🌣 특징

- · 실제 작동하는 미니 연료 전지[PEM타입]를 통한 수소 충전
- · 태양열 발전을 통한 수소 생산 확인
- · 스마트 폰과 장치를 블루투스 연결하여 차량 제어 가능 (iOS 8.0, SAMSUNG Galaxy 3, S4, Note II 및 Note III 까지)









PRODUCT

MANUAL

QUOTATION

Demonstration

데모장비

역학(Mechanics)	15
파동(Wave Physics)	15
열역학(Thermosynamics)	16
광학(Optics)	16
전자기(Electricity)	16
현대무리(Modorn Physics)	16



PRODUCT







역학(Mechanics)



자이로스코프 바퀴

HD-D-002

· 각운동량 보존과 세차 운동의 원리 확인



탄성충돌구

PH0349ECB

- · 금속구를 통해 탄성 충돌 확인
- · 크기: 13.3x13.3x16.5cm



구심력 실험 장치

RTMIN

- · 용수철을 사용하여 구심력 확인
- · 30cm



자이로스코프

1003490

· 자이로스코프의 원리를 확인하는 데모용 실험장치

파동(Wave Physics)



도플러 효과

DEF2013

· 도플러 효과를 간단하게 실험할 수 있는 데모용 실험 장치



데모용 용수철(1.8 m)

PH0706A

- · 파동 운동 재현 가능
- · 길이 : 180cm



데모용 용수철

PH0708A

· 길이: 11cm(최대 300cm)



파동 실험장치

PH0712

· 횡파와 종파의 파동 운동 확인



데모용 소리 굽쇠(대형)

222010

- · Frequency: 5.4 Hz
- · Length: 78cm



크래퍼 보드

248200

- · 마이크로폰을 이용한 소리의 속도 측정에 사용되는 크래퍼 보드
- · 크기: 27 x 50 x 300mm
- · 무게 : 280g



열역학(Thermosynamics)



보일의 법칙 실험장치

180500

- · 일정한 온도에서 압력과 부피의 관계 학습
- · Manometer : Ø 100mm
- · 길이: 350mm



대류관

PH0408A

- · 액체 속 열의 대류 확인
- · 크기: 380X300mm



바이메탈 스트립

PH0384A

· 두 가지 종류의 금속으로 구성된 스트립으로 금속의 열팽창 원리 확인



열전도 막대

269200

- · 4가지 금속 시료로 구성된 열전도 실험 막대
- · 40℃ 에서 색이 변하는 필름이 장착되어 열 전도 확인 가능



열전도 실험장치

269010

- · 금속의 열전도성 확인
- · 네 가지 금속 로드(steel, brass, copper, aluminium) 장착
- · 크기: 2970 X 140mm



금속구 팽창 실험

266500

- · 금속구의 열팽창 확인
- · 금속구를 냉각, 가열한 후 금속링 통과 여부 확인

광학(Optics)



3색 LED 광원 세트

288740

- · 3가지 색상으로 구성된 LED 광원 세트
- · 크기: 120x35x20mm
- · 전원 공급: 2AA



광섬유 모델

142100

- · 광섬유의 원리 확인
- · 길이 : 500mm
- · 직경: 10mm



편광필터

PH0627A

- · 두 개의 편광판을 이용하여 편광의 원리 학습
- · 크기 : Ø13cm
- · 구성품 : 편광판(2), 나무 받침대, 스트레스 데모용 시료 4종

전자기(Electricity)



렌츠의 법칙

460220

- · 렌츠의 법칙 확인
- · 구성: U자형 관, 원형 자석(2), 원형 스테인리스(2)



자기력선 관찰 판

PH0802MF2

· 철심이 있는 플라스틱 판을 이용한 자기력선 관찰



자기장 관찰 실험 챔버

PH0805

- · 3차원 자기장 시각화
- · 크기: Ø58mmX92mm



정전고압 발생장치

PH0848C

· 플라스틱 디스크 두 개를 회전시켜 전극 사이에 고전압 스파크 확인



데모용 검전기

PH0917A

- · 정전기 실험에 사용
- · 직경 : Ø 150mm



스파크 유도 코일

PH1168H

- · 물리 실험 및 다양한 교육에 최적화
- · 6 V~12 V 입력 시 스파크를 발생 가능

현대물리(Modern Physics)



라디오미터

PH0418A

- · 초당 날개 회전 수로 방사선 강도 확인
- · 크기 : Ø 70mm x 177mm



고급 라디오미터

269500

- · 초당 날개 회전 수로 방사선 강도 확인
- · Ball: Ø 70mm
- · Base: ∅ 60mm
- · Height: 210mm



고급 라디오미터[더블형]

269510

- · 초당 날개 회전 수로 방사선 강도 확인
- · Ball: Ø 70mm
- · Base: ∅ 70mm
- · Height: 290mm



Storage with style

영국 그라트넬 사의 인기있는 실험실 가구로 날카로운 부분이 없이 안전 하게 사용할 수 있으며, 트레이의 색상과 크기가 다양하여 수납이 편리할 뿐만 아니라 실험실과 교실에 인테리어 효과까지 줄 수 있습니다.





품질보증



구입 후 별도의 설치 필요



트레이가 빠지지 않는 안전한 설계

수레 종류





수레에는 바퀴/고정 타입 모두 제공(교환 사용 가능)

Runners



6쌍 한세트

트레이 종류



(실험장 4칸 높이)



높이 : 75mm





트레이 리드



대형(F25) 높이: 225 mm (실험장 10칸 높이)



특대형(F3) 높이 : 300 mm (실험장 13칸 높이)

다 수레

수레와 실험장 트레이는 상호 호환이 가능합니다.

+ 2단 수레

· 크기: 1030(H) x 435(D) x 690mm(W)







종류	코드	건성
2단 수레[4호]	KS-CALSET13C-4	2단 수레 프레임 + 특대형 트레이 4개 + 트레이 고정용 러너 4쌍
2단 수레[8호]	KS-CALSET13C	2단 수레 프레임 + 중형 트레이 8개 + 트레이 고정용 러너 8쌍
2단 수레[16호]	KS-CALSET13C-16	2단 수레 프레임 + 소형 트레이 16개 + 트레이 고정용 러너 16쌍

+ 3단 수레

· 크기: 1030(H) x 435(D) x 1020mm(W)









	33(B) X 102011111(11)	
종류	코드	구성
3단 수레[6호]	KS-CALSET8C	3단 수레 프레임 + 특대형 트레이 6개 + 트레이 고정용 러너 6쌍
3단 수레[9호]	KS-CALSET19C	3단 수레 프레임 + 중형 트레이 3개 + 대형 트레이 6개 + 트레이 고정용 러너 9쌍
3단 수레[12호]	KS-CALSET7C	3단 수레 프레임 + 중형 트레이 12개 + 트레이 고정용 러너 12쌍
3단 수레[24호]	KS-CALSET3C	3단 수레 프레임 + 소형 트레이 24개 + 트레이 고정용 러너 24쌍

실험장

수레와 실험장 트레이는 상호 호환이 가능합니다.

+ 1단 선반 조합형 실험장

· 크기: 1780(H) x 435(D) x 1020(W)mm

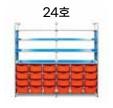


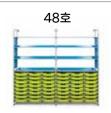


종류	코드	구성
1단 선반 조합형 실험장[12호]	KS-CALCOMBO12	실험장 프레임 + 중형 트레이 12개 + 트레이 고정용 러너 12쌍
1단 선반 조합형 실험장[24호]	KS-CALCOMBO11	실험장 프레임 + 소형 트레이 24개 + 트레이 고정용 러너 24쌍

+ 2단 선반 조합형 실험장

· 크기 : 1780(H) x 435(D) x 2020(W)mm





종류	코드	구성
2단 선반 조합형 실험장[24호]	KS-CALCOMBO2	실험장 프레임 + 중형 트레이 24개 + 트레이 고정용 러너 24쌍
2단 선반 조합형 실험장[48호]	KS-CALCOMBO1	실험장 프레임 + 소형 트레이 48개 + 트레이 고정용 러너 48쌍

+ 3단 철제 실험장

· 크기: 1850(H) x 420(D) x 1055(W)mm





51호

종류	코드	구성
3단 철제 실험장[36호]	KS-GTF-36	실험장 프레임 + 소형 트레이 27개 + 중형 트레이 3개 + 대형 트레이 3개 + 특대형 트레이 3개 + 트레이 고정용 러너 36쌍
3단 철제 실험장[51호]	KS-GTF1-51	실험장 프레임 + 소형 트레이 51개 + 트레이 고정용 러너 51쌍







⊙ 전 화 02-929-1110□ 팩 스 02-929-0966

② 홈페이지 www.koreasci.com③ 이 메 일 info@koreasci.com

「효과적인 실험을 위해 구성품의 디자인 또는 사양이 변경될 수 있습니다.」 「본 카탈로그의 저작권은 한국과학에 있습니다.」

