

PROTEUS

LABS



Latest Version 557

2026 년 8 월 29 일

LABS LIST



proteus-vr.com



Contents

소개.....	6
주요 링크.....	6
Corresponding International Baccalaureate Programme Topics.....	7
A. IB Middle Years Programme — Sciences (Years 1-5, ages 11-16).....	7
MYP Biology.....	7
MYP Chemistry.....	9
MYP Physics.....	11
B. IB Diploma Programme — Sciences (ages 16-18).....	13
IB DP Biology.....	13
IB DP Chemistry.....	13
IB DP Physics.....	17
IB Codes Legend.....	19
Next Generation Science Standards (NGSS) Disciplinary Core Ideas (DCI) Arrangements Mapping.....	20
A. NGSS Mapping (in order of Proteus Labs).....	20
Tutorials and Introductory Skills.....	20
Chemical and Physical Properties.....	20
Biology.....	22
Solutions.....	23
Acids and Bases.....	23
Gases.....	24
Kinetics and Thermodynamics.....	24
Chemical Equilibrium.....	25
Electrochemistry.....	25
Electricity.....	25
Physics (Mechanics).....	26
B. NGSS Mapping (in order of NGSS Performance Expectation).....	27
Middle School — Physical Sciences.....	27
Middle School — Life Sciences.....	28
Middle School — Earth and Space Sciences.....	29
High School — Physical Sciences.....	29
High School — Life Sciences.....	29



High School — Earth and Space / Engineering.....	30
NGSS Codes Legend.....	31
TUTORIALS	32
001 — 균형 튜토리얼.....	33
002 — 소개 튜토리얼.....	34
003 — 볼륨 튜토리얼.....	35
034 — 실험실 안전 소개.....	36
042 — 실험 기구 소개.....	37
004 — 삼투.....	38
005 — 밝은 화염을 통한 원소 식별.....	39
006 — 가스 식별.....	40
007 — 고체 및 액체 제품 분리.....	41
008 — 끓는점을 이용한 생성물 분리 1.....	42
009 — 끓는점을 이용한 생성물 분리 2.....	43
010 — 녹는점과 밀도.....	44
011 — 밀도.....	45
012 — 제품의 물리적 특성 및 식별.....	46
013 — 영양소.....	47
014 — 중금속 추출.....	48
015 — 금속의 성질.....	49
016 — 질량 보존의 법칙.....	50
021 — 원심분리.....	51
023 — 혈액과 혈액형.....	52
024 — 동물 세포 관찰.....	53
025 — 식물 세포 관찰.....	54
026 — 식물 DNA.....	55
027 — 발아.....	56
028 — 대변 분석.....	57
029 — 침 관찰.....	58
030 — 강물 화학.....	59



038 — 용해에 의한 용액 제조.....	60
039 — 고체의 용해도 변경.....	61
040 — 강수.....	62
041 — 용액 준비.....	63
043 — 희석.....	64
046 — pH.....	65
047 — 산-염기 적정 1.....	66
048 — 강산과 약산의 pH.....	67
049 — pH 지시약 사용.....	68
050 — 전도도 및 pH.....	69
051 — 화학량론.....	70
052 — 산-염기 적정 2.....	71
053 — 기체의 압력.....	72
054 — 기체의 부피와 압력의 관계 1.....	73
055 — 기체의 부피와 압력의 관계 2.....	74
056 — 기체의 온도와 부피의 관계.....	75
057 — 기체 용해도와 온도의 관계.....	76
059 — 반응 속도와 엔탈피.....	77
060 — 분자 간 반응 속도.....	78
061 — 반응 속도에 대한 접촉 표면의 영향 1.....	79
062 — 반응 속도에 미치는 표면 접촉의 영향 2.....	80
063 — 농도가 반응 속도에 미치는 영향 1.....	81
064 — 반응 속도에 대한 농도의 영향 2.....	82
065 — 헤스의 법칙.....	83
066 — 흡열 & 발열 반응.....	84
067 — 비열.....	85
070 — 화학 평형의 질적 측면.....	86
071 — 르 샤틀리에 원리.....	87
072 — 물 전기분해.....	88
073 — 전도도.....	89



074 — 저항기 읽기.....	90
075 — 전기 회로 조립.....	91
076 — 병렬 회로 조립.....	92
077 — 전압이 전구의 밝기에 미치는 영향.....	93
078 — 정전기.....	94
079 — 자기장.....	95
080 — 전자석.....	96
081 — 에너지 효율.....	97
110 — 키르히호프 법칙.....	98
082 — 효과적인 힘.....	99
083 — 움직이는 물체의 역학적 에너지.....	100
084 — 등가속도.....	101
085 — 용수철의 변형과 복원력의 관계.....	102
086 — 호이스트의 작동.....	103
087 — 연극 무대 디자인에서의 기계적 이점.....	104
088 — 알짜힘과 가속도의 관계.....	105
091 — 운동 에너지.....	106
106 — 경사면에서의 구름 운동.....	107



소개

주요 링크

- [Class VR 페이지](#)
- [Discord 채널](#)
- [Facebook](#)



Corresponding International Baccalaureate Programme Topics

A. IB Middle Years Programme — Sciences (Years 1-5, ages 11-16)

The MYP Sciences framework organizes content around four **Key Concepts** (Change, Relationships, Systems, Communities), six discipline-specific **Related Concepts**, and six **Global Contexts**. Each lab below is mapped to its primary Key Concept, the two most relevant Related Concepts, and the Global Context the lab speaks to most clearly. Approximate MYP year is provided as a curriculum-planning hint.

MYP Biology

Lab No	Lab Name	MYP Year	Key Concept	Related Concepts	Global Context
4	Osmosis	3-5	Systems	Balance, Function	Scientific & technical innovation
21	Centrifugation	4-5	Change	Form, Function	Scientific & technical innovation
23	Blood and blood groups	4-5	Systems	Function, Form	Identities and relationships
24	Observation of animal cells	1-3	Systems	Form, Function	Scientific & technical innovation
25	Observation of plant cells	1-3	Systems	Form, Function	Scientific & technical innovation
26	Vegetal DNA	4-5	Relationships	Form, Function	Scientific & technical innovation
27	Germination	1-3	Change	Environment, Balance	Orientation in space and time
28	Analysis of stools	4-5	Systems	Function, Balance	Identities and relationships
29	Observation of saliva	3-5	Systems	Function, Energy	Identities and relationships
30	Chemistry of river water	3-5	Systems	Environment, Balance	Globalization and sustainability
31	Köhler illumination (TBD 2026)	3-5	Relationships	Form, Function	Scientific & technical innovation
32	Focusing microscope (TBD 2026)	3-5	Relationships	Form, Function	Scientific & technical innovation
33	Observation of river	3-5	Systems	Environment,	Globalization and



water (*TBD 2026*)

Balance

sustainability



MYP Chemistry

Lab No	Lab Name	MYP Year	Key Concept	Related Concepts	Global Context
5	Identification of elements through bright flames	3-5	Change	Patterns, Models	Scientific & technical innovation
6	Gas identification	3-5	Change	Patterns, Transformation	Scientific & technical innovation
7	Separation of solid and liquid products	1-3	Change	Transformation, Function	Scientific & technical innovation
8	Separation of products by boiling point 1	3-4	Change	Transformation, Energy	Scientific & technical innovation
9	Separation of products by boiling point 2	4-5	Change	Transformation, Energy	Scientific & technical innovation
10	Melting point and density	1-3	Relationships	Patterns, Models	Scientific & technical innovation
11	Density	1-3	Relationships	Patterns, Movement	Scientific & technical innovation
12	Physical properties and identification of products	1-3	Change	Patterns, Function	Scientific & technical innovation
13	Nutrients	3-4	Systems	Function, Patterns	Identities and relationships
14	Heavy metal extraction	4-5	Change	Transformation, Function	Globalization and sustainability
15	Metal properties	1-3	Relationships	Patterns, Function	Scientific & technical innovation
16	The law of conservation of mass	1-3	Change	Models, Patterns	Scientific & technical innovation
38	Preparation of solution by dissolution	1-3	Change	Transformation, Models	Scientific & technical innovation
39	Changing the solubility of a solid	3-4	Change	Transformation, Energy	Scientific & technical innovation
40	Precipitation	3-4	Change	Transformation,	Scientific &



				Patterns	technical innovation
41	Preparation of a solution	1-3	Change	Models, Function	Scientific & technical innovation
43	Dilutions	1-3	Relationships	Models, Patterns	Scientific & technical innovation
46	pH	1-3	Change	Patterns, Models	Scientific & technical innovation
47	Acid-base titration 1	3-5	Change	Transformation, Models	Scientific & technical innovation
48	pH of strong and weak acids	3-5	Change	Patterns, Models	Scientific & technical innovation
49	Using pH indicators	1-3	Change	Patterns, Models	Scientific & technical innovation
50	Conductivity and pH	3-5	Relationships	Patterns, Function	Scientific & technical innovation
51	Stoichiometry	3-5	Change	Models, Transformation	Scientific & technical innovation
52	Acid-base titration 2	4-5	Change	Transformation, Models	Scientific & technical innovation
53	The pressure of gases	3-4	Relationships	Patterns, Energy	Scientific & technical innovation
54	The relationship between volume and pressure of a gas 1	3-4	Relationships	Patterns, Models	Scientific & technical innovation
55	The relationship between volume and pressure of a gas 2	3-4	Relationships	Patterns, Models	Scientific & technical innovation
56	The relationship between a gas' temperature and its volume	3-4	Relationships	Patterns, Energy	Scientific & technical innovation
57	The relationship between gas solubility and temperature	3-5	Relationships	Patterns, Energy	Scientific & technical innovation
59	Reaction speed and	4-5	Change	Transformation,	Scientific &



	enthalpy			Energy	technical innovation
60	Reaction rate between molecules	3-5	Change	Models, Movement	Scientific & technical innovation
61	The influence of contact surface on reaction rate 1	3-4	Change	Patterns, Movement	Scientific & technical innovation
62	The influence of contact surface on reaction rate 2	3-4	Change	Patterns, Movement	Scientific & technical innovation
63	The influence of concentration on reaction rate 1	3-4	Change	Patterns, Movement	Scientific & technical innovation
64	The influence of concentration on reaction rate 2	3-4	Change	Patterns, Movement	Scientific & technical innovation
65	Hess's Law	4-5	Change	Energy, Models	Scientific & technical innovation
66	Endothermic & exothermic reactions	3-5	Change	Energy, Transformation	Scientific & technical innovation
67	Specific heat capacity	3-5	Relationships	Energy, Patterns	Scientific & technical innovation
70	The qualitative aspect of chemical equilibrium	4-5	Systems	Patterns, Balance	Scientific & technical innovation
71	Le Chatelier's principle	4-5	Systems	Patterns, Balance	Scientific & technical innovation
72	Water electrolysis	4-5	Change	Transformation, Energy	Scientific & technical innovation
73	Conductivity	3-5	Relationships	Patterns, Function	Scientific & technical innovation

MYP Physics

Lab No	Lab Name	MYP Year	Key Concept	Related Concepts	Global Context
74	Reading a resistor	3-4	Systems	Models, Function	Scientific & technical innovation



75	Electrical circuit assembly	3-4	Systems	Models, Function	Scientific & technical innovation
76	Assembling an electrical circuit in parallel	3-4	Systems	Models, Function	Scientific & technical innovation
77	Impact of current on the brightness of a lamp	3-4	Relationships	Energy, Function	Scientific & technical innovation
78	Static electricity	3-4	Change	Force, Models	Scientific & technical innovation
79	Magnetic fields	3-5	Relationships	Force, Models	Scientific & technical innovation
80	Solenoids	4-5	Relationships	Force, Function	Scientific & technical innovation
81	Energy efficiency	3-5	Systems	Energy, Consequences	Globalization and sustainability
110	Kirchhoff law	4-5	Systems	Models, Patterns	Scientific & technical innovation
82	Effective force	3-5	Relationships	Force, Movement	Scientific & technical innovation
83	The mechanical energy of a moving object	3-5	Change	Energy, Movement	Scientific & technical innovation
84	Constant acceleration	3-5	Change	Movement, Patterns	Scientific & technical innovation
85	The relationship between the deformation of a spring and the restoring force	3-5	Relationships	Force, Patterns	Scientific & technical innovation
86	The operation of a hoist	3-5	Systems	Force, Movement	Scientific & technical innovation
87	Mechanical advantage in theater stage design	3-5	Systems	Force, Function	Personal & cultural expression
88	The relationship between the resultant force and acceleration	3-5	Relationships	Force, Movement	Scientific & technical innovation



91	Kinetic energy	3–5	Change	Energy, Movement	Scientific & technical innovation
92	Reverse bungee (<i>TBD 2026</i>)	3–5	Change	Energy, Force	Scientific & technical innovation
106	Rolling motion on inclined ramps	3–5	Change	Movement, Energy	Scientific & technical innovation

B. IB Diploma Programme — Sciences (ages 16–18)

IB DP Biology

Topic	Programme	Syllabus Reference	Lab No	Lab Name
Cells	DP Biology	Cell structure	24	Observation of animal cells
Cells	DP Biology	Cell structure	25	Observation of plant cells
Cells and diffusion	DP Biology	Membrane transport, cell structure	4	Osmosis
Cycles and reproduction	DP Biology	Reproduction, adaptation	27	Germination
Cycles, Ecosystems	DP Biology	Transfer of energy and matter	33	Observation of river water
Enzymes	DP Biology	Enzyme activity	29	Observation of saliva
Genetics	DP Biology	DNA replication, inheritance	26	Vegetal DNA
Human systems	DP Biology	Integration of body systems	23	Blood and blood groups
Human systems	DP Biology	Integration of body systems	21	Centrifugation
Organisms	DP Biology	Metabolism and digestion	28	Analysis of stools
Organisms, metabolism	DP Biology	Macronutrients, enzymes	13	Nutrients
Sustainability	DP Biology	Ecosystems, sustainability	30	Chemistry of river water

IB DP Chemistry

Topic	Programme	Syllabus Reference	Lab No	Lab Name
-------	-----------	--------------------	--------	----------



Mixtures and separation	DP Chemistry	Structure 1.1 — Elements, compounds and mixtures; separation techniques	7	Separation of solid and liquid products
Distillation	DP Chemistry	Structure 1.1 — Separation techniques; Structure 2.2 — Intermolecular forces and boiling point	8	Separation of products by boiling point 1
Fractional distillation	DP Chemistry	Structure 1.1 — Separation techniques; Structure 2.2 — Intermolecular forces and boiling point	9	Separation of products by boiling point 2
Physical constants	DP Chemistry	Structure 1.1 — Pure substances; Structure 2.2 — Intermolecular forces, melting point and density	10	Melting point and density
Identification by physical properties	DP Chemistry	Structure 1.1 — Pure substances and mixtures; Structure 2.2 — Physical properties and bonding	12	Physical properties and identification of products
Emission spectra	DP Chemistry	Structure 1.3 — Electron configurations; line emission spectra of the elements	5	Identification of elements through bright flames
The mole and concentration	DP Chemistry	Structure 1.4 — Counting particles by mass: the mole; molar concentration	38	Preparation of solution by dissolution
The mole and concentration	DP Chemistry	Structure 1.4 — Counting particles by mass: the mole; dissolution and dilution	41	Preparation of a solution
Dilution	DP Chemistry	Structure 1.4 — Counting particles by mass: the mole; dilution calculations	43	Dilutions
Gas density	DP Chemistry	Structure 1.5 — Ideal gases; molar volume and density of a gas	11	Density
Gas pressure	DP Chemistry	Structure 1.5 — Ideal gases; pressure and the kinetic model	53	The pressure of gases



Boyle's law	DP Chemistry	Structure 1.5 — Ideal gases; pressure–volume relationship	54	The relationship between volume and pressure of a gas 1
Boyle's law	DP Chemistry	Structure 1.5 — Ideal gases; pressure–volume relationship	55	The relationship between volume and pressure of a gas 2
Charles's law	DP Chemistry	Structure 1.5 — Ideal gases; temperature–volume relationship	56	The relationship between a gas' temperature and its volume
Gas solubility	DP Chemistry	Structure 1.5 — Ideal gases; Structure 2.2 — Intermolecular forces and solubility	57	The relationship between gas solubility and temperature
Selective precipitation	DP Chemistry	Structure 2.1 — The ionic model; Reactivity 2.1 — gravimetric determination	14	Heavy metal extraction
Precipitation	DP Chemistry	Structure 2.1 — The ionic model; solubility of ionic compounds	40	Precipitation
Electrolytes	DP Chemistry	Structure 2.1 — The ionic model; Structure 2.2 — The covalent model; electrical conductivity	73	Conductivity
Solubility	DP Chemistry	Structure 2.2 — Intermolecular forces; solubility and the effect of temperature	39	Changing the solubility of a solid
Metals and periodicity	DP Chemistry	Structure 2.3 — The metallic model; Structure 3.1 — Periodicity; Reactivity 3.2 — reactivity series	15	Metal properties
Organic compounds in food	DP Chemistry	Structure 3.2 — Functional groups: carbohydrates, lipids and proteins	13	Nutrients
Calorimetry	DP Chemistry	Reactivity 1.1 — Measuring enthalpy changes; Reactivity 2.2 — rate of reaction	59	Reaction speed and enthalpy
Calorimetry	DP Chemistry	Reactivity 1.1 — Measuring enthalpy	60	Reaction rate between molecules



		changes; enthalpy of reaction		
Endothermic and exothermic change	DP Chemistry	Reactivity 1.1 — Measuring enthalpy changes; sign of ΔH	66	Endothermic & exothermic reactions
Specific heat capacity	DP Chemistry	Reactivity 1.1 — Measuring enthalpy changes; specific heat capacity	67	Specific heat capacity
Energy cycles	DP Chemistry	Reactivity 1.2 — Energy cycles in reactions; Hess's law	65	Hess's Law
Conservation of mass	DP Chemistry	Reactivity 2.1 — How much? The amount of chemical change; conservation of mass	16	The law of conservation of mass
Stoichiometry	DP Chemistry	Reactivity 2.1 — How much? The amount of chemical change; limiting reactant	51	Stoichiometry
Surface area and rate	DP Chemistry	Reactivity 2.2 — How fast? The rate of chemical change; particle size	61	The influence of contact surface on reaction rate 1
Surface area and rate	DP Chemistry	Reactivity 2.2 — How fast? The rate of chemical change; particle size	62	The influence of contact surface on reaction rate 2
Concentration and rate	DP Chemistry	Reactivity 2.2 — How fast? The rate of chemical change; collision theory	63	The influence of concentration on reaction rate 1
Concentration and rate	DP Chemistry	Reactivity 2.2 — How fast? The rate of chemical change; Reactivity 1.1 — calorimetry	64	The influence of concentration on reaction rate 2
Solubility equilibrium	DP Chemistry	Reactivity 2.3 — How far? The extent of chemical change; dynamic equilibrium	70	The qualitative aspect of chemical equilibrium
Le Châtelier's principle	DP Chemistry	Reactivity 2.3 — How far? The extent of chemical change; Le Châtelier's principle	71	Le Chatelier's principle
pH	DP	Reactivity 3.1 —	46	pH



	Chemistry	Proton transfer reactions; the pH scale		
Acid-base titration	DP Chemistry	Reactivity 3.1 — Proton transfer reactions; colorimetric determination of pH	47	Acid-base titration 1
Strong and weak acids	DP Chemistry	Reactivity 3.1 — Proton transfer reactions; strength versus concentration	48	pH of strong and weak acids
Acid-base indicators	DP Chemistry	Reactivity 3.1 — Proton transfer reactions; indicators and colour change	49	Using pH indicators
Acids, bases and salts	DP Chemistry	Reactivity 3.1 — Proton transfer reactions; Structure 2.1 — ions in solution	50	Conductivity and pH
Acid-base titration	DP Chemistry	Reactivity 3.1 — Proton transfer reactions; Reactivity 2.1 — volumetric analysis	52	Acid-base titration 2
Qualitative gas tests	DP Chemistry	Reactivity 3.2 — Electron transfer reactions (combustion); Reactivity 3.1 — proton transfer (limewater)	6	Gas identification
Electrolysis	DP Chemistry	Reactivity 3.2 — Electron transfer reactions; electrolysis of water	72	Water electrolysis

IB DP Physics

Topic	Programme	Syllabus Reference	Lab No	Lab Name
Uniformly accelerated motion	DP Physics	A.1 — Kinematics; equations of uniformly accelerated motion	84	Constant acceleration
Projectile motion	DP Physics	A.1 — Kinematics; independence of horizontal and vertical motion	88	The relationship between the resultant force and acceleration
Projectile motion	DP Physics	A.1 — Kinematics;	91	Kinetic energy



		projectile motion and the effect of fluid resistance		
Resolving forces	DP Physics	A.2 — Forces and momentum; components of weight on an inclined plane	82	Effective force
Hooke's law	DP Physics	A.2 — Forces and momentum; elastic restoring force	85	The relationship between the deformation of a spring and the restoring force
Simple machines	DP Physics	A.2 — Forces and momentum; equilibrium; A.3 — work, energy and efficiency	86	The operation of a hoist
Mechanical advantage	DP Physics	A.2 — Forces and momentum; free-body diagrams; A.1 — kinematics	87	Mechanical advantage in theater stage design
Conservation of mechanical energy	DP Physics	A.3 — Work, energy and power; kinetic and gravitational potential energy	83	The mechanical energy of a moving object
Efficiency	DP Physics	A.3 — Work, energy and power; efficiency; B.5 — current and circuits	81	Energy efficiency
Elastic potential energy	DP Physics	A.3 — Work, energy and power; elastic potential energy	92	Reverse bungee (TBD 2026)
Rolling motion	DP Physics	A.4 — Rigid body mechanics (HL); rotational kinetic energy; A.3 — energy conservation	106	Rolling motion on inclined ramps
Resistance	DP Physics	B.5 — Current and circuits; resistance and resistors	74	Reading a resistor
Series circuits	DP Physics	B.5 — Current and circuits; Ohm's law and the loop rule	75	Electrical circuit assembly
Parallel circuits	DP Physics	B.5 — Current and circuits; current division in parallel branches	76	Assembling an electrical circuit in parallel



Electrical power	DP Physics	B.5 — Current and circuits; current, potential difference and power	77	Impact of current on the brightness of a lamp
Kirchhoff's laws	DP Physics	B.5 — Current and circuits; Kirchhoff's junction and loop rules	110	Kirchhoff law
Electrostatics	DP Physics	D.2 — Electric and magnetic fields; charge and Coulomb's law	78	Static electricity
Magnetic fields	DP Physics	D.2 — Electric and magnetic fields; field lines and field mapping	79	Magnetic fields
Electromagnets	DP Physics	D.2 — Electric and magnetic fields; magnetic effect of an electric current	80	Solenoids

IB Codes Legend

MYP Key Concepts organize content at the broadest level: Change, Relationships, Systems, Communities.

MYP Related Concepts (Sciences):

- Biology: Balance, Consequences, Energy, Environment, Evidence, Form, Function, Interaction, Models, Movement, Patterns, Transformation
- Chemistry: Balance, Conditions, Consequences, Energy, Evidence, Form, Function, Interaction, Models, Movement, Patterns, Transformation
- Physics: Consequences, Development, Energy, Environment, Evidence, Form, Function, Interaction, Models, Movement, Patterns, Transformation

MYP Global Contexts: Identities and relationships; Orientation in space and time; Personal and cultural expression; Scientific and technical innovation; Globalization and sustainability; Fairness and development.

DP codes map to the current (2023) IB curriculum themes: **Structure** (1.1–1.5, 2.1–2.4, 3.1–3.2) and **Reactivity** (1.1–1.4, 2.1–2.3, 3.1–3.4) for Chemistry; **A** (Forces, energy, momentum), **B** (Particulate matter), **C** (Wave behaviour), **D** (Fields), **E** (Nuclear and quantum) for Physics; the four major DP Biology themes (Unity and diversity, Form and function, Interaction and interdependence, Continuity and change) for Biology.



Next Generation Science Standards (NGSS)

Disciplinary Core Ideas (DCI) Arrangements Mapping

This section deepens the existing DCI-level mapping in three ways:

1. **Performance Expectations (PEs)** are named explicitly. PE codes follow the format *[HS|MS] - [subject] - [number]*, e.g., HS-PS1-2 means “High School Physical Science 1, Performance Expectation 2.”
2. **Science and Engineering Practices (SEPs)** are tagged per lab. NGSS defines 8 SEPs; the most directly engaged are listed.
3. **Crosscutting Concepts (CCCs)** are tagged per lab. NGSS defines 7 CCCs.

Where a lab is appropriate for both middle school and high school audiences, both MS- and HS- PEs are listed.

A. NGSS Mapping (in order of Proteus Labs)

Tutorials and Introductory Skills

Lab	Lab Name	Primary PE(s)	Secondary PE(s)	SEPs	CCCs
1	Balance Tutorial	HS-ETS1-1	MS-PS1-7	SEP 3 (Planning investigations); SEP 5 (Mathematics)	CCC 3 (Scale, proportion, quantity)
2	Introduction Tutorial	HS-ETS1-1; HS-PS1-3	MS-PS1-3	SEP 3 (Planning investigations)	CCC 1 (Patterns); CCC 6 (Structure and function)
3	Volume Tutorial	HS-PS1-3	MS-PS1-1	SEP 3 (Planning investigations); SEP 5 (Mathematics)	CCC 3 (Scale, proportion, quantity)
34	Introduction to laboratory safety	HS-ETS1-1	—	SEP 1 (Asking questions and defining problems); SEP 8 (Communicating information)	CCC 6 (Structure and function)
42	Introduction to laboratory instruments	HS-ETS1-1	—	SEP 3 (Planning investigations); SEP 8 (Communicating information)	CCC 6 (Structure and function)

Chemical and Physical Properties

Lab	Lab Name	Primary PE(s)	Secondary PE(s)	SEPs	CCCs
4	Osmosis	HS-LS1-2; HS-LS1-3	MS-LS1-3	SEP 2 (Developing models); SEP 4 (Analyzing data)	CCC 4 (Systems and system models); CCC 7 (Stability and



					change) CCC 1 (Patterns)
5	Identification of elements through bright flames	HS-PS1-1; HS-PS4-3	MS-PS1-1	SEP 4 (Analyzing data); SEP 8 (Communicating information)	
6	Gas identification	HS-PS1-3	MS-PS1-2	SEP 4 (Analyzing data); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 1 (Patterns); CCC 6 (Structure and function)
7	Separation of solid and liquid products	HS-PS1-3	MS-PS1-2	SEP 3 (Planning investigations)	CCC 6 (Structure and function)
8	Separation of products by boiling point 1	HS-PS1-3	MS-PS1-4	SEP 3 (Planning investigations); SEP 5 (Mathematics)	CCC 5 (Energy and matter); CCC 7 (Stability and change)
9	Separation of products by boiling point 2	HS-PS1-3	MS-PS1-4	SEP 3 (Planning investigations); SEP 5 (Mathematics)	CCC 5 (Energy and matter)
10	Melting point and density	HS-PS1-3	MS-PS1-1	SEP 4 (Analyzing data); SEP 5 (Mathematics)	CCC 1 (Patterns); CCC 6 (Structure and function)
11	Density	HS-PS1-3	MS-PS1-1	SEP 4 (Analyzing data); SEP 5 (Mathematics)	CCC 3 (Scale, proportion, quantity)
12	Physical properties and identification of products	HS-PS1-3	MS-PS1-1; MS-PS1-2	SEP 4 (Analyzing data); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 1 (Patterns); CCC 6 (Structure and function)
13	Nutrients	HS-LS1-6	MS-LS1-7	SEP 4 (Analyzing data); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 5 (Energy and matter); CCC 6 (Structure and function)
14	Heavy metal extraction	HS-PS1-2; HS-ESS3-4	MS-PS1-2	SEP 3 (Planning investigations); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 5 (Energy and matter)
15	Metal properties	HS-PS1-1; HS-PS1-2	MS-PS1-2	SEP 4 (Analyzing data); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 1 (Patterns); CCC 6 (Structure and function)
16	The law of conservation of mass	HS-PS1-7	MS-PS1-5	SEP 5 (Mathematics); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 5 (Energy and matter)



Biology

Lab	Lab Name	Primary PE(s)	Secondary PE(s)	SEPs	CCCs
21	Centrifugation	HS-LS1-2	MS-LS1-2	SEP 3 (Planning investigations)	CCC 6 (Structure and function)
23	Blood and blood groups	HS-LS1-2	MS-LS1-3	SEP 4 (Analyzing data); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 4 (Systems and system models); CCC 6 (Structure and function)
24	Observation of animal cells	HS-LS1-2	MS-LS1-1; MS-LS1-2	SEP 2 (Developing models); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 4 (Systems and system models); CCC 6 (Structure and function)
25	Observation of plant cells	HS-LS1-2	MS-LS1-1; MS-LS1-2	SEP 2 (Developing models); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 4 (Systems and system models); CCC 6 (Structure and function)
26	Vegetal DNA	HS-LS3-1	MS-LS3-1	SEP 1 (Asking questions); SEP 3 (Planning investigations)	CCC 6 (Structure and function)
27	Germination	HS-LS1-5	MS-LS1-5	SEP 3 (Planning investigations); SEP 4 (Analyzing data)	CCC 5 (Energy and matter); CCC 7 (Stability and change)
28	Analysis of stools	HS-LS1-7	MS-LS1-7	SEP 6 (Constructing explanations); SEP 8 (Communicating information)	CCC 5 (Energy and matter)
29	Observation of saliva	HS-LS1-6	MS-LS1-7	SEP 3 (Planning investigations); SEP 4 (Analyzing data)	CCC 5 (Energy and matter); CCC 6 (Structure and function)
30	Chemistry of river water	HS-LS2-7; HS-ESS3-3; HS-ESS3-4	MS-LS2-1; MS-ESS3-3	SEP 4 (Analyzing data); SEP 7 (Engaging in argument from evidence)	CCC 2 (Cause and effect); CCC 4 (Systems and system models)
31	Köhler illumination (TBD 2026)	MS-LS1-1	—	SEP 3 (Planning investigations)	CCC 6 (Structure and function)
32	Focusing microscope	MS-LS1-1	—	SEP 3 (Planning investigations)	CCC 6 (Structure and function)



(TBD 2026)

33	Observation of river water (TBD 2026)	HS-LS2-7	MS-LS2-1	SEP 4 (Analyzing data); SEP 7 (Engaging in argument from evidence)	CCC 4 (Systems and system models)
----	--	----------	----------	--	-----------------------------------

Solutions

Lab	Lab Name	Primary PE(s)	Secondary PE(s)	SEPs	CCCs
38	Preparation of solution by dissolution	HS-PS1-3	MS-PS1-4	SEP 3 (Planning investigations); SEP 5 (Mathematics)	CCC 5 (Energy and matter)
39	Changing the solubility of a solid	HS-PS1-5	MS-PS1-4	SEP 4 (Analyzing data)	CCC 2 (Cause and effect); CCC 5 (Energy and matter)
40	Precipitation	HS-PS1-2	MS-PS1-2	SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 5 (Energy and matter)
41	Preparation of a solution	HS-PS1-7	MS-PS1-1	SEP 5 (Mathematics)	CCC 3 (Scale, proportion, quantity)
43	Dilutions	HS-PS1-7	MS-PS1-1	SEP 5 (Mathematics)	CCC 3 (Scale, proportion, quantity)

Acids and Bases

Lab	Lab Name	Primary PE(s)	Secondary PE(s)	SEPs	CCCs
46	pH	HS-PS1-2	MS-PS1-2	SEP 3 (Planning investigations); SEP 4 (Analyzing data)	CCC 1 (Patterns)
47	Acid-base titration 1	HS-PS1-2; HS-PS1-7	MS-PS1-2	SEP 3 (Planning investigations); SEP 5 (Mathematics)	CCC 3 (Scale, proportion, quantity)
48	pH of strong and weak acids	HS-PS1-5	MS-PS1-2	SEP 4 (Analyzing data); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 1 (Patterns)
49	Using pH indicators	HS-PS1-2	MS-PS1-2	SEP 4 (Analyzing data)	CCC 1 (Patterns)
50	Conductivity and pH	HS-PS1-2	MS-PS1-2	SEP 4 (Analyzing data)	CCC 2 (Cause and effect)
51	Stoichiometry	HS-PS1-7	MS-PS1-5	SEP 5 (Mathematics); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 5 (Energy and matter)



52	Acid-base titration 2	HS-PS1-2; HS-PS1-7	MS-PS1-2	SEP 3 (Planning investigations); SEP 5 (Mathematics)	CCC 5 (Energy and matter)
----	-----------------------	--------------------	----------	--	---------------------------

Gases

Lab	Lab Name	Primary PE(s)	Secondary PE(s)	SEPs	CCCs
53	The pressure of gases	HS-PS1-3; HS-PS3-2	MS-PS1-4	SEP 4 (Analyzing data); SEP 5 (Mathematics)	CCC 5 (Energy and matter)
54	The relationship between volume and pressure of a gas 1	HS-PS3-2	MS-PS1-4	SEP 4 (Analyzing data); SEP 5 (Mathematics)	CCC 1 (Patterns); CCC 5 (Energy and matter)
55	The relationship between volume and pressure of a gas 2	HS-PS3-2	MS-PS1-4	SEP 4 (Analyzing data); SEP 5 (Mathematics)	CCC 1 (Patterns); CCC 5 (Energy and matter)
56	The relationship between a gas' temperature and its volume	HS-PS3-2	MS-PS1-4	SEP 4 (Analyzing data); SEP 5 (Mathematics)	CCC 1 (Patterns); CCC 5 (Energy and matter)
57	The relationship between gas solubility and temperature	HS-PS1-5; HS-PS3-2	MS-PS1-4	SEP 4 (Analyzing data)	CCC 1 (Patterns); CCC 5 (Energy and matter)

Kinetics and Thermodynamics

Lab	Lab Name	Primary PE(s)	Secondary PE(s)	SEPs	CCCs
59	Reaction rate and enthalpy	HS-PS1-4; HS-PS1-5	MS-PS1-6	SEP 3 (Planning investigations); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 5 (Energy and matter); CCC 7 (Stability and change)
60	Reaction rate between molecules	HS-PS1-5	MS-PS1-2	SEP 2 (Developing models); SEP 4 (Analyzing data)	CCC 2 (Cause and effect)
61	The influence of contact surface on reaction rate 1	HS-PS1-5	MS-PS1-2	SEP 3 (Planning investigations); SEP 4 (Analyzing data)	CCC 2 (Cause and effect)
62	The influence of contact surface on reaction rate 2	HS-PS1-5	MS-PS1-2	SEP 3 (Planning investigations); SEP 4 (Analyzing data)	CCC 2 (Cause and effect)
63	The influence of concentration on	HS-PS1-5	MS-PS1-2	SEP 3 (Planning investigations); SEP	CCC 2 (Cause and effect)



	reaction rate 1			4 (Analyzing data)	
64	The influence of concentration on reaction rate 2	HS-PS1-5	MS-PS1-2	SEP 3 (Planning investigations); SEP 4 (Analyzing data)	CCC 2 (Cause and effect)
65	Hess's Law	HS-PS1-4	MS-PS1-6	SEP 5 (Mathematics); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 5 (Energy and matter)
66	Endothermic & exothermic reactions	HS-PS1-4	MS-PS1-6	SEP 3 (Planning investigations); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 5 (Energy and matter)
67	Specific heat capacity	HS-PS3-4	MS-PS3-3; MS-PS3-4	SEP 5 (Mathematics)	CCC 5 (Energy and matter); CCC 7 (Stability and change)

Chemical Equilibrium

Lab	Lab Name	Primary PE(s)	Secondary PE(s)	SEPs	CCCs
70	The qualitative aspect of chemical equilibrium	HS-PS1-6	—	SEP 2 (Developing models); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 7 (Stability and change)
71	Le Chatelier's principle	HS-PS1-6	—	SEP 3 (Planning investigations); SEP 7 (Engaging in argument from evidence)	CCC 2 (Cause and effect); CCC 7 (Stability and change)

Electrochemistry

Lab	Lab Name	Primary PE(s)	Secondary PE(s)	SEPs	CCCs
72	Water electrolysis	HS-PS1-2; HS-PS3-1	MS-PS1-2	SEP 3 (Planning investigations); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 5 (Energy and matter)
73	Conductivity	HS-PS1-2; HS-PS3-3	MS-PS1-2	SEP 4 (Analyzing data)	CCC 2 (Cause and effect)

Electricity

Lab	Lab Name	Primary PE(s)	Secondary PE(s)	SEPs	CCCs
74	Reading a resistor	HS-PS3-3	MS-PS3-3	SEP 8 (Communicating information)	CCC 6 (Structure and function)



75	Electrical circuit assembly	HS-PS3-3	MS-PS3-3	SEP 2 (Developing models); SEP 3 (Planning investigations)	CCC 4 (Systems and system models)
76	Assembling an electrical circuit in parallel	HS-PS3-3	MS-PS3-3	SEP 2 (Developing models); SEP 3 (Planning investigations)	CCC 4 (Systems and system models)
77	Impact of current on the brightness of a lamp	HS-PS3-3	MS-PS3-3	SEP 4 (Analyzing data)	CCC 2 (Cause and effect); CCC 5 (Energy and matter)
78	Static electricity	HS-PS2-4	MS-PS2-3	SEP 2 (Developing models); SEP 3 (Planning investigations)	CCC 2 (Cause and effect)
79	Magnetic fields	HS-PS2-5	MS-PS2-3; MS-PS2-5	SEP 2 (Developing models); SEP 3 (Planning investigations)	CCC 2 (Cause and effect); CCC 6 (Structure and function)
80	Solenoids	HS-PS2-5; HS-PS3-5	MS-PS2-3	SEP 2 (Developing models); SEP 3 (Planning investigations)	CCC 4 (Systems and system models); CCC 6 (Structure and function)
81	Energy efficiency	HS-PS3-3	MS-PS3-3	SEP 4 (Analyzing data); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 5 (Energy and matter)
110	Kirchhoff law	HS-PS3-3	MS-PS3-3	SEP 5 (Mathematics); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 4 (Systems and system models); CCC 5 (Energy and matter)

Physics (Mechanics)

Lab	Lab Name	Primary PE(s)	Secondary PE(s)	SEPs	CCCs
82	Effective force	HS-PS2-1	MS-PS2-2	SEP 4 (Analyzing data); SEP 5 (Mathematics)	CCC 2 (Cause and effect)
83	The mechanical energy of a moving object	HS-PS3-1; HS-PS3-2	MS-PS3-1; MS-PS3-5	SEP 4 (Analyzing data); SEP 5 (Mathematics)	CCC 5 (Energy and matter)
84	Constant acceleration	HS-PS2-1	MS-PS2-2	SEP 4 (Analyzing data); SEP 5	CCC 1 (Patterns)



				(Mathematics)	
85	The relationship between the deformation of a spring and the restoring force	HS-PS2-1	MS-PS2-2	SEP 4 (Analyzing data); SEP 5 (Mathematics)	CCC 1 (Patterns); CCC 2 (Cause and effect)
86	The operation of a hoist	HS-PS3-3	MS-PS3-5	SEP 2 (Developing models); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 4 (Systems and system models); CCC 5 (Energy and matter)
87	Mechanical advantage in theater stage design	HS-PS3-3; HS-ETS1-2	MS-PS3-5	SEP 2 (Developing models); SEP 6 (Constructing explanations)	CCC 4 (Systems and system models); CCC 6 (Structure and function)
88	The relationship between the resultant force and acceleration	HS-PS2-1	MS-PS2-2	SEP 4 (Analyzing data); SEP 5 (Mathematics)	CCC 1 (Patterns); CCC 3 (Scale, proportion, quantity)
91	Kinetic energy	HS-PS2-1	MS-PS2-2	SEP 4 (Analyzing data); SEP 5 (Mathematics)	CCC 1 (Patterns); CCC 3 (Scale, proportion, quantity)
92	Reverse bungee (TBD 2026)	HS-PS2-1; HS-PS3-2	MS-PS3-5	SEP 2 (Developing models); SEP 4 (Analyzing data)	CCC 5 (Energy and matter)
106	Rolling motion on inclined ramps	HS-PS2-1; HS-PS3-2	MS-PS2-2	SEP 4 (Analyzing data); SEP 5 (Mathematics)	CCC 5 (Energy and matter)

B. NGSS Mapping (in order of NGSS Performance Expectation)

The same lab-to-PE links above, organized by PE code, give a teacher who's lesson-planning around a specific NGSS standard a one-stop list of relevant Proteus labs.

Middle School — Physical Sciences

PE Code	Performance Expectation (paraphrased)	Proteus Labs
MS-PS1-1	Develop models of atoms and molecules	3, 10, 11, 12, 41, 43
MS-PS1-2	Analyze and interpret data on chemical properties	6, 7, 12, 14, 15, 40, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 60-64, 72, 73



MS-PS1-3	Synthetic materials from natural resources	2
MS-PS1-4	Develop models predicting state changes	8, 9, 38, 39, 53, 54, 55, 56, 57
MS-PS1-5	Conservation of mass in reactions	16, 51
MS-PS1-6	Design devices using endo/exothermic reactions	59, 65, 66
MS-PS1-7	Engineering: measurement and tools	1
MS-PS2-2	Forces and motion	82, 84, 85, 88, 91, 106
MS-PS2-3	Electric and magnetic forces	78, 79, 80
MS-PS2-5	Fields between objects	79
MS-PS3-1	Kinetic energy and mass/speed	83
MS-PS3-3	Thermal energy transfer	67, 74, 75, 76, 77, 81, 110
MS-PS3-4	Plan investigations on temperature/mass changes	67
MS-PS3-5	Energy transfer in collisions	83, 86, 87, 92

Middle School — Life Sciences

PE Code	Performance Expectation (paraphrased)	Proteus Labs
MS-LS1-1	Cells as basic unit of life	24, 25, 31, 32
MS-LS1-2	Develop models of cell parts	21, 24, 25
MS-LS1-3	Organism body systems	4, 23
MS-LS1-5	Environmental and genetic factors on growth	27
MS-LS1-7	Food rearranged through chemical reactions	13, 28, 29
MS-LS2-1	Resource availability and organism populations	30, 33
MS-LS3-1	DNA as the source of genetic information	26



Middle School — Earth and Space Sciences

PE Code	Performance Expectation (paraphrased)	Proteus Labs
MS-ESS3-3	Method to monitor human impact on environment	30

High School — Physical Sciences

PE Code	Performance Expectation (paraphrased)	Proteus Labs
HS-PS1-1	Periodic table predicts properties	5, 15
HS-PS1-2	Outcomes of simple chemical reactions	14, 15, 40, 46, 47, 49, 50, 52, 72, 73
HS-PS1-3	Investigate substance properties	2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 38, 53
HS-PS1-4	Energy changes in chemical bonds	59, 65, 66
HS-PS1-5	Concentration and rate of reaction	39, 48, 57, 59, 60-64
HS-PS1-6	Equilibrium and Le Chatelier	70, 71
HS-PS1-7	Mass conservation in reactions	16, 41, 43, 47, 51, 52
HS-PS2-1	Newton's second law, $F=ma$	82, 84, 85, 88, 91, 92, 106
HS-PS2-4	Coulomb's law and charges	78
HS-PS2-5	Electric current produces magnetic field	79, 80
HS-PS3-1	Energy transfer model	72, 83
HS-PS3-2	Energy at macroscopic vs molecular scale	53, 54, 55, 56, 57, 83, 92, 106
HS-PS3-3	Energy conversion devices	73, 74, 75, 76, 77, 81, 86, 87, 110
HS-PS3-4	Calorimetry / thermal equilibrium	67
HS-PS3-5	Forces between objects at distance	80
HS-PS4-3	Wave / particle nature of EM radiation	5

High School — Life Sciences

PE Code	Performance Expectation (paraphrased)	Proteus Labs
HS-LS1-2	Hierarchical organization of body systems	4, 21, 23, 24, 25
HS-LS1-3	Feedback maintains homeostasis	4
HS-LS1-5	Photosynthesis	27
HS-LS1-6	Carbon-based molecules in living systems	13, 29
HS-LS1-7	Cellular respiration	28
HS-LS2-	Reduce impact of human activities on	30, 33



7	biodiversity	
HS-LS3-1	DNA and inheritance	26

High School — Earth and Space / Engineering

PE Code	Performance Expectation (paraphrased)	Proteus Labs
HS-ESS3-3	Sustainability and biodiversity	30
HS-ESS3-4	Reduce impact of human activities	14, 30
HS-ETS1-1	Engineering design — define problems	1, 2, 34, 42
HS-ETS1-2	Break problems into smaller solvable problems	87



NGSS Codes Legend

Performance Expectation (PE) format: *[HS|MS]-[discipline][topic]-[number]*

- HS = high school grades 9–12; MS = middle school grades 6–8
- Disciplines: **PS** = Physical Sciences; **LS** = Life Sciences; **ESS** = Earth and Space Sciences; **ETS** = Engineering, Technology, and Applications of Science
- Topic number identifies the DCI within that discipline (PS1 = Matter and Its Interactions; PS2 = Motion and Stability; PS3 = Energy; PS4 = Waves; LS1 = From Molecules to Organisms; LS2 = Ecosystems; LS3 = Heredity; LS4 = Biological Evolution; ESS1 = Earth’s Place in the Universe; ESS2 = Earth’s Systems; ESS3 = Earth and Human Activity; ETS1 = Engineering Design)
- The final number identifies the specific PE within the topic

Science and Engineering Practices (8 SEPs):

1. Asking questions (science) and defining problems (engineering)
2. Developing and using models
3. Planning and carrying out investigations
4. Analyzing and interpreting data
5. Using mathematics and computational thinking
6. Constructing explanations (science) and designing solutions (engineering)
7. Engaging in argument from evidence
8. Obtaining, evaluating, and communicating information

Crosscutting Concepts (7 CCCs):

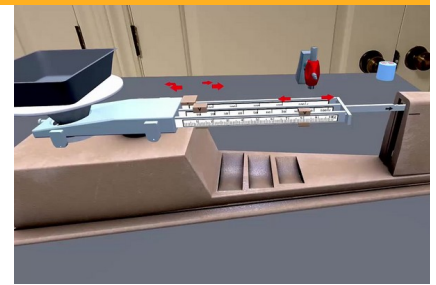
1. Patterns
2. Cause and effect: mechanism and explanation
3. Scale, proportion, and quantity
4. Systems and system models
5. Energy and matter: flows, cycles, and conservation
6. Structure and function
7. Stability and change



TUTORIALS

001 — 균형 튜토리얼

IB Programme	Chemistry — Measurement skills
Secondary Programme	DP Chemistry
NGSS (HS)	HS-ETS1-1 · SEP 3, SEP 5 · CCC 3
NGSS (MS)	MS-PS1-7
Summary	Mass measurement and precision



개요

삼중 빔 저울은 여전히 일상적인 실험실에서 사용되는 가장 오래된 기구 중 하나이자 가장 신뢰할 수 있는 기구 중 하나입니다. 지렛대의 원리만을 사용하여 접시 위의 미지 질량을 세 개의 눈금이 새겨진 빔 위의 이동 가능한 표준 질량과 비교합니다. 힘을 측정하는 것이 아니라 질량을 비교하기 때문에, 그 측정값은 중력의 세기에 의존하지 않으며 배터리나 보정 곡선도 필요하지 않습니다. 오직 깨끗한 접시와 올바르게 영점이 맞춰진 지시침만 있으면 됩니다. 무게 측정은 실험 과학에서 가장 흔한 단일 조작이며, 이 카탈로그의 거의 모든 정량 실험실은 무게 측정으로 시작합니다. 이 튜토리얼에서는 삼중 빔 저울을 이용한 완전한 무게 측정 절차, 즉 기구의 영점 조절 및 교정, 덩어리 형태의 고체(마그네슘 리본)와 가루 형태의 고체(산화마그네슘)의 무게 측정, 그리고 빈 보트의 무게를 먼저 측정하여 결과에서 용기의 질량을 상쇄하는 방식으로 뺄셈을 통해 각 물질의 질량을 구하는 방법을 배우게 됩니다.

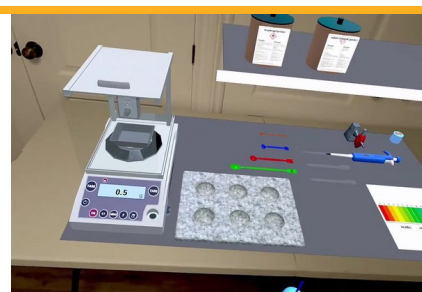
학습 목표

- 삼중 빔 저울의 작동법
- 칭량 기법
- 정밀도 이해하기
- 실험실 습관

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/균형-튜토리얼/

002 — 소개 튜토리얼

IB Programme	Chemistry — Foundational skills / Nature of Science
Secondary Programme	DP Chemistry
NGSS (HS)	HS-ETS1-1; HS-PS1-3 · SEP 3 · CCC 1, CCC 6
NGSS (MS)	MS-PS1-3
Summary	Virtual lab orientation and personal protective equipment



개요

이 카탈로그의 모든 실험실은 동일한 가상 환경 내에서 작동하며, 이 튜토리얼은 그 이용 습관을 배우는 곳입니다. 몰입형 시뮬레이션은 항공 분야에서 비행 시뮬레이터가 표준인 것과 같은 이유로 이제 과학교육의 표준 교육 도구가 되었습니다. 학생들은 실제 화학 물질의 위험이 전혀 없고 언제든지 다시 시작할 수 있는 자유 속에서 보호 장비 착용, 무게 측정, 부피 측정, pH 테스트 등 실제 절차를 연습합니다. 기술 자체는 실제와 같습니다. 사용 전에 전자저울의 영점을 맞추고, 메니스커스(수면)의 바닥에서 부피를 읽으며, 지시약의 색상을 차트와 비교하여 용액의 pH를 판단합니다. 이 튜토리얼에서는 핸드 트레이닝이나 컨트롤러를 사용하여 가상 실험실에서 이동하고 상호 작용하는 법을 배우고, 개인 보호 장비를 착용한 다음, 네 가지 짧은 도전 과제를 수행하게 됩니다. 전자저울로 분말 고체의 무게를 측정하고, 메스실린더로 액체의 부피를 측정하고, 고체 시료로 용액을 준비하고 지시약으로 pH를 확인한 후, 마지막으로 태블릿에서 결과를 검토하고 전송합니다.

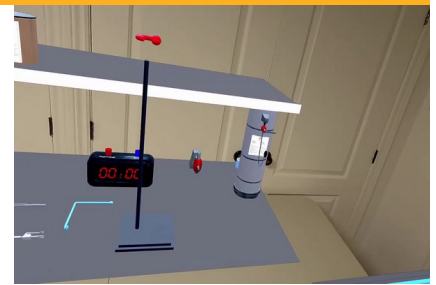
학습 목표

- 가상 환경에 익숙해지기
- 보호 장비 사용
- 물질 측정
- 기초 화학 실험
- 결과 분석 및 소통

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/소개-튜토리얼/

003 — 볼륨 튜토리얼

IB Programme	Chemistry — Measurement of matter
Secondary Programme	DP Chemistry / DP Physics
NGSS (HS)	HS-PS1-3 · SEP 3, SEP 5 · CCC 3
NGSS (MS)	MS-PS1-1
Summary	Volume measurement across states



개요

부피는 물질의 각 상태에 따라 다르게 측정되며, 이 튜토리얼에서는 세 가지 기법 모두를 한 세션에서 배웁니다. 액체는 눈금 실린더에 부어 직접 읽을 수 있습니다. 단, 눈금은 액체의 표면 장력이 유리 벽면에 대해 형성하는 곡선인 반달 (meniscus)의 바닥면에서 읽어야 합니다. 자로는 측정할 수 없는 불규칙한 고체와 같은 고체는 수중치환법으로 측정합니다. 즉, 물이 가득 찬 넘침 통에 담그면 정확히 자신의 부피만큼의 물을 밀어내며, 이 물을 실린더에 받아 측정합니다. 기체는 물이 채워진 거꾸로 된 뷰렛에서 물을 밀어내게 하여 측정합니다. 기체가 위로 솟아오르면 수위가 낮아지고, 눈금은 기체가 차지한 공간의 크기를 기록합니다. 이 튜토리얼에서는 눈금 실린더로 70 mL의 물을 측정하고, 넘침 통을 사용하여 다섯 개의 납 조각의 부피를 Determining 하며, 스톱워치와 태블릿의 '부피 대 시간' 그래프가 흐름을 기록하는 동안 뷰렛 안의 물 위에 기체를 포집하게 됩니다.

학습 목표

- 물질의 각 상태별 측정 기법
- 물리학 원리의 응용
- 기기 취급
- 읽고 기록하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/볼륨-튜토리얼/

034 — 실험실 안전 소개

IB Programme	Chemistry — Laboratory safety & ethics
Secondary Programme	DP Chemistry
NGSS (HS)	HS-ETS1-1 · SEP 1, SEP 8 · CCC 6
NGSS (MS)	—
Summary	Laboratory safety and risk awareness



개요

실험실 안전은 실험 작업을 완전히 가능하게 만드는 일련의 관행입니다. 연구, 산업 또는 교육용 실험실에서 모든 절차는 무엇이 잘못될 수 있는지에 대한 평가와, 예견 가능한 사고가 부상으로 이어지지 않도록 하는 장비 및 행동의 선택을 선행으로 합니다. 학교 실험실에는 인화성 불꽃, 뜨거운 표면, 주전원 구동 기기, 부식성 및 인화성 물질, 그리고 깨지기 쉬운 유리 기구가 포함되어 있으며, 이러한 각 위험 요소는 신체에 착용하는 보호 장비, 정해진 순서에 따라 따르는 절차, 그리고 필요하기 전에 위치를 알고 있는 비상 장치라는 세 가지 요소의 특정한 조합으로 관리됩니다.

그 위험 중 두 가지가 여기서 명시되며, 그것들은 매우 다르게 작용합니다. 분젠 버너 불꽃은 약 1500 °C 에 가까운 온도에서 탄화수소의 화학적 에너지를 방출하며 그 존재를 알립니다. 즉, 밝고, 소리가 나며, 명백합니다. 100 °C 의 핫플레이트는 화상을 입히기에 충분히 위험하지만 아무런 신호도 보내지 않습니다. 표면은 대략 500 °C 가 될 때까지 가시광선 영역에서 빛을 내기 시작하지 않기 때문입니다. 에너지는 여전히 상승하는 뜨거운 공기 기둥과 눈이 감지할 수 있는 범위를 훨씬 벗어난 파장 피크를 가진 적외선의 형태로 플레이트를 떠나므로, 위험은 눈으로 보는 것이 아니라 기기의 자체 디스플레이와 절차를 통해 유추해야 합니다. 표시가 없는 표면을 위험한 것으로 취급하는 법을 배우는 것은 이 활동에서 가장 전이성이 높은 단 하나의 습관입니다.

이번 실험에서 여러분은 작업에 적절한 보호구를 착용하고, 레이저 포인터를 사용하여 방 안의 비상 장비를 찾아 그 이름을 말한 후, 분젠 버너의 불꽃과 100 °C 로 가열되었다가 다시 꺼진 핫플레이트의 표면이라는 두 가지 열원을 차례대로 관찰하게 됩니다. 측정값은 수집되지 않으며 물질도 소모되지 않습니다. 이 실습의 결과물은 일련의 행동 양식, 어휘, 그리고 방에 대한 머릿속의 지도이며, 이후의 모든 실험은 학생들이 이미 이를 갖추고 있다고 전제합니다.

학습 목표

- 개인 보호구의 선택 및 사용
- 비상장비의 위치 및 목적
- 열원의 안전한 취급
- 시각적 신호를 주지 않는 위험 요인의 인식
- 실험실 수칙 및 개인 행동 지침
- 다른 실험실 환경으로 이동

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/034-실험실-안전/

042 — 실험 기구 소개

IB Programme	Chemistry — Experimental techniques
Secondary Programme	DP Chemistry
NGSS (HS)	HS-ETS1-1 · SEP 3, SEP 8 · CCC 6
NGSS (MS)	—
Summary	Identification and use of equipment



개요

모든 실험 결과는 도구의 선택에서 시작된다. 실험실 작업대에는 서로 호환되는 것처럼 보이지만 그렇지 않은 유리 기구들이 놓여 있다. 비커와 부피 플라스크는 둘 다 100 mL 를 담을 수 있지만, 하나는 편의를 위해 눈금이 새겨져 있는 반면 다른 하나는 0.1 mL 이내의 단일 부피로 교정되어 있다. 어느 것이 어느 것인지 알고 각각을 올바르게 다루는 것이 측정과 추측의 차이이다. 실제 실험실에서는 이것이 일상적인 작업과 깨진 뷰렛, 쏟아진 시약, 또는 화학적 화상 사이의 차이이기도 하며, 이것이 바로 전문적인 관행에서 어떤 절차보다도 장비에 대한 친숙함을 우선시하는 이유이다.

그 구분에 깔린 원리는 단순하고 양적입니다. 모든 기구에는 허용 오차가 있으며, 절차에 사용된 가장 정밀도가 낮은 기구의 허용 오차가 최종 결과의 정밀도를 결정합니다. 또한 기구들은 외형보다는 용도에 따라 자연스럽게 분류됩니다. 어떤 기구는 양을 측정하고, 어떤 기구는 액체를 담기만 하며, 어떤 기구는 액체를 옮기고, 어떤 기구는 다른 장비를 안정적으로 잡아주며, 또 어떤 기구는 물리적 성질을 전자적으로 감지합니다. 이름을 단순히 외우는 것보다 기능별로 익히는 것이 훨씬 유용한데, 주어진 실험에 어떤 기구가 필요한지를 결정하는 것은 바로 기능이기 때문입니다.

이 실험실에는 진행할 반응도, 수집할 데이터도 없습니다. 실험대를 체계적으로 돌며 세척병, 눈금 실린더, 비커, 삼각 플라스크, 부피 플라스크, 시험관, 스포이트, 주걱, 집게, 온도계, pH 미터, 유리 막대, 만능 클램프, 자, 각도기, 산 용기, 스톱워치, 피펫, 칭량 보트, 뷰렛, 깔때기를 순서대로 하나씩 집어 들고, 마지막으로 비커에 마그네틱 교반 자석을 넣고 열량계에 뚜껑을 덮는 것으로 작업을 마칩니다. 이번 실습의 목적은 장비의 인식과 올바른 취급법을 익히는 것이며, 이를 통해 앞으로 진행될 모든 실험이 장비 사용법보다는 과학 그 자체에 집중할 수 있도록 하는 것입니다.

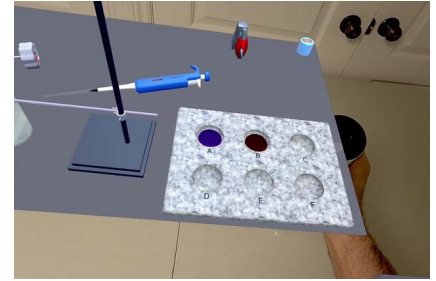
학습 목표

- 표준 벤치 재고 인식
- 기능에 따른 분류
- 정밀도와 공차 이해하기
- 취급 주의 및 정밀 장비의 올바른 처리
- 부식성 시약의 안전한 취급
- 작업 공간의 조직화

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/042-악기-소개/

004 — 삼투

IB Programme	Biology — Cells and diffusion
Secondary Programme	DP Biology
Syllabus Reference	Membrane transport, cell structure
NGSS (HS)	HS-LS1-2; HS-LS1-3 · SEP 2, SEP 4 · CCC 4, CCC 7
NGSS (MS)	MS-LS1-3
Summary	Diffusion and osmosis demonstration



개요

모든 살아있는 세포는 일부 물질은 통과시키고 다른 물질은 차단하는 막으로 둘러싸여 있습니다. 이러한 선택성 덕분에 세포는 물, 염류, 영양분을 주변 환경과 교환하면서도 단백질과 당분을 유지할 수 있습니다. 동일한 원리가 수처리 산업에서, 그리고 가장 친숙하게는 신장 투석에서 사용되며, 여기서는 기계가 기능을 상실한 신장을 대신하여 여과 기능을 수행합니다.

이러한 종류의 막은 다음과 같이 설명된다 선택적 투과성특정 크기의 구멍들이 뚫려 있어서, 용해된 물질이 통과할 수 있는지는 주로 그 분자들의 크기에 달려 있습니다. 작은 분자와 이온들은 쉽게 통과하여 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 골고루 퍼질 때까지 확산에 의해 퍼져나갑니다. 큰 분자들은 통과하기에는 너무 커서 그 자리에 머물게 됩니다. 물 자체는 양방향으로 자유롭게 통과하며, 농도가 더 높은 쪽을 향한 물의 순 이동을 적절히 삼투 현상이라고 부릅니다.

이 실험실에서는 매우 다른 분자 크기를 가진 세 가지 물질(전분, 염화나트륨, 포도당)의 혼합물로 투석 튜브를 채우고 증류수가 담긴 비커에 매달아 둘 것입니다. 시스템이 물질을 교환하도록 둔 후, 튜브 주변의 물과 튜브 내부의 내용물 모두에 대해 각각에 맞는 특정한 화학적 검정을 사용하여 세 가지 물질 모두를 검출하는 테스트를 수행할 것입니다. 어떤 물질이 튜브 외부로 나타나고 어떤 물질이 나타나지 않는지 비교함으로써, 기공을 직접 측정하지 않고도 막의 크기 한계를 알아낼 수 있을 것입니다.

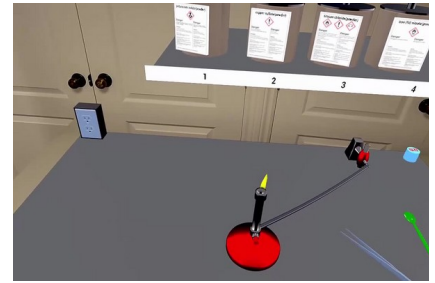
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 보호 장비 사용
- 투석막의 조립 및 취급
- 소량의 정밀 이송
- 세 가지 특정 화학 시험 수행
- 확산과 삼투의 구별
- 간접 측정치를 바탕으로 한 추론

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/삼투/

005 — 밝은 화염을 통한 원소 식별

IB Programme	Chemistry — Atomic structure
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	The nuclear atom, periodic table
NGSS (HS)	HS-PS1-1; HS-PS4-3 · SEP 4, SEP 8 · CCC 1
NGSS (MS)	MS-PS1-1
Summary	Flame tests and element identification



개요

모든 원소는 원자에 충분한 에너지가 주어지면 그 원소만의 고유한 파장대에서 빛을 방출합니다. 그 사실이 현대 과학의 놀라운 정도로 많은 부분을 뒷받침하고 있습니다. 그것은 지구를 떠나지 않고도 별의 구성 성분을 알아내는 방법이며, 지구에서 헬륨이 발견되기 수십 년 전에 태양의 스펙트럼에서 헬륨이 발견된 방식이고, 오늘날 식수와 산업 폐수의 금속 오염을 측정하는 방식이기도 합니다.

불꽃 반응은 이 원리의 가장 오래되고 가장 단순한 응용이다. 버너 불꽃 속에서 금속 염을 가열하면 금속의 최외각 전자에 에너지가 공급되어 더 높은 에너지 궤도로 올라간다. 들뜬 상태는 불안정하며, 수나노초 안에 전자가 다시 떨어지면서 에너지 차이를 단일 광자로 방출한다. 원자의 허용된 에너지 준위는 고정되어 있고 고유하므로, 광자의 에너지, 즉 빛의 색상은 그것을 만들어낸 원소의 고유한 특징이다.

이 실험실에서는 네 가지 미확인 물질을 차례로 가열하여 불꽃에 나타나는 색을 통해 각각을 식별하게 됩니다. 이 시험은 신속하고 장비가 거의 필요하지 않으며, 소수의 금속에 대해서는 완전히 결정적입니다. 또한 성공만큼이나 유익한 그 한계점도 알게 될 것입니다.

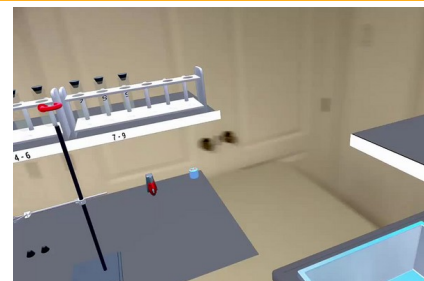
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 보호 장구 착용 및 화기 안전 취급
- 불꽃 반응의 올바른 수행
- 방출 색상을 증거로 해석하기
- 원자 구조와 색상의 연결
- 정성적 방법의 한계 인식

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/발광-불꽃을-이용한-원소-식별/

006 — 가스 식별

IB Programme	Chemistry — States of matter
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Ideal gases, gas laws
NGSS (HS)	HS-PS1-3 · SEP 4, SEP 6 · CCC 1, CCC 6
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Chemical reactions and gas recognition



개요

가스의 정체를 파악하는 것은 화학에서 가장 오래된 문제 중 하나이며, 여전히 현재 진행형인 문제입니다. 광산과 터널 작업자들은 들어가기 전에 공기를 검사하고, 양조업자와 와인 제조업자들은 발효 과정에서 발생하는 이산화탄소를 모니터링하며, 병원에서는 환자에게 도달하기 전에 모든 가스 배관의 내용을 확인합니다. 대부분의 가스는 색과 냄새가 없기 때문에 외관은 도움이 되지 않으며, 가스는 그 성질(행동)을 통해 확인되어야 합니다.

세 가지 고전적인 테스트를 함께 사용하면 가장 흔한 실험실 가스들을 구별할 수 있습니다. 타는 불티는 가스 자체가 가연성인지 조사합니다. 수소는 날카로운 팍 소리와 함께 점화되고, 이산화탄소는 불꽃을 끕니다. 불이 붙어 있는 불티는 가스가 공기보다 연소 과정을 더 잘 지원하는지 조사합니다. 오직 산소만이 꺼져가는 불씨를 다시 살려냅니다. 그리고 수산화칼슘의 포화 용액인 석회수는 불용성 탄산칼슘이 형성되면서 우유 빛깔로 변하여 이산화탄소를 구체적으로 감지합니다. 단일 테스트만으로는 결론을 내릴 수 없지만, 세 가지 결과 모두의 패턴은 각 가스마다 고유합니다.

이 실험실에서 여러분은 세 개의 마개가 달린 시험관에 각각 담겨 공급된 세 가지 미지의 기체에 세 가지 테스트를 모두 적용하고, 모든 실험의 결과를 기록하며, 종합된 증거로부터 각 기체의 정체를 추론할 것입니다.

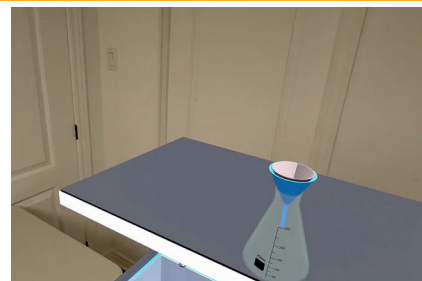
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 가스와 화기의 안전한 취급
- 세 가지 고전적 기체 시험의 올바른 수행
- 체계적 관찰과 연역
- 관찰 결과를 화학적 성질과 연결하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/가스-식별/

007 — 고체 및 액체 제품 분리

IB Programme	Chemistry — States & Properties of Matter
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Structure 1.1 – Particulate nature of matter
NGSS (HS)	HS-PS1-3 · SEP 3 · CCC 6
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Filtration and separation techniques



개요

고체와 액체를 분리하는 것은 응용화학 전반에서 가장 흔한 조작 중 하나입니다. 수처리장은 원수에서 침전물이 가라앉도록 한 후 남은 물을 여과하며, 광업에서는 귀금속을 회수하기 위해 엄청난 양의 액체를 따라내고(세사) 여과합니다. 그리고 제약 산업에서는 거의 모든 합성이 그것을 생성한 용액으로부터 깨끗하게 분리되어야 하는 침전물로 끝납니다. 이 작업을 위해 어디에서나 사용되는 두 가지 기법이 바로 이 실험실에서 다루는 경사 분리(따라내기)와 여과입니다.

둘 다 불균일 혼합물의 상(phase) 간의 물리적 차이를 이용하므로, 어느 것도 어떤 것의 화학적 정체성을 변화시키지 않는다. 경사분리법(데칸테이션)은 밀도를 이용한다. 액체보다 밀도가 더 큰 현탁된 고체는 중력에 의해 가라앉고, 바닥에 모이면 그 위의 액체인 상등액을 간단히 따라낼 수 있다. 여과법은 입자 크기를 이용한다. 액체 분자는 종이 필터의 미세한 구멍을 자유롭게 통과하는 반면, 그보다 훨씬 큰 고체 입자는 차단된다.

이 실험에서 여러분은 침전된 코발트(II) 수산화물과 물의 혼합물을 두 단계, 즉 먼저 가라앉은 혼합물을 따라내고(경사분리), 그 다음 남은 앙금을 여과하는 방식으로 분리하면서, 왜 두 가지 방법이 단독으로 사용되지 않고 순차적으로 사용되는지 직접 확인하게 될 것입니다.

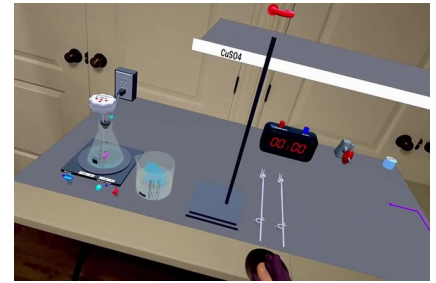
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 액체와 현탁액의 세심한 조작
- 이별의 어휘 구사력
- 각 기술의 이면에 있는 원리 이해하기
- 시퀀싱 분리 방법

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/고체와-액체-생성물의-분리/

008 — 끓는점을 이용한 생성물 분리 1

IB Programme	Chemistry — Change, Energy
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Structure 1.3-1.5 - Electron configurations, gases
NGSS (HS)	HS-PS1-3 · SEP 3, SEP 5 · CCC 5, CCC 7
NGSS (MS)	MS-PS1-4
Summary	Distillation and phase change observation



개요

증류는 화학계의 핵심적인 분리 기술입니다. 정유 공장에서는 원유를 연료로 나누기 위해 이를 거대 규모로 사용하고, 담수화 공장에서는 바닷물에서 담수를 얻기 위해 사용하며, 모든 전통의 증류주 제조업자들은 수 세기 동안 알코올을 농축하기 위해 이를 사용해 왔습니다. 액체 혼합물의 두 성분이 기화하는 성질에서 차이를 보이는 곳이라면 어디에서나, 증류는 그것들을 분리해낼 수 있습니다.

원리는 끓는점의 차이입니다. 비휘발성 고체의 용액을 가열하면 용매만 끓습니다. 그 분자들은 증기로 탈출하는 한편, 고유의 끓는점이 수백 도 더 높은 용해된 고체는 제자리에 남습니다. 이 증기를 빼내어 냉각시키면 다시 액체로 응축되며, 이때 플라스크에 남겨진 용질이 없는 상태가 됩니다. 가열은 액체에서 기체로의 상 변화를 유도하고, 냉각은 이를 되돌리며, 두 과정 모두 수행할 수 없는 용질은 용매로부터 분리됩니다.

이 실험에서 여러분은 황산구리 용액을 두 가지 구성 성분으로 분리하게 됩니다. 물은 끓여져서 얼음물 수조로 냉각된 시험관에서 응축되어 증류수로 회수되고, 황산구리는 고체 잔류물로 삼각 플라스크에 남게 됩니다. 여러분은 직접 전체 장비를 조립하고, 가열을 조절하며, 분리의 두 과정이 동시에 일어나는 것을 관찰하게 됩니다.

학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 증류 장치 조립
- 용액의 제어 가열
- 증류 용어 마스터리
- 분리 물리학 이해하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/끓는점을-이용한-물질-분리-1/

009 — 끓는점을 이용한 생성물 분리 2

IB Programme	Chemistry — Energy and Systems
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Structure 1.5 – Ideal gases
NGSS (HS)	HS-PS1-3 · SEP 3, SEP 5 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-4
Summary	Two-stage distillation of an ethanol solution



개요

혼합물의 두 성분이 모두 액체일 때, 분리는 물에서 고체를 건져내는 것보다 더 미묘한 문제가 되며 훨씬 더 중요한 문제가 된다. 석유화학 산업이 이에 기반해 돌아가고, 증류주 제조업자들은 수천 년 동안 이를 실천해 왔으며, 제약 및 향수 화학은 매일 그것에 의존하고 있다. 그 기법은 바로 증류이다. 이는 서로 다른 액체들이 서로 다른 온도에서 끓는다는 사실을 이용하는 것이다.

에탄올의 끓는점은 78.37°C 이고, 물은 100°C 이다. 둘의 혼합물을 가열하면 올라오는 증기는 원래의 액체보다 에탄올이 더 풍부해지는데, 이는 어떤 온도에서든 휘발성이 더 큰 성분이 액체에서 더 쉽게 빠져나오기 때문이다. 그 증기를 포집하여 응축하면 에탄올이 풍부한 유분을 얻게 되며, 계속 가열하여 에탄올이 대개 사라지고 나면 물이 차례대로 증류될 때까지 온도가 상승한다. 온도계는 이 전체 과정을 추적하는데, 온도 곡선의 정체기는 상변화를 나타내고 그 사이의 상승은 한 성분에서 다른 성분으로의 전환을 알린다.

이 실험에서는 25%(부피비)의 에탄올-물 용액(일반적인 구강청결제의 농도와 동일)을 2 단계 단순 증류법을 통해 분리하며, 85°C 에서 에탄올이 풍부한 제 1 분획을 하나의 시험관에, 105°C 에서 남은 물을 다른 시험관에 각각 수집합니다. 분별 증류탑이 없으면 첫 번째 분획은 순수한 에탄올이 아니라 에탄올이 농축된 상태이므로, 온도가 78°C 에서 일정하게 유지되지 않고 에탄올-물 혼합물의 온도 범위 전반에 걸쳐 상승한다는 점에 유의하십시오. 이는 온도 곡선에서 직접 관찰할 수 있는 한계입니다.

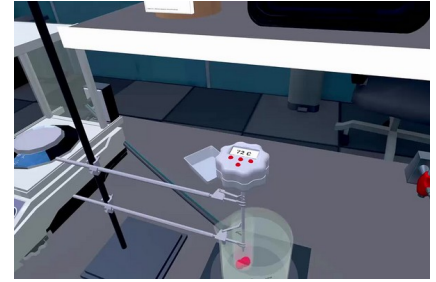
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 증류 장치의 조립 및 재구성
- 제어식 2 단 가열
- 온도-시간 곡선 읽기
- 변동성과 혼합물 이해하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/끓는점을-이용한-제품-분리-2/

010 — 녹는점과 밀도

IB Programme	Chemistry — States of Matter
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Structure 2.1–2.4 – Bonding and structure
NGSS (HS)	HS-PS1-3 · SEP 4, SEP 5 · CCC 1, CCC 6
NGSS (MS)	MS-PS1-1
Summary	Material identification using melting point and density



개요

둘 다 하얗고 냄새가 없는 고체일 때, 우리는 어떻게 두 물질을 구별할 수 있을까요? 겉모습이 아니라 측정을 통해서입니다. 모든 순수한 물질은 양에 의존하지 않는 일련의 물리적 성질, 즉 밀도, 녹는점, 끓는점을 가지고 있습니다. 이것들을 세기성질이라고 부르며, 지문처럼 작용합니다. 품질 관리 실험실에서는 이런 방식으로 원료를 검증하고, 법과학자들은 이런 방식으로 미지의 시료를 식별하며, 지질학자들은 이런 방식으로 광물을 분류합니다.

밀도는 시료의 질량을 부피로 나눈 비율, 즉 밀리리터당 얼마나 많은 물질이 채워져 있는지를 나타냅니다. 녹는점은 고체의 정돈된 구조가 액체로 무너지는 온도이며, 녹는 과정 동안 일정하게 유지됩니다. 유입되는 열은 온도를 높이는 데 사용되지 않고 구조를 깨는 데 소비되기 때문에, 녹고 있는 물질은 온도-시간 그래프에서 정체 구간을 나타냅니다.

이 실험실에서는 파라핀 왁스의 두 가지 성질을 모두 측정하게 됩니다. 먼저 시료의 무게를 재고 물 desplazamiento(치환)을 통해 부피를 측정하여 밀도를 구합니다. 그런 다음 물중탕에서 무게를 단 시료를 녹이며 태블릿의 그래프를 따라 온도를 주시하여 녹는점 정체 구간을 포착합니다. 이 두 가지 수치를 통해 해당 물질의 특성을 파악할 수 있습니다.

학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 전자저울의 올바른 사용법
- 불규칙한 고체의 부피 측정
- 밀도 결정
- 녹는점 측정
- 세기 성질 이해하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/녹는점과-밀도/

011 — 밀도

IB Programme	Chemistry — Measurement, Change
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Structure 1.1 – Matter properties
NGSS (HS)	HS-PS1-3 · SEP 4, SEP 5 · CCC 3
NGSS (MS)	MS-PS1-1
Summary	Determining the density of an unknown gas



개요

기체도 고체와 액체처럼 밀도를 가지고 있지만, 그 양이 너무 적어서 측정하는 데 독창성이 필요합니다. 그 해답은 생각보다 중요합니다. 탱크에서 새어 나오는 프로판은 공기보다 밀도가 높기 때문에 날아가지 않고 바닥에 보이지 않게 고이게 되며, 헬륨은 더 가리기 때문에 풍선을 띄웁니다. 또한 기체의 밀도는 주어진 온도와 압력에서 기체 분자의 질량에 의해 고정되므로, 기체의 정체를 파악하는 가장 빠른 단서가 되는 경우가 많습니다.

어려움은 실제적인 데에 있습니다. 일반적인 기체 100 mL의 무게는 0.2g으로, 그 자체만으로는 저 위에 올리기에는 너무나 적은 양입니다. 고전적인 해결책은 차이법을 이용하는 것입니다. 밀봉된 용기를 빈 상태로—진짜로 텅 빈, 즉 공기를 뺀 상태로—무게를 잰 다음, 기체로 채운 상태에서 다시 무게를 잰다. 그 차이가 기체만의 질량이며, 부피로 나누면 밀도가 됩니다. 두 번의 무게 측정 모두 주사기가 같은 설정으로 이루어지기 때문에, 장치에 대한 다른 모든 요인은 뺄셈 과정에서 상쇄됩니다.

이 실험실에서 여러분은 미지의 기체의 밀도를 측정하게 됩니다. 먼저 100 mL 진공 상태를 유지하는 주사기 장치를 저울에 달고, 기체 실린더에서 나온 기체 100 mL로 다시 채운 후 저울에 다시 겁니다. 0.18 g의 차이로부터 밀도를 계산하고, 그 밀도으로부터 추론하여 그 기체가 무엇인지 밝혀내게 됩니다.

학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 가스를 정량적으로 조작하기
- 정밀 칭량과 차감법
- 가스 밀도 계산 및 해석
- 밀도에서 정체성으로

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/밀도/

012 — 제품의 물리적 특성 및 식별

IB Programme	Chemistry — Properties of Matter
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Structure 2.4 – From models to materials
NGSS (HS)	HS-PS1-3 · SEP 4, SEP 6 · CCC 1, CCC 6
NGSS (MS)	MS-PS1-1; MS-PS1-2
Summary	Identifying unknowns from boiling point and density



개요

어떤 두 순물질도 동일한 물리적 성질 집합을 공유하지 않는다. 각각은 자신만의 끓는점과 밀도를 가지며, 이러한 상수는 화학자들이 매일 참고하는 문헌 표에 목록화되어 있다. 이것이 라벨이 없는 병이 결코 추측으로 확인되지 않는 이유이다: 잘 선택된 한두 가지 물리적 성질을 측정하고 그 결과를 알려진 값과 비교하는 것만으로도 대개 물질의 이름을 알아내기에 충분하다. 동일한 접근법이 품질 관리, 법과학 실험실, 그리고 제조된 화학물질의 순도를 확인하는 데 사용된다.

이 실험을 지탱하는 성질은 두 가지다. 끓는점은 액체의 증기압이 주위의 대기압과 같아지는 온도이며, 액체가 끓는 동안에는 공급된 열이 액체를 데우는 데 쓰이지 않고 상태 변화에 소비되기 때문에 온도가 더 이상 상승하지 않는다. 밀도는 질량을 부피로 나눈 비로, $\rho = m/V$ 이다. 밀도는 세기성질이어서 큰 조각과 작은 조각이 같은 값을 가지며, 불규칙한 고체의 경우 아르키메데스의 통찰로 귀속되는 물의 부피 변위를 통해 부피를 측정하는 것이 가장 쉽다.

이 실험실에서 여러분은 네 가지 미지의 물질을 확인하게 됩니다. 두 가지 미지의 액체는 105 °C 로 설정된 핫플레이트 위에서 가열되는 동안 온도계가 그 온도를 기록합니다. 각 액체가 도달하는 정체기는 그 액체의 끓는점이며, 그 이름은 그로부터 유추됩니다. 그런 다음 두 가지 미지의 고체는 전자저울에서 무게가 측정되고 물이 가득 찬 넘침 용기에 담그며, 밀려난 물은 눈금 실린더에 수집됩니다. 질량과 부피가 합쳐져 밀도를 제공하고, 밀도가 신원을 알려줍니다.

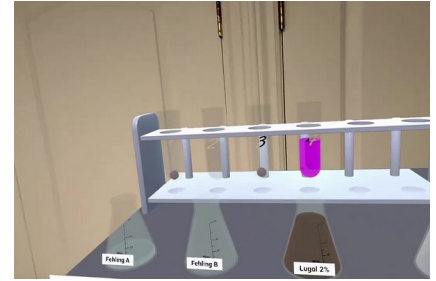
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 보호구 착용 및 안전한 실험실 행동 수칙
- 부피와 질량의 측정
- 끓는점 측정
- 물 치환법을 이용한 밀도 측정
- 물리적 성질을 통한 물질의 동정

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/물리적-특성-및-제품-식별/

013 — 영양소

IB Programme	Biology — Organisms, metabolism
Secondary Programme	DP Biology
Syllabus Reference	Macronutrients, enzymes
NGSS (HS)	HS-LS1-6 · SEP 4, SEP 6 · CCC 5, CCC 6
NGSS (MS)	MS-LS1-7
Summary	Food chemistry and biochemical reactions



개요

모든 식품은 생체 분자의 혼합물이며, 그중 네 가지 주요 그룹인 단순당, 녹말, 지질, 단백질이 주를 이룹니다. 식품에 어떤 성분이 들어 있는지 아는 것은 영양 표시, 식이요법 조언, 그리고 식품 산업에서의 품질 관리의 기초가 됩니다. 약기가 존재하기 훨씬 전부터 화학자들은 오늘날에도 여전히 가르쳐지고 신속한 선별 검사로 사용되는 몇 가지 색상 반응을 통해 그 해답을 찾아냈습니다.

각각의 테스트는 시약이 하나의 특정한 화학적 특성과 반응하여 눈에 보이는 변화를 일으키기 때문에 작동합니다. 펠링 용액은 환원당의 유리 알데히드기에 의해 환원되며, 그가 포함한 구리(II)는 벽돌 붉은색의 산화 구리(I)로 전환됩니다. 루골 요오드는 녹말 분자의 나선형 코일 속으로 미끄러져 들어가 강렬한 색상을 띤 요오드-녹말 복합체를 형성합니다. 수단 IV는 지용성 염색약으로, 물을 버리고 존재하는 모든 지질 방울에 녹아들어 그것을 붉게 염색합니다. 알칼리 용액 속의 구리(II)인 뷰렛 시약은 단백질 내의 아미노산을 연결하는 펩타이드 결합과 보라색 복합체를 형성합니다. 이러한 테스트 중 어느 것도 다른 그 어떤 것에도 민감하지 않으며, 이것이 바로 이 세트가 유용한 정보를 제공하는 이유입니다.

이 실험실에서 여러분은 사과 주스, 달걀 흰자, 시리얼 용액, 우유 등 네 가지 일상 식품을 대상으로 네 가지 영양소군 전체를 분석하게 됩니다. 각 식품은 가열 펠링 테스트용 시험관 하나와 냉각 테스트용 마이크로플레이트 홈 세 개(각각의 냉각 테스트마다 하나씩)로 나누어 담습니다. 펠링 시험관을 70 °C 이상의 수조에서 가열하고, 각 시약을 라벨이 붙은 홈에 넣은 후, 그 결과로 나타나는 16 가지 관찰 결과를 결과 표에 기록합니다. 이러한 색상으로부터 각 식품의 영양소 프로필을 만들고, 설탕, 녹말, 지방, 단백질이 어디에서 유래하는지 이미 알고 있는 내용과 대조하여 확인하게 됩니다.

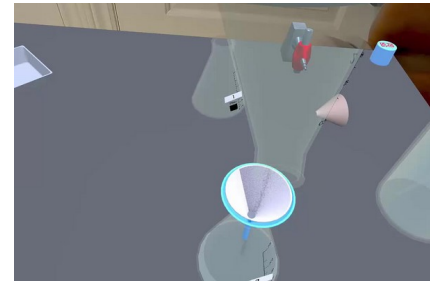
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 보호장구 착용 및 시약 취급 안전수칙
- 시료의 준비 및 분할
- 교차 오염 방지
- 4 가지 영양소 검사 실시하기
- 결과 읽기 및 기록
- 색 반응을 화학적으로 해석하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/영양소/

014 — 중금속 추출

IB Programme	Chemistry — Sustainability, human impact
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Precipitation, solubility
NGSS (HS)	HS-PS1-2; HS-ESS3-4 · SEP 3, SEP 6 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Pollution and chemical remediation



개요

납과 구리는 부식된 배관, 사용된 도금 및 식에(etching)조, 그리고 페인트와 용제의 부주의한 폐기를 통해 폐수로 유입된다. 두 원소 모두 희석이나 생물학적 처리에 의해 소모되지 않으며, 둘 다 저농도에서도 독성을 띤다. 이것이 바로 시립 및 산업용 처리장이 물을 방류하기 전에 화학적으로 용존 금속을 제거하는 이유이다. 표준 방법은 여기서 사용되는 방식과 같다. 즉, 금속과 불용성 염을 형성하는 반대 이온(카운터 이온)을 첨가한 후 고형물을 여과하여 걸러내는 것이다. 그 화학은 용해도에 기반을 둔다. 이온 농도의 곱이 용해도곱 K 를 초과할 때 염이 침전된다.SP; 해당 값 아래에서는 용해된 상태로 유지됩니다. 황산납과 탄산구리는 둘 다 매우 난용성이므로, 황산염을 첨가하면 납이 $PbSO_4$ 로 제거됩니다.4 탄산염을 첨가하면 $CuCO_3$ 로 구리가 제거됩니다.3. 순서는 임의적인 것이 아니다. 탄산염은 구리뿐만 아니라 납도 침전시키므로, 탄산염을 먼저 넣으면 두 금속이 함께 나와 분리할 수 없게 된다. 반면에 황산염은 구리를 용액 상태로 남겨두는데(황산구리는 자유롭게 용해되기 때문이다), 따라서 황산염을 먼저 넣고 탄산염을 나중에 넣으면 두 개의 깨끗한 분획을 얻을 수 있다.

이 실험실에서 여러분은 두 금속을 모두 포함하는 100 mL의 폐수 시료를 처리하게 됩니다. 거름종이의 무게를 달고, 시료에 황산나트륨을 가하여 흰색의 황산납이 생성되는 것을 관찰한 뒤, 이를 거르고 종이의 무게를 다시 달아 침전물의 질량을 얻습니다. 그런 다음 여과액에 탄산칼륨을 가하여 구리를 청록색의 탄산구리로 침전시키고, 거른 후 무게를 다시 잰다. 두 질량으로부터 원래 시료에 납과 구리가 각각 얼마나 들어 있었는지 역산하고, 각각이 얼마나 완전히 제거되었는지 판단하게 됩니다.

학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 보호구 착용 및 중금속 안전 취급
- 선택적 침전
- 중량법 여과 기법
- 결과에 대한 정량적 분석
- 치료의 효과 평가

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/014-중금속-추출/

015 — 금속의 성질

IB Programme	Chemistry — Transformation & Energy
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 3.1 – Redox & metal activity
NGSS (HS)	HS-PS1-1; HS-PS1-2 · SEP 4, SEP 6 · CCC 1, CCC 6
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Comparing metal reactivity and properties



개요

주기율표는 무엇보다도 먼저 행동 양식의 요약이다. 원소들이 제자리에 놓이는 이유는 그것들이 전기를 통과시키고, 변형되며, 무엇과 반응하는지 그 방식 때문이며, 바로 그러한 성질들이 엔지니어에게 어떤 재료가 전선, 방열판, 구조용 보, 혹은 배터리 중 어디에 속하는지 말해준다. 금속을 비금속 및 준금속과 구별하는 것은 화학자가 배우는 첫 번째 분류이며, 이는 답을 찾아보는 것이 아니라 실험을 통해 이루어진다.

네 가지 물리적 성질과 두 가지 화학적 성질이 이 두 계급을 갈라놓는다. 금속은 외부 전자가 비 localized(비편재화)되어 있고 격자 전체를 자유롭게 이동할 수 있기 때문에 전기를 전도하며, 바로 이 유동적인 전자들이 열을 전달하고, 표면에 반짝이는 광택을 부여하며, 격자 면들이 깨지지 않고 서로 미끄러지게 하는데, 이것이 바로 연성이다. 비금속은 전자를 국소화된 공유결합 안에 붙들어 두고 있어 이 중 어느 것도 하지 못한다. 준금속은 그 사이에 위치한다: 규소의 공유결합 격자는 열을 진동 형태로 매우 잘 전달하지만 전하 운반체는 거의 방출하지 않는데, 이것이 정확히 규소를 반도체로 만드는 요인이다. 화학적으로, 반응성 계열에서 수소보다 위에 있는 금속은 산에서 수소를 치환하며, 주기율표의 왼쪽에 있는 알칼리 및 알칼리 토금속 계열인 가장 반응성이 큰 금속들은 물만으로도 수소를 치환하여 수산화물을 남기고, 따라서 강한 염기성 용액을 만든다.

이 실험실에서 여러분은 열 가지 원소를 테스트하게 됩니다. 아연, 황, 규소, 철, 납 등 다섯 가지 원소는 전기 및 열 돕는 성질, 광택, 연성, 그리고 1 M 염산과의 반응성을 검사하고 그 결과에 따라 분류됩니다. 리튬, 나트륨, 칼륨, 마그네슘, 칼슘 등 다른 다섯 가지 원소는 증류수에 넣고 기포 발생을 관찰하며, 붉은색과 푸른색 리트머스 종이로 염기가 생성되었는지 확인합니다. 완성된 결과 표는 주기율표 왼쪽 구역의 작은 실험 버전입니다.

학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 보호구 착용 및 반응성 금속의 안전한 취급
- 물리적 특성 테스트
- 화학적 특성 시험
- 증거를 바탕으로 원소 분류하기
- 주기율적 경향에 행동 연결하기
- 결과 매트릭스의 기록 및 해석

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/금속-재료/

016 — 질량 보존의 법칙

IB Programme	Chemistry — Chemical reactions
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Stoichiometry, enthalpy
NGSS (HS)	HS-PS1-7 · SEP 5, SEP 6 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-5
Summary	Mass balance experiments



개요

질량 보존의 법칙은 화학 반응에서 물질이 새로 생성되거나 파괴되지 않는다는 법칙이다. 즉, 반응 전에 존재하던 원자들은 반응 후에 존재하는 원자들과 정확히 일치하며, 단지 다른 분자들로 재배열될 뿐이다. 앙투안 로랑 드 라부아저는 1 이나 1780 년대에 밀폐된 반응 용기의 무게를 측정함으로써 이 원리를 확립했으며, 이것이 모든 화학 반응식이 균형을 이루어야 하는 이유이자 산업 화학자가 공정을 실행하기도 전에 얻어질 생성물의 질량을 예측할 수 있는 이유이다.

법칙을 입증하는 것은 생각보다 어렵습니다. 기체를 방출하는 반응은 열린 용기에서 진행될 때 질량이 줄어드는 것처럼 보이기 때문입니다. 질량이 사라진 것이 아니라 단순히 저울 접시를 떠난 것뿐입니다. 따라서 보존 법칙은 다음의 경우에만 증명될 수 있습니다. 닫힌 가스류를 포함한 모든 생성물이 다른 것들과 함께 보존되고 무게가 측정되는 시스템, 그것이 이 실험실의 핵심 아이디어이다.

당신은 매우 다르게 행동하는 두 가지 반응을 사용하여 그 법칙을 두 번 테스트할 것입니다. 파트 A에서는 탄산수소나트륨이 아세트산과 반응하여 이산화탄소를 방출합니다. 이 기체는 삼각플라스크의 주둥이에 씌운 고무 풍선에 포집되며, 반응이 끝난 후 풍선 목에 있는 집계를 통해 포집된 기체만 따로 무게를 측정할 수 있습니다. 파트 B에서는 염화칼슘과 탄산나트륨 용액을 혼합하여 탄산칼슘의 고체 침전물이 형성됩니다. 비커 밖으로 나갈 수 있는 것이 없으므로 질량 수치가 정확히 맞아떨어집니다. 각 경우에 당신은 반응 전후의 시스템 무게를 측정하고, 총량을 비교하며, 발견된 차이에 대해 설명할 것입니다.

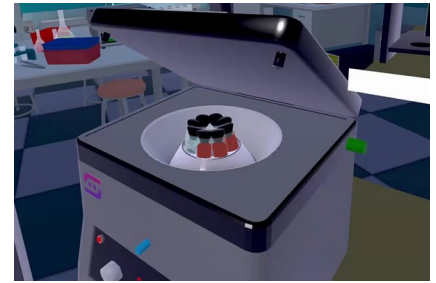
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 보호 장비 사용
- 밀폐 시스템 구축 및 테스트
- 정량 칭량법
- 화학량론과 한계 반응물
- 질량 수치 해석

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/016-질량-보존의-법칙/

021 — 원심분리

IB Programme	Biology — Human systems
Secondary Programme	DP Biology
Syllabus Reference	Integration of body systems
NGSS (HS)	HS-LS1-2 · SEP 3 · CCC 6
NGSS (MS)	MS-LS1-2
Summary	Blood composition analysis



개요

원심분리는 밀도 차이에 따라 혼합물의 구성 요소를 분리하기 위해 빠른 회전 운동을 이용하는 방법입니다. 임상 실험실에서 이 기술은 혈액, 소변, 세포 현탁액과 같은 생물학적 샘플 분석에 필수적입니다.

원심분리를 통해 침강을 가속시키면, 일반적으로 중력 하에서 분리하는 데 몇 시간 또는 며칠이 걸리는 성분들을 몇 분 안에 분리할 수 있습니다.

혈액은 적혈구, 백혈구, 혈소판, 혈장, 그리고 단백질 및 지질과 같은 용해된 물질을 포함한 여러 구성 요소로 이루어진 불균일 혼합물입니다. 통제된 조건에서 원심 분리하면 이러한 구성 요소들이 뚜렷한 층으로 분리되어 관찰 및 분석될 수 있습니다. 이러한 층들의 모양이나 상대적 비율의 변화는 유용한 진단 정보를 제공합니다.

이 실험실에서는 빈혈(적혈구 농도 감소), 지질혈증(혈장 내 지질 과다)이라는 병리학적 상태를 보이는 환자 두 명으로부터 채취한 일련의 혈액 샘플을 원심 분리하게 됩니다. 신중한 관찰과 해석을 통해 이 샘플들을 식별하고, 그 결과를 실제 임상 적용과 연결할 것입니다. 전체 활동 과정에서 실험실 안전, 장비의 올바른 취급, 원심 분리기 올바른 균형 맞추기, 책임감 있는 폐기물 관리 등 전문적인 실험실 업무에 필수적인 기술에 특별한 중점을 둡니다.

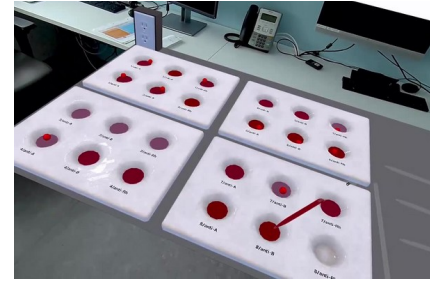
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 보호 장비 사용
- 원심 분리기 장비 작동
- 샘플 준비 및 균형
- 분리된 상의 관찰
- 결과에 대한 임상적 해석

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/021-원심분리/

023 — 혈액과 혈액형

IB Programme	Biology — Human systems
Secondary Programme	DP Biology
Syllabus Reference	Integration of body systems
NGSS (HS)	HS-LS1-2 · SEP 4, SEP 6 · CCC 4, CCC 6
NGSS (MS)	MS-LS1-3
Summary	Immunity and blood typing exploration



개요

혈액형 검사는 의학에서 가장 오래되고 가장 중대한 정기 검사 중 하나이다. 칼 랜드스타이너는 어떤 사람들의 피를 다른 사람들의 피와 섞었을 때 응집되는 것을 관찰한 후 1901년에 ABO 혈액형을 발견했으며, Rh 인자는 그로부터 4십 년 후에 규명되었다. 이 두 시스템은 함께 수혈이 생명을 구할지 혹은 몇 분 안에 수혈받는 사람의 적혈구를 파괴할지를 결정하며, 모든 수혈 전, 모든 임신 시, 그리고 법의학 및 친자 확인 업무에서 확인된다.

그 검사는 단 하나의 분자적 개념에 기초한다. 적혈구의 표면에는 항원이라고 불리는 유전된 당 및 단백질 표지자가 있다. A 항원, B 항원, 둘 다 있거나, 혹은 둘 다 없으며, 이와 별개로 Rh(D) 항원이 있다. 이 표지자들 중 하나에 대한 항체를 포함하는 혈청 — 즉 응집소 —은 두 개 이상의 결합 부위를 가지고 있으므로 표적 항원을 가진 세포들과 만나면 이들을 서로 연결하여 눈에 보이는 덩어리로 만듭니다. 이것이 바로 응집으로, 액적은 매끄럽고 고른 붉은색 외관을 잃고 맑아지는 액체 속에 더 어두운 반점들이 생기며 거칠어집니다. 항원이 없으면 항체가 결합할 대상이 없으므로 액적은 균일한 상태를 유지합니다. 따라서 이 검사는 세 번에 걸쳐 단순한 예 또는 아니오로 판독됩니다.

이 실험실에서 여러분은 8 개의 미지 혈액 검체에 대한 혈액형 검사를 수행하게 됩니다. 각 검체는 세 개의 서로 다른 홈 (well)에 나뉘어 담기고, 항-A, 항-B, 항-Rh 혈청과 차례대로 반응하게 됩니다. 이때 각 홈 사이에서 세척하고 건조한 유리 막대를 사용하여 혈청이 다음 검사로 섞여 들어가지 않도록 흠마다 잘 섞어줍니다. 세 가지 예/아니오 반응 패턴으로부터 모든 검체의 ABO 혈액형과 Rh 판정을 추론하고, 어떤 검체가 누구에게 안전하게 수혈할 수 있는지를 도출해 내게 됩니다.

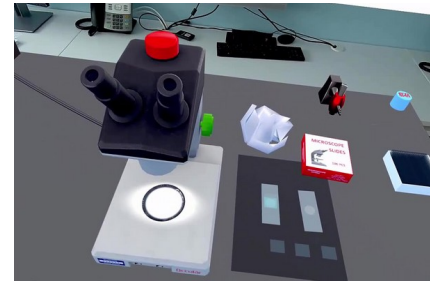
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 생물학적 시료의 안전한 취급
- 교차 오염 방지
- 응집 반응 판독
- ABO 혈액형 및 Rh 혈액형 판정
- 수혈 적합성 추론

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/혈액-및-혈액형/

024 — 동물 세포 관찰

IB Programme	Biology — Cells
Secondary Programme	DP Biology
Syllabus Reference	Cell structure
NGSS (HS)	HS-LS1-2 · SEP 2, SEP 6 · CCC 4, CCC 6
NGSS (MS)	MS-LS1-1; MS-LS1-2
Summary	Microscopy of animal cells



개요

복합 광학 현미경은 세포 생물학을 가능하게 만든 도구이며, 인간의 볼 안쪽을 덮고 있는 세포는 고전적인 첫 번째 표본이다. 험부 상피는 중층 편평 조직으로, 가장 바깥쪽 세포들은 지속적으로 탈락하므로 조직을 절단하거나 염색하거나 절편으로 만들지 않고도 시료를 채집할 수 있다. 세포학자들은 구강암 스크리닝과 유전자 검사를 위한 구강 상피세포 면봉 검사에 여전히 정확히 이 물질을 사용하고 있으며, 이는 교육용 편의를 넘어 실제 진단용 표본이 되게 한다.

살아있는 동물 세포가 광학 현미경에서 거의 보이지 않는 데는 단순한 물리적 이유가 있다. 세포는 대부분 물로 이루어져 있고, 굴절률이 자기가 담겨 있는 물과 거의 차이가 나지 않기 때문에, 투과된 빛을 거의 흡수하거나 꺾지 못하기 때문이다. 그러한 조건에서 현미경 관찰자가 보는 것은 희미한 외곽선과 그 외의 거의 아무것도 없다. 염색약은 일부 구조에는 선택적으로 결합하고 다른 구조에는 결합하지 않음으로써 이 문제를 해결하며, 화학적 차이를 눈이 읽을 수 있는 색상의 차이로 변환한다. 요오드화 칼륨에 요오드를 녹인 루골 용액은 이러한 준비를 위한 표준적인 선택이다. 이는 세포질을 연한 황갈색으로 물들이고 핵을 뚜렷하게 더 어두운 물체로 부각시키며, 가열하지 않고 즉각적으로 그렇게 작용한다.

이번 실험에서는 동일한 표본을 두 번 준비하여 두 표본을 비교하게 됩니다. 첫 번째 슬라이드는 물을 이용한 일반 습식 마운트이고, 두 번째 슬라이드는 커버글라스를 덮기 전에 루골 용액 한 방울을 떨어뜨립니다. 투과 조명기를 켜고 가장 낮은 배율에서 시작하여 40 배, 100 배, 400 배로 높여가며 관찰합니다. 저배율에서는 거대 나사 조절 나사로만 초점을 맞추고 그 이후에는 미세 나사 조절 나사로 초점을 맞추며, 각 단계마다 이미지를 저장합니다. 두 슬라이드의 비교가 이번 실습의 핵심으로, 염색이 어떤 역할을 하는지, 그리고 왜 동물 조직 현미경 검사에서 염색을 거의 필수적으로 수행하는지를 보여줍니다.

학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 복합 광학 현미경의 작동
- 습식 마운트 준비
- 생물학적 염색약 사용
- 관찰 및 기록

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/동물-세포-관찰/

025 — 식물 세포 관찰

IB Programme	Biology — Cells
Secondary Programme	DP Biology
Syllabus Reference	Cell structure
NGSS (HS)	HS-LS1-2 · SEP 2, SEP 6 · CCC 4, CCC 6
NGSS (MS)	MS-LS1-1; MS-LS1-2
Summary	Microscopy of plant cells



개요

식물 세포는 누구나 목격한 최초의 세포였다. 1665년 로버트 훅은 현미경 아래에 코르크 조각을 놓고 그것이 작은 구획들로 나뉘어져 있는 것을 발견했으며, 그 단어를 차용했다 세포 수도원의 작은 방들로부터. 동물 조직과 달리 코르크가 판독 가능했던 바로 그 이유는 오늘날 식물 재료가 더 나은 교육용 표본이 되는 이유이기도 하다. 즉, 모든 세포 주변의 단단한 셀룰로스 벽이 세포의 염색 여부와 상관없이 눈에 보이는 경계를 그려내기 때문이다.

엘로디아, 수생 수초인 은 표준적인 선택이다. 그 잎은 두 개의 세포 층 두께에 불과하여, 전체 잎을 절단하지 않고도 평평하게 장착할 수 있으며 빛이 그를 통해 곧바로 통과한다. 각 세포 안에는 수십 개의 엽록체가 들어 있는데, 이들은 엽록소로 밀집되어 있어 염색 없이도 볼 수 있을 만큼 충분히 녹색이며, 반면 단일한 커다란 중심 액포가 대부분의 부피를 차지하고 세포질과 엽록체를 벽에 대고 얇은 층으로 밀어낸다. 세포벽, 엽록체, 액포, 질서 정연한 조직 기하학과 같은 식물 세포의 거의 모든 독특한 특징이 하나의 프레퍼레이션에서 보인다.

핵이 그 예외이다. 핵은 모든 세포에 존재하지만 거의 투명하며 엽록체들 사이에서 쉽게 파묻히기 때문에, 실험실에서 하나의 슬라이드 대신 두 개의 슬라이드를 사용하는 이유가 바로 여기에 있다. 첫 번째는 세포를 있는 그대로 보여주는 단순 물 마운트이다. 두 번째에는 루골 용액(아이오딘화 칼륨에 녹인 아이오딘) 한 방울을 떨어뜨리는데, 이는 단백질과 핵산에 결합하여 핵을 뚜렷한 황갈색으로 염색시킨다. 여러분은 투과 조명기를 켜고, 가장 낮은 배율에서만 거동 조절 나사를 사용하면서 40 배율, 100 배율, 400 배율 순으로 높여가며 각 단계마다 이미지를 저장하고, 두 슬라이드를 직접 비교하게 될 것이다. 동물 세포에 관한 실험 024 와 함께 읽어보면, 이 한 쌍의 실험은 두 계(界) 간의 구조적 차이를 단순한 진술이 아니라 눈으로 볼 수 있게 만들어 준다.

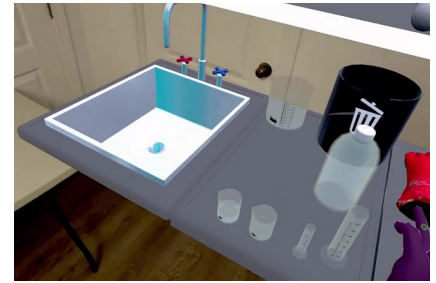
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 복합 광학 현미경의 작동
- 습식 마운트 준비
- 식물 세포 구조의 식별
- 생물학적 염색약 사용
- 관찰 및 기록

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/식물-세포-관찰/

026 — 식물 DNA

IB Programme	Biology — Genetics
Secondary Programme	DP Biology
Syllabus Reference	DNA replication, inheritance
NGSS (HS)	HS-LS3-1 · SEP 1, SEP 3 · CCC 6
NGSS (MS)	MS-LS3-1
Summary	DNA extraction visualization



개요

DNA 추출은 분자생물학에서 거의 모든 실험의 첫 단계입니다. 유전체 염기서열 분석, 작물 품종의 병 저항성 유전자 검사, 범죄 현장 감정물 대조, 임상 진단 확정 등은 모두 세포 밖으로 DNA를 꺼내어 튜브에 담는 것에서 시작합니다. 화학적 원리는 모든 규모에서 동일합니다. 세포는 인지질로 이루어진 세포막 뒤에 내용물을 보호하고 있으며, 그 안의 DNA는 매우 긴 폴리음이온으로 중성 pH에서 골격을 이루는 모든 인산기가 하나의 음전하를 띱니다. 세제는 세포막을 녹여 세포 내 물질을 방출시키고, 용해된 염은 나트륨 이온을 공급하여 이러한 음전하를 상쇄함으로써 이웃한 가닥들이 서로 밀어내지 않게 합니다. 그런 다음 DNA가 물에서보다 용해도가 훨씬 낮은 차가운 알코올을 이용하여, 전하가 상쇄된 분자들을 육안으로 볼 수 있을 만큼 커다란 덩어리로 용액 밖으로 침전시킵니다. 바나나는 실험 재료로 쓰기에 매우 편리한데, 과육이 유봉으로 으깨어 페이스트를 만들기에는 충분히 부드럽고 섬유질이 적으며, 재배종 바나나는 3배체이므로 모든 세포가 세 개의 염색체 세트를 지니고 있기 때문입니다. 이번 실험에서는 증류수, 염화나트륨, 주방 세제로 추출 용액을 만들고, 바나나 조각을 균질한 페이스트 상태로 으갠 뒤, 이 페이스트를 추출 용액과 섞고, 그 혼합물을 거름종이를 통해 시험관에 거른 후, 여과액 위에 차가운 메탄올을 층층이 얹을 것입니다. 잠시 후 두 액체가 만나는 곳에 회색의 실 모양 침전물이 나타납니다. 이는 세포에서 방출된 다른 일부 물질과 함께 엉긴 DNA입니다.

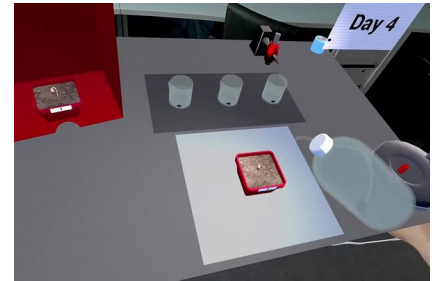
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 유독성 시약 다루기
- 수용액의 조제
- 식물 조직의 기계적 파괴
- 중력 여과법
- 에탄올 침전
- 결과 관찰 및 해석

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/식물성-dna/

027 — 발아

IB Programme	Biology — Cycles and reproduction
Secondary Programme	DP Biology
Syllabus Reference	Reproduction, adaptation
NGSS (HS)	HS-LS1-5 · SEP 3, SEP 4 · CCC 5, CCC 7
NGSS (MS)	MS-LS1-5
Summary	Seed growth and plant development



개요

발아는 건조하고 휴면 상태인 씨앗이 살아있는 식물이 되는 시점이다. 흡수에 의해 흡수된 물은 씨앗의 신진대사를 다시 활성화하고, 효소는 자엽에 저장된 전자와 단백질을 분해하며, 유근이 나와 어린 식물을 고정하고, 유아가 표면을 향해 위로 솟아오른다. 그 과정 중 어느 것도 빛을 필요로 하지 않는다. 씨앗은 내부에 비축된 영양분을 바탕으로 어둠 속에서도 완벽하게 발아한다. 빛을 필요로 하는 것은 다음 단계이다. 엽록소는 어둠 속에서 합성될 수 없기 때문에, 빛 없이 공기 중에 도달한 어린 식물은 창백한 상태를 유지하고, 줄기를 보호용 갈고리 모양으로 구부린 채 잎을 결코 펼치지 않으며, 비축된 영양분이 바닥날 때까지 그것으로 살아간다. 빛이 주어진다면 갈고리가 퍼지고, 자엽과 첫 잎들이 확장되며 초록색으로 변하고, 식물은 영양분 소비에서 광합성을 통한 자체 설탕 생성으로 전환한다. 종자 회사, 재배자 및 온실 운영자는 어린 식물이 그 전환을 이루는 데 정확히 얼마만큼의 빛이 필요한지, 그리고 얼마나 빨리 필요한지를 아는 것에 의존한다. 이 실험실에서 여러분은 세 개의 콩 씨앗을 물에 불리고, 번호가 매겨진 세 개의 동일한 화분에 심은 다음, 각 화분을 서로 다른 빛 환경에 둘 것이다. 화분 1은 닫힌 신발 상자 안에, 화분 2는 일반적인 실내 조명이 있는 싱크대 옆 카운터 위에, 화분 3은 켜진 램프 바로 아래에 둔다. 세 화분 모두 동일한 흙과 동일한 물주기를 제공받는다. 그런 다음 여러분은 시계를 한 번에 24 시간씩 앞당기고 10 일치에 해당하는 양만큼 매일 식물에 물을 주며, 세 화분 모두 매일 촬영하여 빛이 그것들을 갈라놓는 유일한 변수가 되도록 할 것이다.

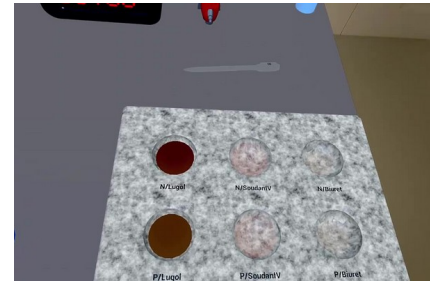
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 통제 비교 설계
- 종자 준비 및 파종
- 시간의 일상적인 유지 및 통제
- 관찰 및 기록 유지
- 결과 해석

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/발아/

028 — 대변 분석

IB Programme	Biology — Organisms
Secondary Programme	DP Biology
Syllabus Reference	Metabolism and digestion
NGSS (HS)	HS-LS1-7 · SEP 6, SEP 8 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-LS1-7
Summary	Stool biochemistry for suspected malabsorption



개요

대변 검사는 소화기학에서 가장 저렴하면서도 유익한 검사 중 하나인데, 이는 몸 밖으로 소화되지 않은 채 배출되는 물질이 소화나 흡수가 어디에서 실패했는지를 정확히 말해주기 때문이다. 대변 속의 지방은 충분한 리파아제를 분비하지 못하는 췌장이나 손상된 장 점막을 가리키며, 소화되지 않은 단백질도 마찬가지로 방향을 가리킨다. 그리고 소소관에서 분해되어 흡수되었어야 할 당류는 락타아제 같은 효소가 부족할 때 대변에서 나타난다. 이러한 발견들 중 어느 것도 감지하는 데 정교한 장비가 필요하지 않다. 각 영양소 계열에는 한 세기가 훨씬 넘도록 사용되어 온 색상 반응 검사가 있다. 펠링 용액은 환원당이 존재할 때 벽돌색 침전물로 변하고, 요오드는 녹말과 만나면 청흑색으로 변하며, 수단 IV 는 지질 방울을 붉은색으로 염색하고, 알칼리성 용액 속의 구리는 펩타이드 결합과 만나면 보라색으로 변한다. 이 실험실에서 여러분은 소화가 정상인 사람의 시료 N 과 환자의 시료 P 라는 두 개의 시료를 나란히 놓고 네 가지 검사 모두를 수행할 것이며, 두 결과 열 사이의 차이를 이용하여 환자가 소화하지 못하는 영양소 계열이 무엇인지 밝혀낼 것이다. 세 가지 검사는 마이크로플레이트의 웰에서 이루어지며, 펠링 검사는 열이 필요하므로 핫플레이트 위의 수조에 고정된 시험관에서 수행된다.

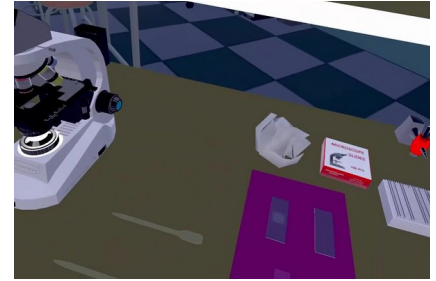
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 생물학적 물질 취급
- 시료 취급 및 분석법 배치
- 가열 수조의 작동
- 4 가지 정성적 영양소 테스트의 사용
- 결과 읽기, 기록 및 해석

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/대변-관찰/

029 — 침 관찰

IB Programme	Biology — Enzymes
Secondary Programme	DP Biology
Syllabus Reference	Enzyme activity
NGSS (HS)	HS-LS1-6 · SEP 3, SEP 4 · CCC 5, CCC 6
NGSS (MS)	MS-LS1-7
Summary	Saliva microscopy with iodine staining



개요

타액은 물처럼 보이지만, 결코 물이 아닙니다. 타액의 약 99 %는 물이며, 나머지 1 %가 다음과 같은 역할을 합니다: 산으로부터 구강을 보호하는 전해질, 체액을 미끄럽게 만드는 뮤신, 세균 증식을 억제하는 리소자임과 면역글로불린 A, 그리고 음식을 삼키기 전에 전분을 분해하기 시작하는 α -아밀라아제 등이 그 역할을 담당합니다. 이 액체에는 입 안 점막에서 탈락된 편평 상피세포, 엄청난 수의 세균, 음식물 찌꺼기, 점액 가닥 등 고체 물질들이 부유해 있습니다. 현미경 아래에 이 타액 한 방울을 올려두는 것은 학생들에게 체액이 투명한 액체가 아니라 세포의 현탁액을 보여주는 가장 빠른 방법 중 하나이며, 동시에 광학 현미경의 핵심적인 문제, 즉 살아있는 세포는 투명하기 때문에 단순히 확대하는 것만으로는 충분하지 않다는 점을 소개하는 좋은 기회이기도 합니다. 세포에 대비를 부여해야 합니다. 이 실험에서는 동일한 타액 표본으로 두 개의 슬라이드를 준비할 것입니다. 하나는 무처리 슬라이드이고, 다른 하나는 루골 요오드 한 방울을 첨가한 슬라이드이며, 두 슬라이드 모두 40 배, 100 배, 400 배의 동일한 세 가지 대물렌즈를 통해 관찰할 것입니다. 이 실습의 핵심은 배울 자체보다는 동일한 배울에서 두 슬라이드를 비교하는 데 있습니다. 염색하지 않은 슬라이드는 염색 없이 얼마나 적은 정보만 보이는지 보여주고, 염색된 슬라이드는 염색이 무엇을 드러내 주는지 보여줍니다.

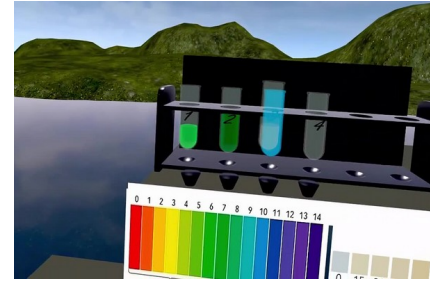
학습 목표

- 복합 현미경의 조작
- 배울과 해상도의 이해
- 습식 마운트 준비
- 조영제 사용
- 시료에 무엇이 있는지 확인
- 관찰 기록 및 보고

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/029-타액-관찰/

030 — 강물 화학

IB Programme	Biology — Sustainability
Secondary Programme	DP Biology
Syllabus Reference	Ecosystems, sustainability
NGSS (HS)	HS-LS2-7; HS-ESS3-3; HS-ESS3-4 · SEP 4, SEP 7 · CCC 2, CCC 4
NGSS (MS)	MS-LS2-1; MS-ESS3-3
Summary	Water quality testing



개요

수질 모니터링은 세계에서 가장 일상적인 분석 업무 중 하나입니다. 도시 실험실, 환경 기관, 유역 협회 모두 하천, 호수, 우물 샘플을 대상으로 매주 동일한 짧은 일련의 검사를 반복합니다. 네 가지 매개변수가 대부분의 정보를 담고 있습니다. 그 pH 물속에 존재할 수 있는 화학종과 금속의 거동을 고정하며; 경도 물의 수원이 통과해 온 암석에서 기원하는, 용존 칼슘과 마그네슘의 총 농도를 보고합니다. 질산염 그리고 인산염 이 두 이온은 조류의 성장을 제한하는 영양소이기 때문에, 농도 측정값은 유역에서 비료, 가축 분뇨 또는 폐수를 얼마나 유입시키고 있는지를 나타냅니다. 각 매개변수는 서로 다른 측정 방법군으로 측정됩니다. pH는 전위차법과 산-염기 지시약으로, 경도는 EDTA를 이용한 킬레이트 적정법으로, 영양소는 인쇄된 색상표와 비교하여 읽어내는 두 가지 발색 반응으로 측정합니다. 이번 실험에서는 강둑에서 하천 수질 시료를 채취한 후, 각각 20 mL 씩 나누어 담은 4 개의 시료에 대해 네 가지 분석을 모두 수행하게 됩니다. 즉, 범용 지시약과 pH 미터로 pH를 측정하고, Eriochrome Black T를 종말점 지시약으로 사용하여 완충된 시료를 0.010 M EDTA로 적정하며, 질산염을 환원시켜 Griess 아조 다이를 발색시키고, 암모늄 몰리브데이트와 아스코르브산을 이용하여 포스포몰리브데이트 색상을 발색시킵니다. 그런 다음, 네 가지 원시 측정값을 보고서에 서명하는 분석가가 반드시 해야 하는 작업인 하천 건강 상태에 대한 판단으로 변환하게 됩니다.

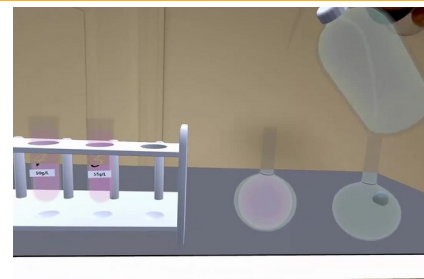
학습 목표

- 현장 시료 채취 숙지
- pH 미터 및 색조견본표 사용법
- 킬레이트 적정법
- 영양염류의 비색 정량
- 데이터의 정량적 처리
- 해석 및 실험실 규율

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/030-강물-화학/

038 — 용해에 의한 용액 제조

IB Programme	Chemistry — Mixtures, States of Matter
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Structure 1.5 – Ideal gases / solutions
NGSS (HS)	HS-PS1-3 · SEP 3, SEP 5 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-4
Summary	Preparing solutions of known mass concentration



개요

알려진 농도의 용액을 준비하는 것은 모든 실험실에서 가장 빈번하게 수행되는 작업이다. 기기의 검정 표준물질, 적정용 시약, 세포 배양용 완충액, 정맥주사액, 생산 라인의 시럽 등 이 모든 것들은 동일한 세 가지 루틴, 즉 목표 농도에 필요한 용질의 질량을 계산하고, 그 질량을 달아서, 알려진 최종 부피로 맞추는 과정을 통해 만들어진다. 이후에 얻어지는 모든 정량적 결과는 그것을 얻는 데 사용된 용액의 농도에 기반하기 때문에, 이 기법은 주의 깊게 배울 가치가 있다.

두 가지 이유로 이 계산 절차는 보기보다 덜 단순합니다. 첫째, 농도는 수치적으로는 다르지만 동일한 양을 나타내는 여러 가지 방식으로 표현될 수 있습니다. 리터당 그램(g/L) 단위의 질량 농도, 부피 대비 질량 백분율(w/v %), 또는 리터당 몰(mol/L) 단위의 몰농도가 그것입니다. 이들 사이를 정확하게 변환하는 것이 과제의 절반입니다. 둘째, 액체와 고체의 부피는 더해지지 않습니다. 100 mL의 물에 고체를 용해시키더라도 100 mL의 용액이 되는 것이 아니라, 용해된 입자들이 그들만의 부피를 차지하기 때문에 그보다 약간 더 많은 양이 됩니다. 그것이 바로 용액이 항상 용질을 다음과 같은 방식으로 녹여서 만드는 이유입니다. 더 적은 최종 부피보다 적게 넣은 후 보정된 눈금까지 채우는 방식이며, 비커나 메스실린더 대신 부피 플라스크를 사용하는 이유는.

이 실험에서는 최종 부피가 각각 100 mL인 두 가지 주스 결정 용액을 조제하게 됩니다. 용액 A는 질량 농도가 25 g/L이고, 용액 B는 5 % m/v이며, 이 값을 먼저 리터당 그램으로 변환해야 합니다. 각 용액에 필요한 질량을 계산하고, 타르가 제거된 계량선반에 올려 전자 저울로 질량을 측정 한 후, 100 mL 부피 플라스크에 담긴 약 50 mL의 증류수에 녹인 다음, 교정 눈금까지 증류수를 보충하고, 잘 섞은 뒤, 결과물을 라벨이 붙은 비커에 옮겨 담습니다. 그런 다음 검은색 카드 앞에서 두 용액을 일련의 기준 용액과 나란히 놓고, 각 용액이 어떤 기준 용액과 일치하는지 확인합니다. 이는 순전히 시각적인 농도 추정법이며, 비색법의 원리를 처음 접해 보는 과정입니다.

학습 목표

- 용질의 질량 계산
- 전자저울의 사용법
- 부피 측정법
- 용해 및 균질화
- 색상으로 농도 추정하기
- 기록 유지

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/용해-이용한-용액-제조/

039 — 고체의 용해도 변경

IB Programme	Chemistry — Change, Energy
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 1 - Thermodynamics
NGSS (HS)	HS-PS1-5 · SEP 4 · CCC 2, CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-4
Summary	Temperature influence on solubility



개요

용해도는 물질이 용액으로 사용될 수 있는지 여부를 결정하는 특성이며, 화학자가 제조, 정제 또는 제형을 설계하기 전에 가장 먼저 찾아보는 수치입니다. 이는 시약의 농도를 얼마나 진하게 만들 수 있는지, 약물을 시럽으로 투여해야 하는지 아니면 알약으로 투여해야 하는지, 설탕이 아이스 티가 아니라 뜨거운 차에는 녹는 이유, 주전자에 물때가 녹아 없어지는 대신 생기는 이유, 그리고 재결정이 작동하는 이유(고체가 뜨거운 용매에 녹고 용액이 식어 용해도가 떨어질 때 순수한 상태로 회수됨)를 결정합니다.

두 가지 요인이 그 답을 결정합니다. 첫 번째는 용질과 용매의 화학적 본성입니다. 즉, 다음과 같은 경험칙입니다. 유사무유, 이는 실제로 용매가 제공할 수 있는 상호작용이 고체를 분해하는 데 드는 비용을 지불할 만큼 충분히 강할 때 용매가 용질을 녹인다는 것을 의미합니다. 물은 매우 높은 유전율과 수소 결합 능력을 가지고 있어 이온과 수산화기로 둘러싸인 작은 분자들에게는 훌륭한 용매이지만, 사슬들이 서로 수소 결합으로 연결된 고분자나 격자가 너무 단단하게 결합된 염에게는 좋지 않은 용매입니다. 두 번째 요인은 온도입니다. 용해는 열을 흡수하거나 방출하며, 그 열 흐름의 방향이 용액이 가열될 때 용해도가 이동하는 방향을 결정합니다. 흡열 용해는 고온에서 더 쉬워지고, 발열 용해는 더 어려워집니다. 물속의 대부분의 고체는 첫 번째 범주에 속하지만 모두 그런 것은 아니며, 예외적인 경우가 흥미로운 사례들입니다.

이 실험실에서 여러분은 마그네틱 스티어바를 사용하여 용액이 섞이도록 유지하면서, 고체가 더 이상 용해되지 않고 비커 바닥에 쌓이기 시작할 때까지 무게를 잰 소량의 고체를 100 mL의 찬물에 첨가하게 됩니다. 그 지점이 포화 상태이며, 여러분이 넣은 총 질량은 상온에서 해당 고체의 용해도 정의합니다. 그런 다음 액체에 온도계를 고정한 채로 핫플레이트 위에서 비커를 75 °C 까지 가열하고, 녹지 않은 고체가 용액 속으로 녹아 들어가는지 관찰하며, 그것이 사라지는 온도를 기록합니다. 식염, 포도당, 분필 가루, 탄산수소나트륨, 옥수수 전분으로 전체 과정을 반복하면 다섯 가지의 매우 다른 결과가 나오며, 실험이 밝혀내고자 하는 것은 숫자 그 자체가 아니라 바로 그 결과들 사이의 차이점입니다.

학습 목표

- 포화 상태의 인식과 도달
- 온도의 영향
- 용질과 용매의 화학적 성질의 영향
- 장치의 작동
- 관찰, 기록 그리고 정직한 해석

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/용해도-변화/

040 — 강수

IB Programme	Chemistry — Chemical Change
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 3.2 – Electron transfer reactions
NGSS (HS)	HS-PS1-2 · SEP 6 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Formation of precipitates from ionic reactions



개요

침전은 용해된 이온을 용액 밖으로 끌어내는 가장 간단한 방법이다. 두 가지 맑은 액체를 섞으면 녹지 않는 화합물이 혼합물 속에 현탁된 고체로 나타난다. 수처리 시설에서는 이를 사용하여 폐수에서 인산염과 중금속을 제거하고, 분석 실험실에서는 여기서 연구된 바로 그 반응을 이용하여 칼슘을 중량 분석법으로 정량하며, 이것은 주로 칼슘 옥살레이트로 이루어진 신장 결석을 만드는 것과 동일한 화학 작용이다. 모든 이온성 화합물에는 용해도 한계가 있기 때문에 침전물이 형성된다. 두 용액을 섞어 이온 농도의 곱이 그 한계를 넘어서면, 과량의 성분은 고체로 용액 밖으로 빠져나가는 반면, 가용성 화합물을 이루는 이온들은 용해된 채 보이지 않게 남는다.

침전 반응이 교육에 유용한 이유는 반응이 일어날 때 생성되거나 파괴되는 것이 없기 때문입니다. 고체 물질은 새로 생겨난 것이지만, 그 원자들은 이미 비커 안에 있었습니다. 단지 짝만 바뀌었을 뿐입니다. 이번 실험에서는 빈 50 mL 비커와 빈 10 mL 눈금 실린더의 무게를 재고, 0.2 M 염화칼슘 5 mL와 0.2 M 수산화암모늄 5 mL를 측정하여 각각의 용기 안에 든 용액의 무게를 잰 다음, 두 용액을 섞어 5 초 동안 저어주며 흰색 고체가 나타나는 것을 관찰한 뒤, 마지막으로 비커의 무게를 잰다. 혼합하기 전 용기들의 총 질량과 혼합한 후의 총 질량을 비교하는 것은 질량 보존의 법칙을 직접적으로 검증하는 방법이며, 각 5 mL 분량에 포함된 물질의 양을 통해 생성되었어야 할 고체의 양을 예측할 수 있게 해 준다.

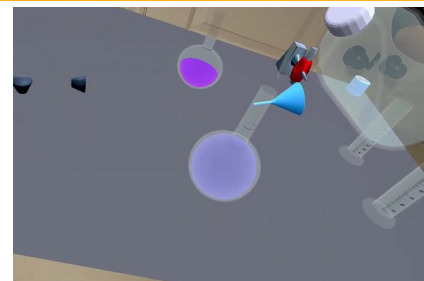
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 분석저울 사용법
- 액체 부피 측정
- 시약 용액의 준비 및 혼합
- 침전 반응 관찰
- 결과에 대한 정량적 해석
- 실험실 안전 및 모범 관행

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/강수량/

041 — 용액 준비

IB Programme	Chemistry — Measurement and Concentration
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 2.1 – Amount of substance
NGSS (HS)	HS-PS1-7 · SEP 5 · CCC 3
NGSS (MS)	MS-PS1-1
Summary	Dissolution and dilution to a target concentration



개요

지정된 농도의 용액을 조제하는 것은 화학 실험실에서 가장 흔한 작업이며, 이를 수행하는 방법은 고체 시료의 달아낸 질량을 녹여 표선까지 부피를 채우거나, 이미 존재하는 용액의 측정된 부피를 취해 희석하는 두 가지 뿐이다. 분석 실험실, 병원 약국, 그리고 수처리 시설 모두 농축된 스톡 용액을 보관해 두었다가 사용 당일에 희석하는데, 희석 작업이 무게를 다는 것보다 더 정확하고 훨씬 신속하게 수행될 수 있기 때문이다. 두 가지 방법 모두 동일한 이유로 작동한다. 즉, 농도는 용질의 질량을 용액의 부피로 나눈 비율이므로, 용매를 첨가하면 부피가 변하여 결과적으로 농도는 변하지만, 이미 존재하는 용질의 양은 결코 변하지 않기 때문이다.

과망간산칼륨은 보라색이 진할수록 용액의 농도가 더 진하다는 것을 색상을 통해 나타내주기 때문에 이를 학습하는 데 유용한 용질입니다. 이번 실험에서는 각 경로를 통해 하나의 용액을 각각 제조하고, 두 용액 모두를 6 개의 대조 시험관 세트와 비교하여 확인하게 됩니다. 먼저 약 4 g의 과망간산칼륨을 달아 깔때기를 통해 100 mL 부피 플라스크에 넣고, 증류수에 녹인 후 눈금 선까지 채워 40 g/L의 용액을 만듭니다. 그런 다음 이 용액 54.7 mL를 취해 250 mL 부피 플라스크에 넣고 역시 눈금 선까지 채워 8.75 g/L의 용액을 얻습니다. 각 결과를 대조 시험관과 비교하는 것은 종이 위의 계산과 눈으로 볼 수 있는 현상 사이의 간극을 좁혀줍니다.

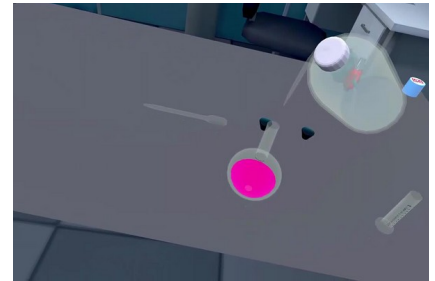
학습 목표

- 용해에 의한 용액의 조제
- 희석을 이용한 용액의 조제
- 부피 측정용 유리 기구의 올바른 사용법
- 농도 계산
- 결과에 대한 색채 측정적 검증
- 강력한 산화제 안전하게 취급하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/용액-제조/

043 — 희석

IB Programme	Chemistry — Measurement and Change
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 2.1 – Amount of substance
NGSS (HS)	HS-PS1-7 · SEP 5 · CCC 3
NGSS (MS)	MS-PS1-1
Summary	Preparing dilutions to identify an unknown solution



개요

희석은 신중하게 조제된 고농도 용액을 실험실, 병원 약국 또는 병입 공장에서 실제로 필요로 하는 다양한 작업 농도로 만드는 방법이다. 하나의 스톡 용액을 한 번 만들고 검증한 뒤, 그 용액으로부터 알려진 부피를 측정하고 그 부피를 알려진 최종 부피까지 채우는 방식으로 모든 연한 용액들을 얻어낸다. 소독제, 정맥주사 약물 투여량, 완충용액, 현상액, 그리고 청량음료 뒤의 시럽들이 모두 이런 방식으로 만들어지는데, 부피를 정확하게 측정하는 것이 용질의 적은 질량을 매번 새로 달아 무게를 재는 것보다 더 빠르고 훨씬 재현성이 높기 때문이다.

그 이면에 있는 과학은 보존 법칙입니다. 용매를 추가하면 용액의 부피가 변하고 따라서 농도도 변하지만, 이미 그 안에 들어 있는 용질의 양은 변하지 않습니다. 부피 V 가 만약 1 농도 C 인 용액의 1 최종 부피 V 로 희석된다 2, 용질의 양은 전후가 같으므로, $C_1V_1 = C_2V_2$. 비율 V_2/V_1 희석 배수라고 하며, 농도는 정확히 그 배수만큼 감소합니다. 용질에 색이 있는 경우, 이러한 농도 감소는 눈으로 확인할 수 있습니다. 즉, 더 희석된 용액은 빛을 더 적게 흡수하여 더 연해 보이며, 바로 이 점 때문에 농도를 측정한 적이 없는 시료와 비교하기 위한 비교 척도로 일련의 알려진 희석액을 사용할 수 있습니다.

이 실험에서는 5 % V/V 농도의 용액과 농도가 알려지지 않은 두 번째 용액이 주어지며, 여러분의 과제는 알려지지 않은 용액의 농도를 구하는 것입니다. 10 mL 눈금 실린더와 100 mL 부피 플라스크 두 개를 사용하여 원액으로부터 두 가지 기준 용액을 조제합니다. 10 mL를 분취하여 0.5 % V/V 농도의 용액 A를 만들고, 2 mL를 분취하여 0.1 % V/V 농도의 용액 B를 준비한 뒤, 미지 용액을 이 두 기준 용액과 비교하여 어느 쪽과 일치하는지 판단합니다.

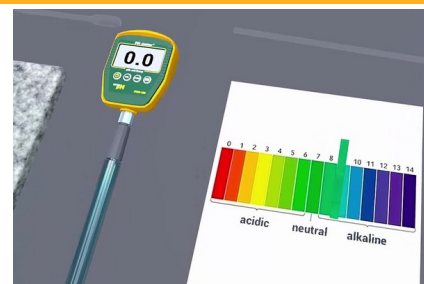
학습 목표

- 희석이 하는 일을 이해하기
- 희석 관계의 정량적 사용
- 부피 측정용 유리 기구의 올바른 사용법
- 농도, 색상 및 표준 시료와의 비교

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/희석/

046 — pH

IB Programme	Chemistry — Acids and bases
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 3.1–3.4
NGSS (HS)	HS-PS1-2 · SEP 3, SEP 4 · CCC 1
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Measuring pH with indicators and a digital meter



개요

물에서 일어나는 거의 모든 화학 과정은 그 물이 얼마나 산성 또는 염기성인지에 민감합니다. 혈액은 7.4 라는 pH 수치의 약 10 분의 1 범위 내로 유지되고, 토양의 pH 는 어떤 작물이 자랄지를 결정하며, 산업 폐수는 방출되기 전에 pH 규제를 받습니다. pH 를 신뢰할 수 있게 측정하고 특정 측정을 얼마나 신뢰해야 하는지 아는 것은 분석 화학에서 가장 널리 사용되는 기술 중 하나입니다.

그 양 자체는 로그 방식으로 정의됩니다: $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$, $[\text{H}^+]$ (위치에+)은 리터당 물 단위의 수소 이온 농도입니다. 이 저울은 대수적이기 때문에 하나의 정수 단위는 산도의 10 배 변화를 나타냅니다. pH 3 인 용액은 pH 5 인 용액보다 수소 이온을 100 배 더 많이 함유하고 있습니다. 25 °C 에서의 순수한 물은 pH 7 에 위치하며, 이는 $[\text{H}^+]$ 및 $[\text{OH}^-]$ 둘 다 10^{-7} mol/L 입니다.

이 실험실에서는 정확도가 높아지는 순서대로 세 가지 방법을 사용합니다. 리트머스 종이는 용액이 산성인지 염기성인지만 알려줍니다. 유니버설 지시는 약 1 pH 단위 오차 범위 내에서 차트와 대조할 수 있는 색상을 만들어냅니다. 보정된 pH 미터는 100 분의 1 단위까지 측정합니다. 여러분은 세 가지 미지의 액체에 이 세 가지 방법을 모두 적용한 다음, 수산화기(hydroxide group)도 없고 명백한 산성 수소도 포함하지 않는 화합물인 황산암모늄이라는 염을 용해시키고 그것이 분명한 산성 용액을 나타낸다는 것을 발견하게 될 것입니다. 그 이유를 설명하는 것이 이번 실습의 분석적 핵심입니다.

학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 보호 장비 사용
- 적절한 측정 방법 선택하기
- pH 미터의 올바른 조작법
- 측정된 고체로부터 용액 준비하기
- pH 척도의 정량적 해석
- 용해된 염이 산성, 염기성 또는 중성인지 예측하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/피/

047 — 산-염기 적정 1

IB Programme	Chemistry — Chemical Reactions
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 3 – Acid-base neutralization
NGSS (HS)	HS-PS1-2; HS-PS1-7 · SEP 3, SEP 5 · CCC 3
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Colorimetric determination of pH in water



개요

비색법은 화학적 양을 측정하는 가장 저렴한 방법입니다. 원하는 양에 따라 색이 변하는 시약을 첨가한 다음, 그 결과를 알려진 값의 기준 레퍼런스 세트와 비교하는 것입니다. 이는 전력도, 교정도, 시험관을 제외한 유리 기구도 필요로 하지 않습니다. 이것이 바로 비색법이 수영장과 어항 검사, 호수와 강에 대한 현장 조사, 그리고 병원에서 사용되는 진단 스틱의 표준 방법으로 여전히 사용되는 이유입니다. 그 한계 또한 명확합니다. 결과는 그것을 읽는 눈지만큼만 정확하며, 기준 레퍼런스의 간격만큼만 세밀합니다.

여기서 측정되는 양은 pH이며, $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ 로 정의됩니다. 따라서 pH의 각 정수 단위는 하이드로늄 이온 농도의 10배 변화를 나타냅니다. 유니버설 지시약은 단일 색소가 아니라 여러 약산의 혼합물이며, 각 약산은 서로 다른 좁은 pH 범위에서 색이 변합니다. 이들의 산 해리 상수가 엇갈려 있기 때문에, 혼합물 전체가 pH 약 3에서 pH 10에 걸쳐 빨간색에서 노란색, 초록색을 거쳐 파란색으로 점진적으로 색이 변하며, 이 색상을 $[\text{H}^+]$ 의 측정값 대신 사용할 수 있습니다. 그렇지 않으면 전극이 필요할.

이 실험실에서는 기준 척도를 제공받는 대신 직접 구축하게 됩니다. 알려진 pH의 용액 25 mL 분량을 시험관 랙에 측정해 넣고, 각각에 만능 지시약을 다섯 방울씩 떨어뜨려 pH 3에서 pH 7까지의 색상 척도를 만듭니다. 그런 다음 호수물 시료를 같은 방식으로 처리하고, 그 색상을 척도와 비교하여 pH를 구하며, 시료가 알칼리성으로 판명될 경우 척도를 pH 8과 pH 9까지 확장하고, 마지막으로 색도법을 통한 결과가 얼마나 정확한지 확인하기 위해 pH 미터로 모든 시험관을 검사합니다.

학습 목표

- 로그 대수로서의 pH 이해하기
- 비색 기준 척도 구축 및 사용
- 지시약 및 유리 기구의 취급 방법
- 한 방법을 다른 방법과 교차 검증하기
- 시각적 방법의 한계를 판단하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/산-염기-적정-1/

048 — 강산과 약산의 pH

IB Programme	Chemistry — Energy, Change
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 3.1 – Acid-base equilibrium
NGSS (HS)	HS-PS1-5 · SEP 4, SEP 6 · CCC 1
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Comparison of strong and weak acids



개요

두 용액이 리터당 동일한 양의 산을 담고 있으면서도 산성도는 매우 다를 수 있습니다. 수처리 시설, 식품 제조업체, 수족관 관리자, 임상 실험실 모두 이러한 차이에 의존합니다. 병의 라벨은 농도를 나타내지만, 파이프를 부식시키고, 단백질을 응고시키며, 물고기를 죽이는 것은 액체에 실제로 존재하는 하이드로늄 이온의 농도이기 때문입니다. 따라서 산을 선택하고 사용할 양을 결정한다는 것은 그 산이 양성자를 완전히 내놓는지 아니면 약간만 내놓는지 아는 것을 의미합니다.

물에 용해된 산은 물 분자에 양성자를 전달합니다. 염산과 같은 강산은 이것이 완전히 일어나므로, 용해된 1 몰마다 1 몰의 하이드로늄 이온을 전달합니다. 에탄산(식초의 산인 아세트산)과 같은 약산은 그 대신 평형에 도달합니다. 즉, 어느 순간이든 분자의 작은 부분만이 양성자를 방출하며, 그 비율은 용액이 얼마나 묽은지에 따라 달라집니다. pH 척도, $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$, 두 경우를 동일한 축에 배치하고, pH 미터는 유리 전극 양단에 발생하는 전위를 측정하여 그 축을 직접 읽습니다.

이 실험실에서 여러분은 연속 희석을 통해 1 mol/L, 0.1 mol/L, 0.01 mol/L 의 세 가지 에타민산(아세트산) 용액 시리즈를 만들게 됩니다. 각 용액은 피펫으로 5 mL 를 취해 50 mL 눈금 메스실린더에 넣고 증류수로 표선까지 채워 이전 용액으로부터 만듭니다. 네 번째 비커에는 두 번째 에타민산 용액과 동일한 농도인 0.10 mol/L 의 염산이 담깁니다. 그런 다음 pH 미터를 사용하여 비커 사이에 전극을 행구고 말리면서 네 용액 모두의 pH 를 측정합니다. 세 번의 에타민산 측정값은 희석이 약산에 미치는 영향을 보여주고, 0.10 mol/L 에서의 한 쌍은 단어가 무엇을 의미하는지 보여줍니다 강산 그리고 약한 pH 단위로 실제로 가치가 있습니다.

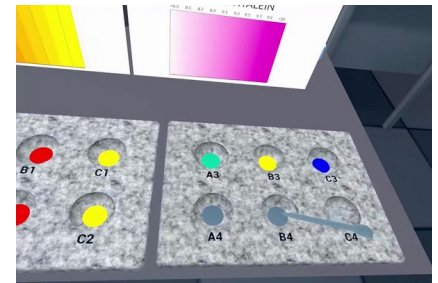
학습 목표

- 연속희석법
- pH 미터 사용법
- 농도와 산도 구별하기
- pH 측정값의 정량적 해석
- 산의 안전한 취급 및 폐기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/강산과-약산의-ph/

049 — pH 지시약 사용

IB Programme	Chemistry — Observation, Change
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 3 - Indicators & buffers
NGSS (HS)	HS-PS1-2 · SEP 4 · CCC 1
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Colorimetric pH measurement



개요

산-염기 지시약은 산성에서는 한 가지 색상을, 알칼리성에서는 다른 색상을 나타내는 염료입니다. 수영장 테스트 키트, 토양 키트, 수족관 키트 및 모든 학교 실험실의 만능 종이 모두 이런 식으로 작동하며, 적정의 종말점도 마찬가지입니다. 지시약을 유용하게 만드는 바로 그 특성이 또한 그 한계이기도 합니다. 단일 염료는 "pH가 내 변색 범위보다 높은가, 낮은가?"라는 단 하나의 질문에만 답할 수 있으므로, 단일 홈(well)으로는 결코 pH 값을 알 수 없고 부등식만 알 수 있을 뿐입니다. 그러나 변색 범위가 다른 여러 염료를 나란히 놓으면, 그 부등식들이 양쪽에서 서로를 좁혀오게 됩니다.

각 염료가 이러한 방식으로 작용하는 이유는 염료 자체가 약산이기 때문입니다. 그것의 양성자화된 형태인 HIn 과 탈양성자화된 형태인 In⁻ 빛을 다르게 흡수하며, 두 상태는 평형을 이룹니다: $\text{HIn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{In}^- + \text{H}_3\text{O}^+$. 평형 상수를 재배열하면 $\text{pH} = \text{pK} + \log\left(\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}\right)$ 이므로, 두 색상 형태의 비율은 pH에 의해서만 결정됩니다. 사람의 눈은 약 1대 10의 비율에서는 혼합물과 순수한 형태를 구별하지 못하며, 이것이 모든 지시약이 자신의 pK를 중심으로 약 2 pH 단위의 폭을 가진 범위에서 변색하는 이유입니다. 인, 그리고 해당 밴드의 양쪽에 단색을 보여줍니다.

이 실험에서 여러분은 3열 4행의 격자 형태로 두 개의 6구 플레이트를 채우게 됩니다. A, B, C 열에는 세 가지 미지 용액을 붓고, 1부터 4까지의 행에는 메틸 오렌지, 메틸 레드, 브로모티몰 블루, 페놀프탈레인이라는 네 가지 지시약을 떨어뜨립니다. 12개의 홈에서 12가지 색상이 나타납니다. 여러분은 태블릿으로 플레이트를 촬영하고, 각 홈의 색상을 벤치에 게시된 해당 지시약의 단계별 표준 색상표와 대조하고, 각 색상이 의미하는 부등식을 적어 낸 뒤, 각 열의 네 가지 부등식을 조합하여 해당 미지 용액의 pH 범위를 구합니다. 세 가지 범위 중 하나는 한쪽 방향으로만 열려 있는 부등식이 될 것이며, 이는 그 자체로 하나의 결과입니다.

학습 목표

- 웰 플레이트 다루기
- 지표가 작동하는 방식
- 색상을 부등식으로 읽기
- 여러 검사의 증거 취합하기
- 기록 및 보고

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/ph-지시약-사용/

050 — 전도도 및 pH

IB Programme	Chemistry — Energy and Matter
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Structure 2.4 – Bonding and materials
NGSS (HS)	HS-PS1-2 · SEP 4 · CCC 2
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Acids, bases and salts: conductivity, pH and dilution



개요

알 수 없는 액체를 산성, 염기성, 또는 중성 염으로 분류하는 것은 분석가가 그 액체를 가지고 가장 먼저 하는 일이며, 여기에 사용되는 세 가지 테스트는 이 업계에서 가장 오래된 것들입니다. 한 쌍의 리트머스 종이는 비용이 거의 들지 않으며 몇 초 만에 답을 줍니다. 액체에 담근 두 개의 전극과 직렬로 연결된 전구는 액체가 이온을 운반하는지 여부를 보여줍니다. 마그네슘 조각은 산성 용액에서는 거품을 내며 반응하고 다른 모든 액체에서는 가만히 있습니다. 이 테스트들은 단 한 번의 기계 측정 없이도 염을 산과 염기에서 구별해 주며, 이것이 바로 이 테스트들이 수질 현장 키트와 학교 실험실 모두에서 살아남아 있는 이유입니다.

세 테스트가 반응하는 대상은 각각 다르며, 그것이 바로 세 가지 모두를 실행하는 이유입니다. 리트머스는 색상이 pH에 따라 달라지는 염료이므로 하이드로늄(hydronium) 농도를 나타냅니다. 전구는 이동성 이온에 반응하며, 모든 가용성 이온 화합물은 그것이 산성, 염기성 또는 중성이든 상관없이 이온을 공급하므로, 전도성은 산과 염기를 구별하는 것이 아니라 이온 용액과 분자 용액을 구별합니다. 마그네슘은 하이드로늄 이온에만 반응하여 산화되어 Mg가 됩니다. $2+$ 동안 H_3O^+ 수소 가스로 환원된다. 세 가지 테스트, 세 가지 다른 질문; 오직 그것들의 조합만이 용액을 식별한다.

이 실험실에서 여러분은 0.1 mol/L 염화나트륨, 염산, 수산화나트륨에 대해 세 가지 테스트를 모두 수행하고, 각각의 전도도, 두 리트머스 종이의 색상, pH 시험지 측정값, 그리고 마그네슘 반응 결과를 기록할 것입니다. 그런 다음 1 mol/L 염산의 네 가지 희석액(10 mL를 각각 30 mL, 60 mL, 100 mL로 묶힌 것, 그리고 1 mL를 100 mL로 묶힌 것)을 준비하고, pH 미터로 다섯 가지 산 1 용액 모두의 pH를 측정합니다. 두 번째 부분은 첫 번째 부분의 대략적인 pH 눈금을 정량적인 눈금으로 바꾸고, 강산의 pH가 그것이 얼마나 희석되었는지를 나타내는 로그값에 불과하다는 것을 보여줍니다.

학습 목표

- 증거를 바탕으로 용액 분류하기
- 악기 다루기
- 지시약으로서의 리트머스와 pH 종이
- 전도도와 용존 이온
- 희석과 대수적 pH 척도
- 안전 및 폐기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/전도도와-ph/

051 — 화학량론

IB Programme	Chemistry — Chemical reactions
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Stoichiometry, reactivity
NGSS (HS)	HS-PS1-7 · SEP 5, SEP 6 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-5
Summary	Quantitative chemical relationships



개요

화학양론은 화학의 연산, 즉 화학자가 혼합이 이루어지기도 전에 반응이 생성할 생성물의 양을 정확히 예측할 수 있게 해주는 일련의 규칙이다. 제약 공장에서는 이를 이용해 배치 크기를 결정하고, 수처리기사들은 응고제를 정량 투입하며, 엔진 설계자는 공기-연료비를 설정한다. 이 규칙들은 단 하나의 사실, 즉 질량 보존의 법칙에서 비롯된다. 반응은 원자를 재배열할 뿐 원자를 생성하거나 파괴하지 않기 때문에, 균형 잡힌 반응식의 계수는 물질들이 결합하는 비율을 고정한다. 그 비율은 그램이나 밀리리터가 아니라 몰의 비율이며, 이것이 바로 모든 화학양론적 계산이 측정된 양에서 예측된 양으로 가는 도중에 물을 거쳐야 하는 이유이다.

이 실험실에서는 중화 반응을 통해 그 예측을 시험합니다. 황산은 이가 산입니다. 즉, 각 화학식 단위가 두 개의 양성자를 방출할 수 있으므로, 자신의 1 몰당 수산화나트륨 2 몰이 필요하며, 균형 맞춘 반응식은 다음과 같습니다: $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2 \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$. 두 생성물 모두 생성되는 순간에는 보이지 않습니다. 황산나트륨은 용해된 상태로 남아 있고 새로 생긴 물은 이미 존재하던 물과 합쳐지기 때문입니다. 따라서 생성된 물질을 확인할 수 있는 유일한 방법은 용매를 제거하는 것입니다.

이 실험에서 여러분은 이미 무게를 측정한 도자기 접시에 1.0 mol/L 황산 10 mL와 2.0 mol/L 수산화나트륨 10 mL를 피펫으로 넣고, 핫플레이트에서 물을 끓여 날린 뒤, 70 °C에서 잔류물을 건조시키고, 접시의 무게를 다시 측정할 것입니다. 접시, 거름종이, 그리고 저어대(stir bar)가 두 번 모두 저울 위에 올라가기 때문에, 뺄셈 과정에서 그들의 질량은 상쇄되며 그 차이는 소금만의 질량이 됩니다. 그렇게 측정된 질량은 화학 반응식이 예측하는 질량과 비교됩니다. 소금이 아니라 그 비교가 바로 이 실험의 결과입니다.

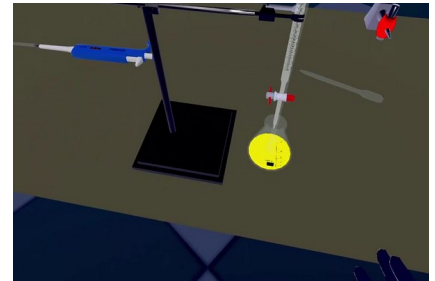
학습 목표

- 균형 화학 반응식 해석하기
- 농도, 부피, 양, 질량 간의 상호 환산
- 화학양론적 양과 한계 반응물 인식하기
- 정량적 실험 기법
- 용해된 생성물 분리하기
- 측정값과 예측값 비교하기
- 부식성 물질 및 고온 장비의 안전한 취급

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/51-화학량론-3분기-2025/

052 — 산-염기 적정 2

IB Programme	Chemistry — Neutralization
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 3 – Chemical change
NGSS (HS)	HS-PS1-2; HS-PS1-7 · SEP 3, SEP 5 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Titration and stoichiometry calculations



개요

적정(titration)은 눈으로 보고 알 수 없는 질문, 즉 녹아 있는 물질이 얼마나 존재하는가에 대한 답을 구하는 표준적인 방법이다. 농도를 알고 있는 용액을 미지의 용액이 담긴 측정된 부피에 작고 조절된 양으로, 완전히 반응하여 소모될 때까지 첨가한다. 필요한 부피는 뷰렛에서 읽어내며, 화학 반응식에 의해 두 물질의 반응 비율이 고정되어 있으므로 그 부피를 통해 미지의 농도를 직접 알 수 있다. 정수장, 유가공 공장, 와이너리, 수영장 관리자, 임상 실험실 등에서는 매일 적정을 수행하며, 이 기법은 더 빠른 기기 분석법을 교정하는 기준 방법으로 남아 있다.

기저의 화학 반응은 중화입니다. 염산과 수산화나트륨은 1 몰 대 1 몰로 반응합니다. $\text{HCl(aq)} + \text{NaOH(aq)} \rightarrow \text{NaCl(aq)} + \text{H}_2\text{O}$ 따라서 산이 정확히 소모된 순간, 첨가된 염기의 양은 존재하던 산의 양과 같아집니다. 그 순간이 당량점이며, 염화나트륨은 강산과 강염기의 염이기 때문에 그 이온 중 어느 것도 물과 반응하지 않으며 당량점에서의 용액은 정확히 중성인 pH 7.00 이 됩니다. 문제는 그것을 육안으로 확인하는 것입니다. 당량점을 지날 때 용액의 색이 변하도록 지시약 (여기서는 pH 6.0 미만에서는 노란색이고 pH 7.6 초과에서는 파란색인 브로모 thymol 블루)이 첨가됩니다.

이 실험에서 여러분은 50 mL 뷰렛을 스탠드에 집기로 고정하고, 메니스커스가 0에 맞춰지고 꼭에 기포가 없도록 2.0 mol/L 수산화나트륨을 채운 다음, 농도를 모르는 염산 10 mL를 피펫으로 삼각플라스크에 넣고 브로모티몰 블루 세 방울을 떨어뜨릴 것입니다. 그런 다음 노란색 용액이 색이 변할 때까지, 염기를 한 방울씩 떨어뜨리면서 매번 섞어주며 적하할 것입니다. 방울 수를 세면 투입된 염기의 부피를 알 수 있으며, 그 부피로부터 두 줄의 산술 연산을 통해 산의 농도가 도출됩니다. 이것은 모음집에서 최초의 진정한 적정 실험입니다. 실험 047은 제목에도 불구하고 뷰렛도 없고 당량점도 없는 색민감법적 pH 측정입니다.

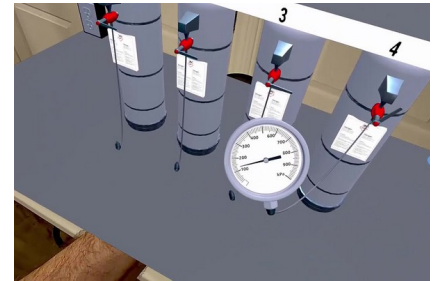
학습 목표

- 부피 분석의 원리
- 중화 반응의 화학량론
- 지표 선택 및 읽기
- 부피 측정 유리 기구 사용법
- 데이터 처리와 정밀도
- 농축 부식성 물질 취급 시 안전 수칙

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/052-산염기-적정-2/

053 — 기체의 압력

IB Programme	Chemistry — States of Matter
Secondary Programme	DP Chemistry / DP Physics
Syllabus Reference	Structure 1.5 – Ideal gases / B.3 Gas laws
NGSS (HS)	HS-PS1-3; HS-PS3-2 · SEP 4, SEP 5 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-4
Summary	Measuring gas pressure with a manometer



개요

압력은 면적에 걸쳐 작용하는 힘이며, 기체의 경우 압력은 수많은 분자들이 용기 벽면에 충돌하는 누적 효과입니다. 이는 기체의 성질 중 계기판에서 직접 읽어낼 수 있는 몇 안 되는 특성 중 하나이며, 이것이 기체를 다루는 거의 모든 실무가 압력 측정으로 시작하는 이유입니다. 다이버가 입수하기 전에 공기통을 확인하는 것, 기술자가 냉동 사이클에 냉매를 주입하는 것, 간호사가 의료용 산소 조절기로 작업을 하는 것, 정비사가 타이어 공기압을 설정하는 것이 그 예입니다. 이러한 경우들에서 거의 예외 없이 수치를 읽어내는 기기는 1849년 외젠 부르통이 특허를 취득하고 170년이 지난 지금까지도 표준으로 남아 있는 부르통 다이얼 게이지입니다.

이러한 게이지 내부에는 호 모양으로 구부러져 한쪽 끝이 밀폐된 납작한 금속 튜브가 들어 있습니다. 내부 압력이 높아지면 타원형 단면이 더 둥글게 되고, 단면이 둥글게 변하는 튜브는 더 곧게 펴져야 하므로 밀폐된 끝부분이 약간의 거리를 두고 바깥쪽으로 움직이게 됩니다. 연결 장치와 랙 앤 피니언은 그 움직임을 증폭시켜 다이얼 위에서 바늘이 움직이게 만듭니다. 전기적으로 측정되는 것은 없으며 전원 공급 장치도 필요하지 않습니다. 금속 조각의 변형이 그 일을 하고 있는 것입니다. 튜브의 바깥쪽이 실내에 노출되어 있기 때문에 게이지는 내부 압력과 바깥쪽 대기압의 차이에 반응하며, 대기 중에 노출되어 있을 때 게이지 압력은 0을 가리킵니다.

이 실험실에서 여러분은 네 개의 밀봉된 가스 실린더에 담긴 압력을 측정하게 됩니다. 각각의 실린더마다 차례로 게이지를 실린더 호스에 연결하고, 밸브를 살짝 열어 바늘이 안정되도록 둔 뒤, 다이얼의 눈금을 킬로파스칼(kPa) 단위로 읽고, 밸브를 닫은 후 다음 실린더로 넘어가기 전에 호스를 분리해야 합니다. 이 기법은 간단하지만 그 원칙이 핵심입니다. 즉, 열기 전에 연결하고, 바늘이 멈춘 후에만 수치를 읽으며, 무엇이든 분리하기 전에 밸브를 닫아야 합니다. 이렇게 얻은 측정값들은 이후 가스 실험실에서 진행되는 모든 과정—실험실 054와 055에서의 압력-부피 관계, 그리고 실험실 056에서의 온도 효과—의 기초 자료가 됩니다.

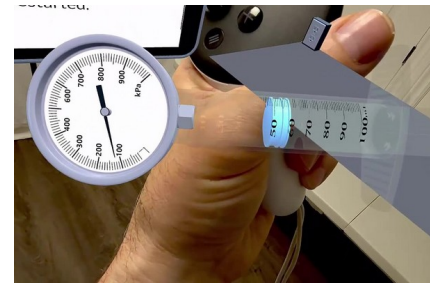
학습 목표

- 압력이란 무엇인지 이해하기
- 부르통 다이얼 게이지 작동 방법
- 아날로그 눈금 읽기
- 게이지압과 절대압
- 압력 단위 다루기
- 압축 가스의 안전한 취급

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/기체의-압력/

054 — 기체의 부피와 압력의 관계 1

IB Programme	Chemistry — Energy & Systems
Secondary Programme	DP Chemistry / DP Physics
Syllabus Reference	Structure 1.5 – Ideal gases
NGSS (HS)	HS-PS3-2 · SEP 4, SEP 5 · CCC 1, CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-4
Summary	Boyle’s Law experiment



개요

기체는 고정된 크기가 없다. 기체를 압축하면 더 적은 공간을 차지하고, 압력을 풀면 다시 팽창한다. 엔지니어들은 자전거 펌프, 엔진의 압축 행정, 스쿠버 호흡기, 공기압 브레이크, 주사기를 설계할 때마다 이러한 거동에 의존하며, 이것이 바로 호흡의 원리이기도 하다. 흉곽이 커지면 폐 내부의 압력이 방안의 압력보다 낮아지고 공기가 유입되는 것이다. 이 모든 현상의 이면에 있는 정량적 법칙이 바로 보일의 법칙이다. 일정한 온도에서 일정량의 기체는 $P \times V = \text{일정함}$ 을 만족하므로, 압력과 부피는 반비례한다.

미시적인 이유는 압력이란 분자들이 용기의 벽에 부딪히는 힘이 누적된 것에 불과하기 때문이다. 기체를 압축한다고 해서 분자들이 더 빨라지는 것은 아니며, 그것은 기체를 가열해야만 가능한 일이다. 압축은 같은 수의 분자를 더 좁은 공간에 밀어 넣는 것이므로, 매초 더 많은 분자들이 벽에 도달하게 되고 단위 면적당 받는 힘은 붐비는 정도에 정확히 비례하여 증가한다. 부피를 절반으로 줄이면 압력은 두 배가 되고, 부피를 두 배로 늘리면 압력은 절반이 된다.

이 실험에서 여러분은 눈금 주사기 안에 실내 공기 정확히 50 mL를 밀폐하여 기밀 피팅을 통해 다이얼 압력계에 연결한 다음, 먼저 피스톤을 100 mL 쪽으로 당기고 나서 20 mL 쪽으로 밀어 넣으며 작은 단계별로 부피를 변화시키고, 각 단계마다 압력을 읽을 것입니다. 압력을 부피에 대해 그래프로 그리며 쌍곡선이 되고, 부피의 역수에 대해 그래프로 그리면 그 쌍곡선이 원점을 통과하는 직선으로 퍼지며, 이 직선의 기울기는 상수 P 입니다.1V1. 각 단계가 끝날 때마다 플런저를 50 mL로 되돌리고 시작 압력이 다시 돌아오는 것을 확인하는 것은 해당 실험을 신뢰할 수 있는지 여부를 결정하는 누출 테스트입니다.

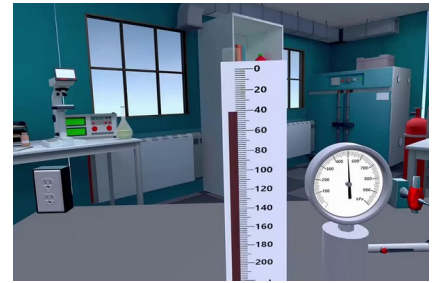
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 밀폐형 가스 시스템 취급
- 측정 및 데이터 기록
- 보일의 법칙의 정량적 처리
- 실험 통제와 타당도

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/기체의-부피와-압력의-관계-1/

055 — 기체의 부피와 압력의 관계 2

IB Programme	Chemistry — Energy & Systems
Secondary Programme	DP Chemistry / DP Physics
Syllabus Reference	Structure 1.5 – Ideal gases
NGSS (HS)	HS-PS3-2 · SEP 4, SEP 5 · CCC 1, CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-4
Summary	Advanced Boyle's Law demonstration



개요

보일 장치는 최초의 기체 법칙을 측정 가능하게 만든 기구이며, 그 버전 중 하나는 여전히 대부분의 물리학 및 화학 교육 실험실에 남아 있습니다. 일정량의 공기가 오일 저장소 위쪽의 눈금이 매겨진 수직 관에 갇혀 있습니다. 오일은 압축되지 않고 기체가 새지 않으므로, 완벽하게 밀폐되고 마찰 없이 미끄러지는 피스톤처럼 작동합니다. 저장소에 공기를 펌프질해 넣으면 오일이 상승하여 갇힌 기체 기둥을 점점 더 작은 공간으로 압축하고, 그동안 압력계가 압력을 기록합니다. 이와 동일한 원리가 자전거 펌프, 엔진의 압축 행정, 에어로졸 캔, 상승할 때의 다이버 폐, 그리고 중장비의 유압 축압기를 지배합니다.

측정 중인 관계는 보일의 법칙입니다. 즉, 일정한 온도에서 일정량의 기체에 대해 $P \times V$ 는 상수입니다. 압력은 분자들이 벽에 부딪히는 누적된 힘이므로, 동일한 수의 분자를 절반의 공간에 채우면 분자들이 도달하는 빈도가 두 배가 되고 압력도 두 배가 됩니다. 이 법칙이 정확하게 성립하려면 두 가지 조건을 충족해야 하며, 두 조건 모두 장비를 주의 깊게 조작해야만 충족할 수 있습니다. 즉, 갇힌 기체의 양이 변하지 않아야 하며(이는 오일 씰이 보장하는 것입니다), 온도가 변하지 않아야 합니다(이것이 압축 공기를 식힐 시간을 준 뒤에야 기록하는 이유입니다).

이 실험실에서 여러분은 핸드 펌프를 연결하고, 콕이 열려 있는지 확인한 다음, 기름이 올라가고 공기 기둥이 줄어드는 것을 지켜보면서 압력계가 약 500 kPa 을 가리킬 때까지 펌프질을 할 것입니다. 그런 다음 밸브를 닫고, 압축된 공기가 실온으로 돌아올 때까지 1 분 동안 기다린 후, 공기 기둥의 부피와 압력을 기록합니다. 공기를 단계별로 방출하면 압축된 기둥에서 원래의 전체 200 mL 로 돌아갈 때까지의 일련의 대응되는 측정값이 얻어집니다. 압력을 부피에 대해 플롯하면 쌍곡선이 생성되며, 압력을 $1/V$ 에 대해 플롯하면 그 곡선이 원점을 지나는 직선으로 펴지고, 이 직선의 기울기는 밀봉된 시료에 대한 보일 상수입니다.

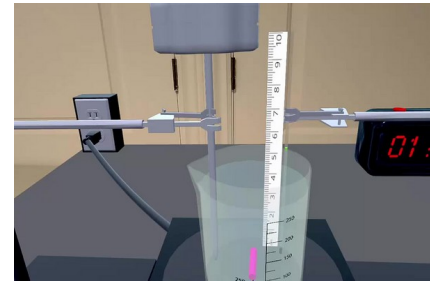
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 가압 시스템의 안전한 작동
- 측정 및 데이터 기록
- 보일의 법칙의 정량적 처리
- 측정값의 비판적 평가

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/기체의-부피와-압력의-관계-2/

056 — 기체의 온도와 부피의 관계

IB Programme	Chemistry — Change, Energy
Secondary Programme	DP Chemistry / DP Physics
Syllabus Reference	Structure 1.5 – Ideal gases
NGSS (HS)	HS-PS3-2 · SEP 4, SEP 5 · CCC 1, CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-4
Summary	Charles' Law experiment



개요

기체를 가열하면 부피가 팽창한다. 이 단순한 사실 하나 덕분에 열기구가 하늘에 떠 있을 수 있고, 방 안의 공기를 순환시키는 대류 현상이 일어나며, 빵이 부풀어 오르고, 겨울철 첫 추운 아침에 자동차 타이어 공기압 경고등이 켜지게 된다. 정량적으로 표현하면 이는 샤를의 법칙이다. 일정한 압력에서 일정량의 기체의 부피는 다음과 비례한다. 절대적인 온도, $V/T = \text{일정}$. '절대'라는 단어가 핵심 역할을 합니다. 즉, 이 비례 관계는 물의 빙점이 아니라 분자 운동이 멈추는 지점부터 온도를 측정할 때만 성립합니다.

그 이유는 보일의 법칙을 설명하는 것과 같은 운동학적 그림을 반대로 적용한 것이다. 온도는 분자들이 얼마나 빠르게 움직이는지를 결정한다. 기체를 가열하면 각 분자가 벽에 더 강하게 그리고 더 자주 부딪히므로, 만약 갇혀 있다면 압력이 상승할 것이다. 여기서는 갇혀 있지 않다. 기체는 외부 방의 압력과 충돌이 다시 균형을 이룰 때까지 충분히 퍼질 때까지 관을 따라 밀폐 마개를 자유롭게 밀어낸다. 기체가 안착하는 부피는 절대 온도에 비례한다.

이 실험에서 여러분은 내부 반지름이 0.5 mm 인 유리 모세관 속에 짧은 공기 기둥을 가두게 되며, 이 기둥은 자유롭게 미끄러지고 새지 않는 올리브 오일 방울에 의해 상단이 밀봉됩니다. 관은 자의 옆에 고정되고 교반 가열판 위의 얼음물이 담긴 비커에 담잠됩니다. 목욕물을 약 10 도 간격으로 데우고 각 단계에서 물방울 아랫부분의 높이를 읽으면 열 개의 온도와 길이 쌍을 얻게 됩니다. 내경이 균일하기 때문에 높이는 이다 부피가 상수 배만큼 비례하므로, 높이를 온도에 대해 그린 그래프는 샤를의 법칙을 나타내는 그래프가 되며, 그 직선이 높이 영(0)에 도달하는 지점은 따뜻한 방 안의 벤치에서 찾아낸 절대영도입니다.

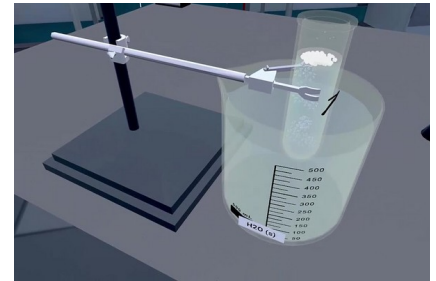
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 밀봉된 샘플 준비 중
- 측정 및 데이터 기록
- 샤를의 법칙의 정량적 처리
- 측정값의 비판적 평가

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/기체의-온도와-부피의-관계/

057 — 기체 용해도와 온도의 관계

IB Programme	Chemistry — Change & Systems
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 1 – Energy changes
NGSS (HS)	HS-PS1-5; HS-PS3-2 · SEP 4 · CCC 1, CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-4
Summary	Temperature dependence of solubility



개요

모든 탄산음료는 압력 하에서 액체 속에 갇힌 기체이며, 그중 어떤 것이든 결국에는 김이 빠지게 마련이다. 그 일상적인 관찰 이면에 있는 관계는 단순한 호기심거리가 아니다. 그것은 강이 물고기를 위해 얼마나 많은 산소를 품을 수 있는지, 바다가 대기로부터 얼마나 많은 이산화탄소를 흡수하는지, 양조장이 제품에 어떻게 탄산을 주입하는지, 수처리 시설이 보일러 급수관을 부식시키기 전에 용존 기체를 어떻게 제거하는지, 그리고 혈액 가스 검체가 실험실로 가는 동안 왜 차갑게 유지되어야 하는지를 좌우한다. 각각의 경우에서 중요한 양은 액체에 녹아 있는 기체의 농도이며, 그것을 결정하는 것은 액체 위 기체의 압력과 액체 자체의 온도라는 두 가지 요인이다.

이를 지배하는 관계는 헨리의 법칙입니다. 평형 상태에서 용해된 기체의 농도는 용액 위 기체의 부분압에 비례합니다. 비례 상수는 온도에 따라 크게 달라지며, 기체의 경우 대부분의 고체와는 반대 방향으로 움직입니다. 즉, 액체를 가열하면 더 많은 기체를 녹이는 것이 아니라 용해된 기체를 밖으로 밀어냅니다. 그 이유는 기체의 용해는 열을 방출하기 때문에 르샤틀리에의 원리에 따라 열을 가하면 평형이 다시 기체 상(相) 쪽으로 이동하기 때문입니다. 이번 실험에서는 탄산수가 들어 있는 밀폐된 시험관 세 개를 각각 얼음물, 뜨거운 물, 실험대 위에 두어 서로 다른 세 가지 온도로 유지한 다음, 마개를 열고 각각에서 거품이 지속되는 시간을 측정할 것입니다. 시험관들 사이에서 다른 점은 오직 온도뿐이며, 액체의 종류, 부피, 초기 압력은 세 시험관 모두 동일하므로 결과의 차이는 오직 온도에 기인합니다.

학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 통제 비교의 구축
- 스탠드 및 범용 클램프의 조작
- 관찰과 타이밍
- 헨리의 법칙의 응용
- 열역학적 추론
- 증거에 대한 비판적 평가

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/기체-용해도와-온도의-관계/

059 — 반응 속도와 엔탈피

IB Programme	Chemistry — Reaction kinetics
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 1 – Energy cycles
NGSS (HS)	HS-PS1-4; HS-PS1-5 · SEP 3, SEP 6 · CCC 5, CCC 7
NGSS (MS)	MS-PS1-6
Summary	Calorimetry and reaction enthalpy



개요

열량측정법은 식품 라벨의 칼로리 수치, 연료의 발열량, 배터리가 충전되는 동안 방출하는 폐열, 댐 벽에서 콘크리트가 양생될 때 방출되는 열 등 모든 것의 에너지 함량을 측정하는 방법입니다. 그 방식은 결코 변하지 않습니다. 열 capacity가 알려진 단열 용기 안에서 공정을 진행하고 내부의 온도 변화를 측정하는 것입니다. 여기서 공정은 마그네슘 금속과 염산의 반응, $\text{Mg(s)} + 2 \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_2(\text{수성}) + \text{H}_2(\text{g})$ 는 학교 수준에서 이용할 수 있는 가장 강력한 발열 반응 중 하나입니다.

마그네슘의 금속 결합과 산의 수화된 양성자에 저장된 에너지는 반응이 진행됨에 따라 방출되며, 열량계는 외부로 손실하는 열이 거의 없기 때문에 그 대부분이 액체의 온도 상승으로 나타납니다. 그 온도 상승의 크기를 측정하면 반응 엔탈피를 알 수 있습니다. 온도가 끝날 때 한 번 읽히는 것이 아니라 지속적으로 기록되기 때문에, 동일한 실험을 통해 두 번째 질문에도 동시에 답할 수 있습니다. 즉, 온도가 얼마나 가파르게 상승하고 언제 평탄해지는지를 통해 반응이 얼마나 빠르게 진행되는지를 알 수 있습니다. 이 두 가지 대답은 서로 연결되어 있는데, 반응이 방출하는 열이 혼합물을 데우고, 더 따뜻해진 혼합물은 더 빨리 반응하기 때문입니다. 이번 실험에서는 100 mL의 염산을 열량계에 넣고 온도를 기록한 뒤, 약 0.2 g의 마그네슘 가루를 달아서 넣고, 뚜껑을 닫고, 교반기와 스톱워치를 작동시킨 후, 온도가 상승을 멈출 때까지 태블릿의 그래프로 온도를 관찰하게 됩니다.

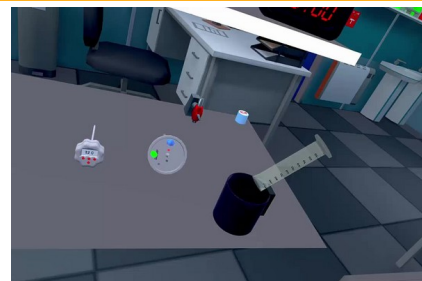
학습 목표

- 열량계 벤치 익히기
- 저울과 칭량 접시의 사용법
- 열량계 작동
- 실시간으로 반응을 지켜보며
- 엔탈피 계산
- 반응 속도
- 측정값의 비판적 평가

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/반응-속도와-엔탈피/

060 — 분자 간 반응 속도

IB Programme	Chemistry — Change, Energy
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 2.2 – Rate of reaction
NGSS (HS)	HS-PS1-5 · SEP 2, SEP 4 · CCC 2
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Comparing a metal with its oxide



개요

두 가지 물질, 하나의 산, 하나의 열량계, 그리고 단 한 번의 실험으로는 답할 수 없는 질문: 마그네슘이 산소 속에서 탈 때 방출되는 에너지는 얼마인가? 마그네슘은 너무나 맹렬하고 너무나 밝게 타올라 학교 실험실의 열량계로 직접 측정할 수 없으며, 비커의 물속에서 서서히 일어나도록 유도할 수도 없다. 이 문제를 해결하는 방법은 열화학의 표준적인 요령, 즉 두 가지 반응을 측정하는 것이다. 할 수 있다 안전하게 수행한 뒤, 산술적으로 결합하여 측정할 수 없는 반응에 도달하는 것입니다. 그것이 바로 헤스의 법칙입니다. 엔탈피는 상태 함수이므로 두 상태 간의 에너지 변화는 그 사이에 취한 경로에 의존하지 않으며, 따라서 측정하기 불가능한 반응을 측정하기 쉬운 반응들로 조합하여 구성할 수 있습니다.

여기서 진행하는 것은 두 가지 간단한 반응이다. 마그네슘 금속이 염산에 녹아 수소 기체와 염화마그네슘 용액을 생성하고, 산화마그네슘은 같은 염산에 녹아 수소 대신 같은 용액과 물을 생성한다. 둘 다 발열 반응이며, 몇 분 안에 완결되고, 묽은 산을 사용하면 밀폐된 용기에서도 안전하다. 한 반응에서 다른 반응을 빼고 액체 물의 알려진 생성 엔탈피를 더하면 정확히 마그네슘의 연소 반응이 남는다. 이번 실험에서는 1 mol/L 염산 100 mL 가 담긴 동일한 열량계에서 두 반응을 차례대로 진행하고, 각 반응 전후의 온도를 기록하며, 온도-시간 그래프 하나로 두 반응을 모두 나타낼 것이다. 이를 통해 동일한 원소 사이의 두 반응이라도 매우 다른 속도로 매우 다른 양의 에너지를 방출할 수 있다는 실험의 두 번째 요점도 확인할 수 있다.

학습 목표

- 열량계 벤치 익히기
- 반복 측정을 깔끔하게 수행하기
- 동일한 금속의 두 가지 반응
- 열량 측정
- 헤스의 법칙
- 효율과 에너지 비교
- 결과에 대한 비판적 평가

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/분자-간-반응-속도/

061 — 반응 속도에 대한 접촉 표면의 영향 1

IB Programme	Chemistry — Change, Energy
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 2.2 – Rate of reaction
NGSS (HS)	HS-PS1-5 · SEP 3, SEP 4 · CCC 2
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Surface area and reaction rate



개요

고체를 갈아 부수는 것은 느린 반응을 빠르게 만드는 가장 오래된 방법 중 하나이다. 제약용 알약은 예측 가능한 속도로 용해되도록 통제된 입자 크기로 분쇄되고, 시멘트는 콘크리트가 굳는 속도를 결정하기 때문에 규정한 미세도로 분쇄되며, 화력발전소는 같은 석탄 덩어리가 몇 시간 동안 smoulder 할(불완전 연소할) 곳에서 분쇄된 석탄을 몇 초 만에 연소시킨다. 이 어떤 경우에도 화학적 성질은 변하지 않았다. 변한 것은 반응이 일어날 수 있는 표면적의 양이다.

고체와 용액 사이의 반응은 두 상이 만나는 곳에서만 일어날 수 있으므로, 그 반응 속도는 접촉면의 넓이에 비례합니다. 일정한 질량의 금속을 더 작은 조각들로 나누면 질량, 몰 수, 방출 가능한 총 에너지는 원래와 정확히 같지만, 산이 도달할 수 있는 표면적은 배가 됩니다. 따라서 표면적은 반응이 얼마나 멀리 가는지 또는 열을 얼마나 방출하는지에는 영향을 주지 않으면서 반응이 얼마나 빨리 일어나는지(반응 속도)를 변화시키며, 이 두 가지 개념을 구분하는 것이 이 실험의 주요 지적 과제입니다.

이 실험실에서 여러분은 하나의 반응을 두 번 진행하되 그중 한 가지 요소를 변경하게 됩니다. 두 파트 모두 교반기와 디지털 온도계가 장착된 밀폐형 열량계 안의 1 mol/L 염산 100 mL에 0.60 g의 마그네슘을 넣습니다. 파트 1에서는 마그네슘 가루를 사용하고, 파트 2에서는 동일한 질량의 마그네슘 리본을 사용합니다. 각 실험(run)마다 초기 온도를 기록하고, 태블릿 그래프에서 시간에 따른 온도 변화를 관찰하며, 최고 온도를 읽어내고 반응이 완료되는 데 걸리는 시간을 측정합니다. 두 실험은 동일한 몰수의 마그네슘을 포함하기 때문에 동일한 양의 열을 방출할 것으로 예상됩니다. 여러분이 비교해야 할 대상은 그 열이 발생하는 속도입니다.

학습 목표

- 표면적과 반응 속도
- 온도-시간 곡선 읽기
- 속도를 에너지로부터 분리하기
- 정량적 열량계측법
- 통제된 비교와 실험실 실습

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/반응-속도에-대한-접촉-표면의-영향/

062 — 반응 속도에 미치는 표면 접촉의 영향 2

IB Programme	Chemistry — Change, Energy
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 2.2 – Rate of reaction
NGSS (HS)	HS-PS1-5 · SEP 3, SEP 4 · CCC 2
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Surface area, concentration and acid strength



개요

석회암은 두 물질이 만나는 곳마다 산(酸)의 공격을 받으며, 그 결과는 산업적 규모에서 지질학적 규모에 이르는 다양한 수준으로 나타납니다. 연도가스는 곱게 간 석회암으로 세정되는데, 이는 덩어리 형태라면 며칠이 걸릴 반응이 가루 상태에서는 몇 분 만에 일어나기 때문입니다. 오래된 건물의 조각된 석조물은 표면이 얼마나 풍화되고 다공성이 되었느냐에 따라 달라지는 속도로 산성비에 의해 부식됩니다. 그리고 지하수에 녹아든 이산화탄소 외에는 아무런 강한 성분도 포함하지 않은 물에 의해 석회암 전체 동굴 시스템이 용해되어 만들어집니다. 각각의 경우에서 반응은 모두 동일하며, 차이가 나는 것은 오직 반응이 진행되는 속도뿐입니다.

그 반응 속도를 지배하는 것은 세 가지 요소이다. 고체가 제공하는 표면적의 크기, 산의 농도, 그리고 산이 양성자를 얼마나 쉽게 내놓는가 하는 점이다. 앞의 두 가지는 산과 탄산염 사이의 초당 충돌 횟수에 영향을 미치고, 세 번째 요소는 존재하는 산 분자 중 어느 정도가 실제로 어떤 순간에 해리되어 있는가에 영향을 미친다. 이 세 가지는 한 번에 하나씩 변화시키며 반응 시간을 측정함으로써 실험적으로 분리될 수 있으며, 이것이 바로 이 실험실에서 하는 일이다.

탄산칼슘과 산의 반응 네 가지를 교반 가열판 위에서 실행하고 각각 완료될 때까지의 시간을 측정합니다. 실험 A—2 몰/L 염산 100 mL 속의 분말 형태 탄산칼슘 2.71 g—는 기준이며, 나머지 세 실험은 각각 정확히 한 가지만 변경합니다. 실험 B는 강산을 동일한 농도의 에타산으로 대체하고, 실험 C는 분말을 동일한 물질의 덩어리로 대체하며, 실험 D는 염산의 농도를 절반으로 줄입니다. 모든 실험에서 산이 큰 과량으로 존재하므로 네 실험 모두 완료까지 진행되며 달라지는 유일한 양은 소요 시간뿐입니다. 각 실험을 차례로 A와 비교함으로써 산의 강도, 접촉 표면적, 그리고 농도의 효과를 각각 분리하여 알 수 있습니다.

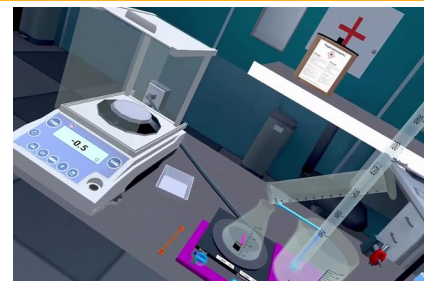
학습 목표

- 접촉 면적과 반응 속도
- 농도와 반응 속도
- 강산과 약산
- 실험 설계 및 측정
- 실험 실습

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/접촉면적-반응-속도에-미치는-영향-2/

063 — 농도가 반응 속도에 미치는 영향 1

IB Programme	Chemistry — Change, Energy
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 2.2 – Rate of reaction
NGSS (HS)	HS-PS1-5 · SEP 3, SEP 4 · CCC 2
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Concentration and rate of gas production



개요

반응에서 발생하는 기체를 포집하는 것은 반응의 진행 상황을 추적하는 가장 오래된 방법 중 하나이자 여전히 가장 직관적인 방법 중 하나입니다. 뷰렛에 나타나는 1 밀리리터마다 알려진 수의 분자를 의미하므로, 눈금 실린더와 스톱워치만 있으면 화학적 변화를 곡선으로 나타내기에 충분합니다. 수소 생성, 발효, 바이오매스의 혐기성 소화, 콘크리트 양생 등 기체가 공정의 생성물이나 부산물인 곳이라면 어디서나 산업적으로 동일한 측정이 사용되며, 분석실에서는 이를 통해 탄산염 함량과 발포 정의 강도를 결정합니다.

고체와 용해된 시약 간의 반응 속도는 두 물질이 만나는 표면에서 결정된다. 용해된 분자들은 단위 부피당 분자 수에 비례하는 빈도로 그 표면에 도달하므로, 산의 농도를 두 배로 높이면 초당 유효 충돌 횟수가 대략 두 배가 된다. 따라서 농도는 반응이 진행되는 속도에는 영향을 미치지만 반응이 도달하는 거리(정도)에는 영향을 미치지 않는다. 생성물의 양은 둘 중 먼저 소모되는 시약에 의해 결정되는데, 이 경우 항상 마그네슘이 그 역할을 한다.

이 실험실에서는 비커 위에 거꾸로 세운 물 채운 가스 뷰렛을 조립하고, 교반되는 삼각플라스크에서 약 0.2g의 마그네슘 분말을 150mL의 염산과 반응시킨 후, 10 초마다 포집된 수소의 부피를 읽습니다. 마그네슘의 질량은 일정하게 유지한 채, 산의 농도를 0.3, 0.2, 0.5 mol/L의 세 가지 농도로 반복하여 오직 변수만이 산의 세기가 되도록 합니다. 세 개의 곡선을 비교함으로써 동역학 실험이 항상 구분해야 하는 두 가지 질문, 즉 반응이 얼마나 빨리 진행되는가와 얼마나 많은 양을 생성하는가를 분리해 냅니다.

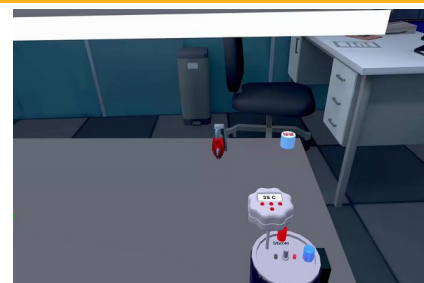
학습 목표

- 가스 포집 장치의 조립 및 작동
- 화학량론과 기체 법칙
- 화학반응속도론
- 정량적 측정과 그래프 그리기
- 데이터 해석
- 안전 및 폐기물 처리

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/반응-속도에-대한-농도-영향-1/

064 — 반응 속도에 대한 농도의 영향 2

IB Programme	Chemistry — Change, Energy
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 2.2 – Rate of reaction
NGSS (HS)	HS-PS1-5 · SEP 3, SEP 4 · CCC 2
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Concentration and reaction rate



개요

열을 방출하는 반응은 스스로의 진행 과정을 알린다. 열이 발생한 곳에 머물도록 용기가 충분히 단열되어 있다면, 내용물의 온도가 일어난 반응량에 발맞추어 상승하므로 온도계가 한번에 시계이자 자가 된다. 즉, 상승한 높이는 얼마나 반응했는지를 말해 주고, 상승의 가파름은 얼마나 빠르지를 말해 준다. 화학 공학자들은 산업용 반응기를 제어하는 데 정확히 이 측정값을 사용하는데, 여기서 폭주(runaway)는 냉각이 제거할 수 있는 것보다 더 빠르게 올라가는 온도로 감지되며, 이러한 종류의 열량 측정법을 통해 연료나 식품의 에너지 함량이 공인된다.

두 가지 별개의 것이 동일한 추적에서 읽히고 있으며, 그것들을 구분하는 것이 실험실의 존재 이유입니다. 어떻게 멀리 반응은 먼저 소모되는 시약에 의해 결정되며, 여기서는 항상 마그네슘입니다. 동일한 질량의 금속은 동일한 양의 열을 방출하므로, 산이 무엇이든 최종 온도는 같습니다. 어떻게 빠른 그 반응은 금속 표면에서 일어나며, 이곳에는 용해된 하이드로늄 이온이 용액 1 밀리리터당 존재하는 이온의 수에 비례하는 속도로 도달합니다. 농도를 두 배로 높이면 반응은 대략 절반의 시간 만에 끝나며, 어차피 도달했을 것과 같은 온도에서 끝나게 됩니다.

이 실험실에서 여러분은 교반형 열량계 안에서 약 0.4g의 마그네슘 분말을 100mL의 염산과 반응시키고, 태블릿의 그래프에서 온도를 추적하며, 총 온도 상승량과 반응이 완료되는 데 걸리는 시간을 모두 기록하게 됩니다. 그런 다음 두 배 농도의 산을 사용하여 이 실험을 반복합니다. 두 실험 사이에는 농도만 변하기 때문에, 두 반응 시간의 쌍은 반응이 일어난다는 사실을 관찰하는 것뿐만 아니라, 반응 속도가 농도에 얼마나 강하게 의존하는지, 즉 반응 차수를 측정하는 데 충분합니다.

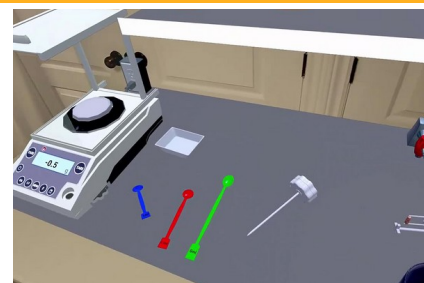
학습 목표

- 열량계의 작동
- 열화학
- 화학량론과 한계 반응물
- 화학반응속도론
- 데이터의 측정 및 해석
- 안전 및 폐기물 처리

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/농도가-반응-속도에-미치는-영향-2/

065 — 헤스의 법칙

IB Programme	Chemistry — Energy, change
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 1.2 – Energy cycles
NGSS (HS)	HS-PS1-4 · SEP 5, SEP 6 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-6
Summary	Thermodynamics and enthalpy relationships



개요

열량측정법은 화학이 열에 수치를 부여하는 방식이다. 용기는 단열되어 어떤 공정이 방출하거나 흡수한 에너지가 그 내용물 안에 머무르도록 하고, 그 내용물의 온도를 전후로 측정하며, 에너지는 질량, 비열 용량, 그리고 온도 변화로부터 도출된다. 이런 방식으로 얻어진 수치들은 공정 엔지니어가 냉각 자켓의 크기를 정할 때 사용하는 것이며, 식품 실험실이 칼로리 수치로 보고하는 것이고, 석회나 시멘트 공장이 석회암에서 이산화탄소를 몰아내는 데 필요한 연료를 산정할 때 사용하는 것이다.

그 측정은 엔탈피가 상태 함수이기 때문에 할 가치가 있습니다. 한 물질 상태에서 다른 물질 상태로 갈 때 교환되는 열은 그 경로가 아니라 오직 그 물질들이 무엇이냐에 의해서만 결정됩니다. 그것이 헤스의 법칙입니다. 이는 직접 측정하기에는 너무 느리거나, 너무 격렬하거나, 불순물이 너무 많은 반응이라도 시작과 끝이 올바른 위치에 있는 임의의 단계들의 엔탈피를 더함으로써 여전히 얻어낼 수 있음을 의미합니다. 또한 이는 측정된 열 그 자체로는 아무것도 말해주지 않으며, 그것을 발생시킨 물질의 양으로 나누어야 하므로 모든 열량 측정 결과는 몰 수 계산과 한계 반응물에서 시작된다는 것을 의미합니다.

이 실험실에서는 동일한 열량계에서 다섯 가지 공정을 실행하고 각각의 전후 온도를 기록하게 됩니다. 두 가지는 물리적 공정으로, 에탄올이 물과 섞이는 것과 염화암모늄이 물에 녹는 것입니다. 이들은 반대 방향으로 열을 교환합니다. 하나는 측정 가능한 변화가 일어나지 않는 대조군입니다. 나머지 두 가지는 화학적 공정으로, 탄산칼슘이 염산과 반응하는 것과 염산이 수산화나트륨에 의해 중화되는 것입니다. 여러분은 각 온도 변화를 몰당 엔탈피로 변환하고, 다섯 가지를 서로 비교한 다음, 헤스의 법칙을 사용하여 이 중 가장 작은 값이 훨씬 더 큰 두 수 사이의 작은 차이임을 보일 것입니다.

학습 목표

- 열량측정법
- 물질의 양 측정하기
- 온도 변화를 엔탈피로 변환하기
- 물리적 열 효과와 화학적 열 효과 구분하기
- 헤스의 법칙 적용하기
- 대조 실험 읽기
- 열량측정 결과의 신뢰성 판단하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/헤스의-법칙/

066 — 흡열 & 발열 반응

IB Programme	Chemistry — Energy Transfer
Secondary Programme	DP Chemistry / DP Physics
Syllabus Reference	Reactivity 1.2 – Energy cycles / B.4 Thermodynamics
NGSS (HS)	HS-PS1-4 · SEP 3, SEP 6 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-6
Summary	Observing heat exchange in reactions



개요

즉석 핫팩과 즉석 아이스팩은 채워진 내용물만 다를 뿐 같은 물건이다. 하나를 짊어지면 주머니가 터지고, 고체가 물과 만나며, 몇 초 안에 히터나 냉매, 움직이는 부품 없이도 팩이 찜질하기에 불편할 정도로 뜨거워지거나 뽀뽀에 대기 좋을 만큼 차가워진다. 이와 똑같은 물리학 법칙에 의해 시멘트를 부을 때 냉각을 해야 하는지, 비료 포대를 아무 물건 옆에나 보관해도 되는지, 그리고 입욕제가 거품을 내며 fizz 할 때 왜 서늘하게 느껴지는지가 결정된다. 이 모든 현상은 시작할 때의 온도에서는 에너지 장부가 맞지 않는 과정들이므로, 그 차이가 주변 환경에서 차감되거나 주변 환경으로 지불된다.

화학자들은 두 방향을 흡열과 발열로 명명하며, 이 명칭들은 온도계가 아닌계를 지칭합니다. 발열 과정은 에너지를 방출하므로 주변이 따뜻해지고 온도계의 눈금이 상승합니다. 에너지 자체는 결합과 입자 사이의 힘에서 비롯됩니다. 이온 격자를 떼어내거나 공유 결합을 깨는 데는 에너지가 소모되며, 해리된 이온들을 수화하거나 새로운 결합을 형성할 때는 에너지가 반환됩니다. 둘 중 어느 쪽이 더 큰지가 부호를 결정하며, 두 값은 대개 크기가 비슷한 큰 숫자이기 때문에 측정된 결과는 그 둘 사이의 작은 차이가 됩니다. 바로 이것이 추측하기보다 측정해야 하는 이유입니다.

이 실험실에서 여러분은 동일한 열량계에서 부호가 서로 다른 두 가지 과정을 실행할 것이며, 그 쌍은 일반적인 통념을 뒤집도록 선택되었습니다. 첫 번째는 수산화나트륨이 물에 녹는 과정으로, 아무것도 반응하지 않고 새로운 물질이 만들어지지 않으며 온도가 10 도 이상 상승합니다. 두 번째는 구연산이 중탄소나트륨을 공격하는 과정으로, 눈에 띄게 거품이 일고 세 가지 새로운 물질을 만들며 차가워지는 진정한 화학 반응입니다. 여러분은 각 과정 전후의 온도를 기록하고, 각 과정을 부호에 따라 분류하며, 각 온도 변화를 몰당 에너지로 환산할 것입니다. 얻게 될 결론은 “반응”과 “열 방출”은 과정에 대한 독립적인 사실이며, 주어진 과정이 어느 방향으로 진행되는지는 오직 측정을 통해서만 알 수 있다는 것입니다.

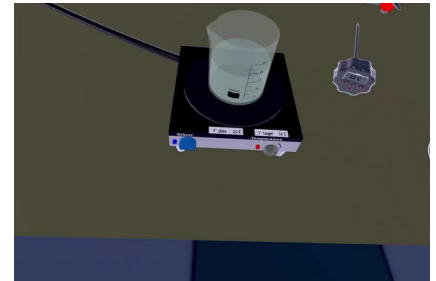
학습 목표

- 부호에 따른 공정 분류
- 열량측정법
- 물질의 양 측정하기
- 온도 변화를 에너지로 변환하기
- 화학적 변화와 물리적 변화 구분하기
- 부식성 시약 취급

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/흡열-발열/

067 — 비열

IB Programme	Physics — Energy, transformation
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	B.4 Thermodynamics
NGSS (HS)	HS-PS3-4 · SEP 5 · CCC 5, CCC 7
NGSS (MS)	MS-PS3-3; MS-PS3-4
Summary	Heat transfer investigation



개요

모든 물질은 온도 변화의 정도에 따라 서로 다른 비열을 치른다. 동일한 버너 위에 놓인 동일한 냄비에 같은 부피의 물과 식용유를 부르면 물이 아직 미지근한 동안 식용유는 연기를 내뿜으며, 9 월의 바다는 양쪽 모두 똑같은 햇빛을 받았음에도 그 옆의 땅보다 더 따뜻하다. 이 모든 현상의 이면에 있는 양은 비열 용량, 즉 어떤 물질 1 그램을 1 도 올리는 데 필요한 에너지이며, 이것은 공학에서 가장 중요한 수치 중 하나이다. 이것은 자동차 라디에이터에 무엇을 채워야 할지, 축열조에 콘크리트가 얼마나 필요한지, 해안가의 겨울이 온화한 이유, 그리고 물이 사용 가능한 거의 모든 곳에서 냉각수로 선택되는 이유를 결정한다.

측정하는 방법은 서로 다른 온도의 두 물체를 평열 상태에 도달하게 한 뒤 공통의 온도가 어디에 안착하는지 보는 것입니다. 에너지는 보존되므로, 뜨거운 물질이 내놓는 만큼 차가운 물질이 흡수합니다: $m_1c_1(T_f - T_1) + m_2c_2(T_f - T_2) = 0$. 재정리하면, 최종 온도는 두 시작 온도에 각 물질의 열용량을 가중치로 곱한 평균이 되며, 따라서 평형점은 열을 보유하는 용량이 더 큰 물질 쪽으로 치우치게 됩니다. 세 온도와 방정식의 모든 양을 측정하면 구하고자 하는 값을 제외하고는 모두 알 수 있게 됩니다.

이 실험실에서 여러분은 열량계 안에서 약 80 °C 로 가열된 뜨거운 물 50 mL 를 차가운 액체 50 mL 와 두 번 섞게 됩니다. 첫 번째는 차가운 물과 섞고, 두 번째는 차가운 에탄올과 섞습니다. 물과 물의 혼합물은 대조군이며, 그 결과는 열용량을 전혀 알지 못해도 예측할 수 있습니다. 에탄올 혼합물은 그렇지 않으며, 대조군보다 현저히 더 높은 온도로 끝납니다. 이는 이 실험실을 통해 각각 분리하여 하나씩 측정할 수 있는 두 가지 별개의 이유 때문입니다. 여러분은 에너지 균형으로부터 두 평형 온도를 모두 예측하고, 이를 열량계가 보고하는 값과 비교하며, 그 차이를 설명할 것입니다.

학습 목표

- 작업 도구로서의 에너지 수치
- 비열 및 몰열용량
- 열량측정법
- 대조군 실험 활용
- 같은 방향으로 작용하는 두 가지 효과를 분리하기
- 휘발성이 있는 인화성 액체 및 온수 취급

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/067-비열/

070 — 화학 평형의 질적 측면

IB Programme	Chemistry — Equilibrium systems
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 2.3 – Extent of reaction
NGSS (HS)	HS-PS1-6 · SEP 2, SEP 6 · CCC 7
NGSS (MS)	—
Summary	Solubility equilibrium and Le Châtelier's principle



개요

용해도 평형은 염이 “불용성”으로 불리면서도 여전히 용액 속 존재할 수 있는 이유이다. 황산칼슘은 이에 대한 대표적인 산업적 예시로, 보일러, 냉각탑, 담수화 시설 및 유정 배관에 형성되는 스케일이며, 회반죽과 석고보드의 석고이고, 우물물의 황산염 함량을 결정하는 요인이다. 수처리 화학자들은 단 하나의 수치, 즉 용해도곱으로부터 황산칼슘이 어디에 침전되고 어디에서 다시 용해될지 결정한다.

난용성 염이 자신의 이온을 포함한 용액과 접촉해 있을 때, 두 가지 과정이 동시에 일어납니다. 이온들이 고체의 표면을 떠나고, 액체 속의 이온들은 다시 고체로 돌아옵니다. 평형은 어느 한쪽이 멈출 때가 아니라 두 속도가 같아질 때 도달합니다. 황산칼슘의 경우 이 조건은 $[Ca^{2+}][SO_4^{2-}] = K_{SP} = 4.9 \times 10^{-5}$ 25 °C 에서. 그 값을 초과하는 이온곱을 가진 용액은 더 이상 그렇지 않을 때까지 고체를 침전시키고, 그보다 낮은 용액은 도달할 때까지 고체를 용해시킵니다. 따라서 어느 한쪽의 이온을 더 추가해도 K 는 변하지 않습니다.SP — 이는 평형의 위치를 이동시키고, 남은 양은 고체로 나타납니다.

이 실험에서 여러분은 양쪽 방향에서 동일한 평형에 접근하게 됩니다. 먼저 이온 쪽에서 접근합니다. 0.10 M 농도의 염화칼슘과 황산나트륨을 섞으면 즉시 흰색 침전물이 생기고, 가라앉은 시험관에 두 시약 중 어느 하나를 더 넣으면 추가적인 침전이 유도됩니다. 그런 다음 고체 쪽에서 접근합니다. 고체 황산칼슘을 진한 염화나트륨 용액에 넣고 저어준 후, 그 위에 뜬 맑은 액체(겉보기에는 아무 일도 일어나지 않은 것처럼 보이는)를 차례대로 각 시약으로 시험합니다. 두 시험 모두 침전물을 생성하며, 이것이 바로 “불용성” 고체가 그동안 계속해서 용액 속으로 이온을 공급해 왔다는 증거입니다.

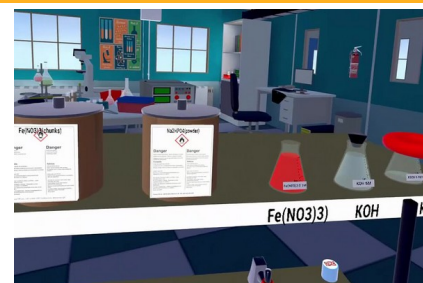
학습 목표

- 동적 평형 상태로서의 화학 평형
- 용해도 평형과 용해도곱
- 르샤틀리에의 원리와 공통 이온 효과
- 완전 반응 대 불완전 반응
- 정성 분석과 점검 시험의 논리
- 실험실 기법

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/화학-평형의-정성적-측면/

071 — 르 샤텔리에 원리

IB Programme	Chemistry — Energy & Systems
Secondary Programme	DP Chemistry
Syllabus Reference	Reactivity 3.2 – Electron transfer reactions
NGSS (HS)	HS-PS1-6 · SEP 3, SEP 7 · CCC 2, CCC 7
NGSS (MS)	—
Summary	Le Chatelier's Principle and equilibrium shifts



개요

르 샤텔리에의 원리는 화학 공학자가 완결되지 않으려는 반응에서 더 많은 생성물을 짜낼 수 있게 해주는 규칙이다. 이 원리 때문에 암모니아가 고압에서 합성되고, 용광로가 과량의 일산화탄소와 함께 가동되며, 혈액이 폐에서 흡수한 산소가 일하는 근육에서 다시 방출되는 것이다. 전 세계 거의 모든 실험실에서 이를 가르치는 데 사용되는 시스템은 바로 이 벤치 위에 있는 것, 즉 철(III)과 티오시아나산염이다. 두 물질은 매우 진하게 색을 내는 착화합물을 형성하여, 기구 없이도 눈으로 농도 변화를 읽어낼 수 있다.

반응은 $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{SCN}^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{FeSCN}]^{2+}(\text{aq})$ 에 속하며, 질은 혈액색은 완전히 오른쪽의 착화물에 속합니다. 이 농도에서 두 반응물은 거의 무색입니다. 평형 상태에서 농도들은 K 를 만족합니다. $f = \frac{[\text{FeSCN}^{2+}]}{([\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^{-}])} \approx 1.4 \times 10^2$ 25 °C 에서 반응 혼합물을 교란하면—반응물 중 하나를 추가하거나, 제거하거나, 온도를 높이거나 낮추면—반응 지수 Q 는 더 이상 K 와 같지 않게 됩니다. f ; 시스템은 그렇게 될 때까지 그 착물을 소모하거나 방출하는 방식으로 반응한다. 이것이 바로 르 샤텔리에의 원리가 정확하게 기술된 것이다. 즉, 시스템이 변화에 “저항한다”는 것이 아니라, Q 를 K 로 되돌리는 방향이라면 어느 쪽으로든 움직인다는 것이다.

이 실험실에서 여러분은 하나의 평형 혼합물을 준비하여 여덟 개의 동일한 부분으로 나누고, 첫 번째 것은 다른 것들과 비교하기 위한 기준으로 남겨둘 것입니다. 그런 다음 일곱 개의 시험관에 여섯 가지 서로 다른 방식으로 자극을 가할 것입니다: 티오시아나산염 추가, 철 추가, 둘 다 동시 추가, 수산화물 첨가로 시스템에서 철 침전시키기, 수소이온산염으로 철 결합시키기, 얼음물 수조 및 80 °C 물수조. 모든 시험관은 검은색 카드 앞에서 1 번 시험관과 비교되며, 각 시험관이 이동하는 방향—착화합물 쪽으로 더 어두워지거나, 유리 이온 쪽으로 더 열어짐—이 전체 결과입니다.

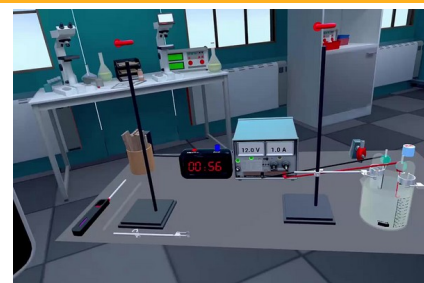
학습 목표

- 르 샤텔리에의 원리, 진술 및 적용
- 착물 평형과 촉도로서의 색상
- 종 하나 추가하기, 그리고 하나 제거하기
- 온도 스트레스
- 제어된 정성적 비교
- 기술과 안전

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/르-샤텔리에의-원리/

072 — 물 전기분해

IB Programme	Chemistry — Transformation of Energy
Secondary Programme	DP Chemistry / DP Physics
Syllabus Reference	Reactivity 3.2 – Electron transfer / D.2 Electric fields
NGSS (HS)	HS-PS1-2; HS-PS3-1 · SEP 3, SEP 6 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Decomposition of water into hydrogen and oxygen



개요

전기분해는 산업계가 땅에서 캐낼 수 없는 물질들을 만드는 방법이다. 알루미늄은 전해조에서 그 산화물로부터 얻어지고, 염소와 수산화나트륨은 소금물을 전기분해하여 만들어지며, 크롬 도금이나 아연 도금된 모든 표면은 한때 회로의 일부였던 전극이다. 이 실험실의 방식 — 물을 수소와 산소로 분해하는 것 — 역시 가장 큰 미래를 가진 방식이다. 이는 풍력 및 태양광 발전의 잉여 전력이 수소로 저장되는 경로이며, 연료전지가 그 에너지를 다시 방출하기 위해 역으로 구동하는 것과 같은 반응이다.

물은 안정적이며, 그것이 바로 난제이다. 물의 생성 자유에너지는 몰당 -237 kJ 이므로, 물을 분해하는 데는 최소한 그만큼의 일이 필요하며, 여기서는 전기 에너지의 형태로 공급된다. 전지는 이 작업을 두 전극에 나누어 수행함으로써 이를 달성한다. 음극에서는 수소 이온이 전자를 받아 수소 기체로 방출되고, 양극에서는 물 분자가 전자를 내놓고 산소로 방출된다. 어떤 반응이 일어나려면 두 가지 조건을 충족해야 한다. 순수한 물은 거의 전도성이 없으므로 용액이 전도를 할 수 있어야 하며, 따라서 전해질이 첨가되어야 한다. 그리고 인가된 전압은 열역학적 최소값인 1.23 V 를 초과해야 한다. 어떤 전해질을 선택하느냐는 그 양만큼이나 중요하다는 것이 밝혀지는데, 잘못된 전해질은 물 대신 산화되어 전지가 전혀 다른 기체를 생성하게 되기 때문이다.

이 실험실에서 여러분은 직접 전지를 만들게 됩니다. 물이 채워진 두 개의 시험관이 1 리터 비커 안의 두 전극 위에 거꾸로 세워지고, 직류 전원엔 연결됩니다. 물이 전도를 잘 하도록 황산이 첨가되며, 전류를 약 1 분간 흘려주면 각 시험관에 모이는 기체가 그 위의 물을 밀어내어 두 부피를 직접 비교할 수 있게 됩니다. 그런 다음 각 시험관은 고전적인 테스트(산소는 불씨를 갖다 대고, 수소는 불을 붙인 성냥개비를 갖다 대는 것)를 통해 확인되며, 음극 쪽의 시험관에는 다른 쪽보다 두 배 많은 기체가 모였으며 두 기체가 정반대로 반응한다는 결과를 얻어야 합니다.

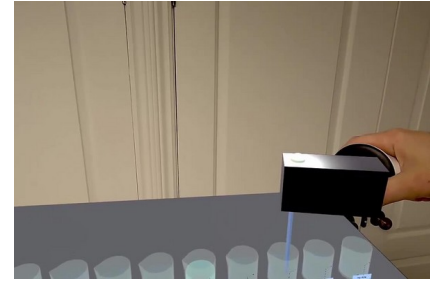
학습 목표

- 전기분해의 원리
- 지정된 전극에서의 산화 및 환원
- 시각화된 화학량론
- 전해질의 선택
- 제품 식별하기
- 조립 및 안전

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/물-전기분해/

073 — 전도도

IB Programme	Physics — Energy & Systems
Secondary Programme	DP Chemistry / DP Physics
Syllabus Reference	Structure 2.4 – Bonding and materials / B.5 Circuits
NGSS (HS)	HS-PS1-2; HS-PS3-3 · SEP 4 · CCC 2
NGSS (MS)	MS-PS1-2
Summary	Conductivity of solutions and electrolytes



개요

전기 도는 수질 실험실에서 이루어지는 측정 중 가장 빠른 측정입니다. 음용수 처리장, 투석실, 수경재배 온실, 보일러 급수관 등은 모두 이를 지속적으로 모니터링합니다. 단 하나의 숫자로 작업자가 액체에 녹아 있는 이온성 물질의 양을 실시간으로, 그리고 시료를 파괴하지 않고 알 수 있기 때문입니다. 동일한 측정 방식이 토양 탐침이 염분으로 보고하는 것이며, 수영장 제여기가 소금을 얼마나 넣어야 할지 결정하는 데 사용하는 것이고, 임상 실험실에서 식염수 백이 라벨에 적힌 대로 되어 있는지 확인하는 데 사용하는 것입니다.

액체는 그 안을 자유롭게 이동할 수 있는 대전 입자를 포함하고 있을 때만 전류를 통과시킨다. 물 자체에는 이러한 입자가 거의 들어 있지 않아서 순수한 물은 전도성이 좋지 않으며, 중요한 것은 용해된 물질이 용액 속으로 이온을 방출하는가 하는 점이다. 염화나트륨과 같은 이온성 고체는 이미 이온들로 구성되어 있어서 수화 작용에 의해 격자가 분해되지만 하면 된다. 염화수소와 같은 극성 분자는 물이 그로부터 양성자를 가져갈 때까지는 이온을 전혀 포함하지 않으며, 그 양성자 이동이 얼마나 진행되는지는 산 상수에 의해 결정된다. 자당(설탕)과 같은 분자는 깨질 격자도 없고 줄 양성자도 없으므로, 아주 잘 녹으면서도 아무것도 방출하지 않는다. 녹는 것과 해리되는 것은 서로 다른 두 과정이며, 전기 전도성은 이 둘을 구별해 주는 특성이다.

이 실험실에서 여러분은 전기 전도도 검출기(직렬로 연결된 한 쌍의 전극과 표시등)로 12 가지 액체를 테스트하고, 각각에 대한 표시등의 밝기를 3 단계 척도로 기록할 것입니다. 액체 중 10 가지는 알려진 농도로 준비된 용액이고, 나머지 2 가지인 증류수와 음용수는 직접 측정할 것입니다. 그 12 가지 측정값을 바탕으로 물질들을 강전해질, 약전해질, 비전해질로 분류한 다음, 각 그룹에 포함된 결합의 종류로 그 이유를 설명할 것입니다.

학습 목표

- 전해질과 비전해질 구별하기
- 전도 원인으로서의 결합
- 전도도 검출기 작동 방법
- 전도도의 정량적 처리
- 측정값과 그 용도 연결하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/전도도/

074 — 저항기 읽기

IB Programme	Physics — Energy systems
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	B.5 Circuits
NGSS (HS)	HS-PS3-3 · SEP 8 · CCC 6
NGSS (MS)	MS-PS3-3
Summary	Resistor color code and tolerance



개요

저항기는 전자제품에서 가장 많은 부품입니다. 휴대전화에는 수백 개의 저항기가 들어가며, 그중 모든 저항기의 값이 정확해야 합니다. 부품이 너무 작고 저렴해서 숫자로 값이 인쇄되어 있지 않습니다. 그 대신 1920 년에 도입되어 오늘날에도 관통형(스루홀) 저항기에 여전히 사용되는 색색의 띠 모양의 코드로 인쇄되어 있습니다. 이 코드는 어느 각도에서나 읽을 수 있고, 열과 용제에 견디며, 돋보기 없이도 볼 수 있습니다. 이 코드를 읽을 줄 아는 것은 전자공학 작업대의 첫 번째 실용적인 기술이며, 계측기로 이를 확인할 수 있는 것은 두 번째 기술입니다.

띠들이 부호화하는 양은 옴의 법칙인 $R = V / I$ 에 의해 정의된다. 즉, 1 옴의 저항은 1 볼트의 전압이 가해졌을 때 1 암페어의 전류를 흘려보낸다. 4 색 밴드 저항에서 처음 두 개의 밴드는 해당 숫자의 유효숫자 두 개를 나타내고, 세 번째 밴드는 거기에 곱할 10의 거듭제곱을 나타내며, 네 번째 밴드는 오차 범위를 나타낸다. 이는 실제 부품이 공칭 값에서 얼마나 벗어날 수 있는지에 대한 제조사의 약속이다. 네 번째 밴드가 흥미로운 이유는 그것이 하나의 고백이기 때문이다. 저항기는 두께를 완벽하게 제어할 수 없는 저항 피막으로 대량 생산되기 때문에, 어떤 부품은 단일한 값으로 판매되는 것이 아니라 하나의 범위로 판매된다.

이 실험실에서 여러분은 저항값이 알려지지 않은 네 개의 저항기와 벤치 위에 놓인 색상 코드표를 받게 됩니다. 여러분은 각 저항기의 색띠를 읽어 값을 해독하고, 허용 오차가 허용하는 최소 및 최대 저항값을 계산한 다음, 오미터로 저항을 측정하여 해당 부품이 규격을 충족하는지 판단할 것입니다. 제조사가 주장하는 값과 미터기가 보고하는 값이라는 두 숫자 사이의 비교가 바로 이 실험의 진정한 의미이며, 이는 단순히 값이 무엇인지 묻는 것뿐만 아니라 그 값이 얼마나 정확하게 알려져 있는지를 묻는 습관을 길러줍니다.

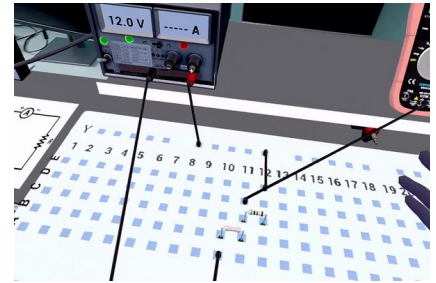
학습 목표

- 4 색 밴드 색상 코드 읽기
- 공차와 허용 가능한 값의 범위
- 옴미터 사용하기
- 악기의 한계를 인식하기
- 선호 값 및 부품 선택

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/저항값-읽기/

075 — 전기 회로 조립

IB Programme	Physics — Energy systems
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	B.5 Current and circuits
NGSS (HS)	HS-PS3-3 · SEP 2, SEP 3 · CCC 4
NGSS (MS)	MS-PS3-3
Summary	Series circuit building



개요

지금까지 만들어진 모든 전자기기는 회로에서 시작됩니다. 전원, 도체, 그리고 전류를 제한하는 무언가로 이루어진 고리 말입니다. 브레드보드는 납땜 없이 이러한 회로를 임시로 만들어 설계를 몇 분 만에 테스트하고, 측정하고, 변경할 수 있는 표준적인 방법입니다. 이는 모든 전자 공학 실험실, 시제품 제작대, 그리고 학부 과정이 시작되는 도구이며, 현대의 제품이 스케치에서 작동하는 회로로 단 오후 만에 전환될 수 있는 이유입니다.

이러한 루프에서 측정되는 모든 것은 두 가지 법칙의 지배를 받습니다. 옴의 법칙인 $V = IR$ 은 소자를 통과하는 전류와 그 양단의 전압을 연관시킵니다. 키르히호프의 루프 법칙은 임의의 닫힌 루프 주위의 전압들의 합이 반드시 0 이 되어야 한다고 말합니다. 즉, 공급 전원에 의해 각 전하에해 주어진 에너지는 그 전하가 통과하는 소자들에 의해 온전히 다시 방출됩니다. 이 두 법칙은 함께 유용한 결과를 도출합니다. 단일 루프에서는 전류가 모든 곳에서 동일하므로, 직렬로 연결된 소자들은 저항의 비율에 비례하여 공급 전압을 나누어 가집니다. 이것은 오직 전압계 하나와 값이 알려진 저항 하나만 사용하여, 값을 읽을 수 없는 소자의 저항값을 알아내기에 충분합니다.

이 실험에서 여러분은 전원 공급 장치를 브레드보드에 연결하고, 알려진 저항기와 마킹이 제거된 미지의 저항기가 포함된 직렬 회로를 구축하고, 구축한 회로의 다이어그램을 저장한 후, 멀티미터로 단일 전압을 측정할 것입니다. 그 하나의 측정값, 공급 전압, 그리고 알려진 저항값으로부터 회로의 전류, 미지의 저항기에 걸리는 전압, 그리고 마지막으로 그 저항값을 계산하게 될 것입니다. 이는 직접 측정할 수 없는 양을 측정할 수 있는 양으로부터 도출해내는 첫 번째 연습입니다.

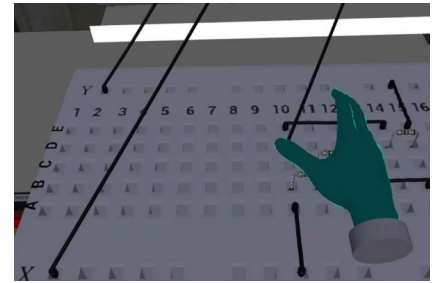
학습 목표

- 부품과 브레드보드 이해하기
- 직렬 회로 구성하기
- 멀티미터로 측정하기
- 옴의 법칙과 키르히호프 고리 법칙 적용하기
- 결과의 품질 평가하기
- 녹음 작업

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/전자-회로-조립/

076 — 병렬 회로 조립

IB Programme	Physics — Systems
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	B.5 Current and circuits
NGSS (HS)	HS-PS3-3 · SEP 2, SEP 3 · CCC 4
NGSS (MS)	MS-PS3-3
Summary	Parallel circuit analysis



개요

요정용 전구 장식을 제외하면 거의 모든 전기 설비는 병렬로 배선되어 있습니다. 교실의 전등, 벽면의 콘센트, 태양광 패널의 패널들, 그리고 배터리 팩의 셀들은 모두 동일한 두 개의 공급 레일에 걸쳐 연결되어 있어, 각각이 완전한 공급 전압을 받고 다른 것들에 영향을 주지 않고 켜거나 끌 수 있습니다. 그 대안으로, 실험실 075에서처럼 장치들을 단일 루프에 하나씩 이어 붙이는 방식은 모든 장치가 다른 모든 장치에 의존하게 만들며, 이것이 과거에 고장 난 전구 하나가 전구 장식 전체를 어둡게 만들었던 이유입니다.

이 배치의 물리학은 두 가지 진술에 기반합니다. 모든 가지가 동일한 한 쌍의 점 사이에 연결되어 있기 때문에 모든 가지에는 동일한 전압이 걸립니다. 그리고 전하는 접합점에 축적될 수 없으므로, 각 가지가 끌어오는 전류의 합은 전원이 공급하는 전류와 같아야 합니다. 즉, 이것이 키르히호프의 제 1 법칙입니다. 그 결과 병렬 연결된 저항들은 직접 더해지지 않고 역수가 더해지며, 따라서 병렬 조합은 어떤 개별 가지보다도 항상 더 잘 전도하고 회로에 가지를 추가하는 것은 전원 공급 장치가 제공해야 하는 전류를 증가시킵니다.

이 실험실에서 여러분은 12V 전원과 세 개의 동일한 5Ω 저항을 사용하여 브레드보드에 두 개의 가지(branch) 회로를 구축하게 됩니다. 하나의 가지에는 두 개의 저항을 직렬로 연결하고, 두 번째 가지에는 스위치와 세 번째 저항을 연결합니다. 그런 다음 멀티미터를 두 번 사용합니다. 먼저 전압 모드로 소자에 병렬로 연결하고, 다음에는 전류 모드로 스위치 자리에 직접 삽입합니다. 이를 통해 한 가지의 전류와 전원의 전류를 측정하고, 키르히호프의 제 1 법칙과 오옴의 법칙을 함께 사용하여 측정하지 않은 가지의 전류와 제거하지 않은 저항의 저항값을 계산해 냅니다.

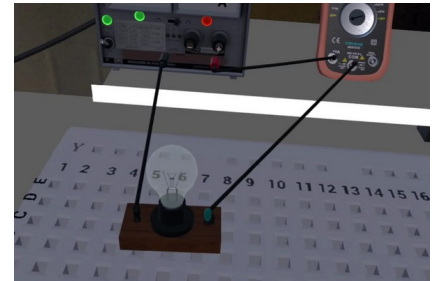
학습 목표

- 브레드보드에 회로 만들기
- 브랜치와 컴포넌트 구별하기
- 멀티미터 작동하기
- 키르히호프의 제 1 법칙 적용하기
- 옴의 법칙과 병렬 연결 법칙 적용하기
- 측정 그 자체를 평가하기
- 기록 및 보고

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/병렬-전기-회로-조립/

077 — 전압이 전구의 밝기에 미치는 영향

IB Programme	Physics — Energy transfer
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	B.5 Circuits
NGSS (HS)	HS-PS3-3 · SEP 4 · CCC 2, CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS3-3
Summary	Current-light intensity relationships



개요

필라멘트 램프는 실험실에서 전기적 양을 눈으로 직접 읽을 수 있는 형태로 바꾸어 주는 가장 간단한 도구이다. 디머 스위치, 배터리가 방전되어 가는 자동차의 히트해지는 전조등, 계기판의 밝기 조절 장치는 모두 같은 원리로 작동한다. 필라멘트에 흐르는 전류를 바꾸면 그 온도와 그에 따른 빛도 함께 변한다. 이 관계는 대부분의 사람이 예상하는 것과 다르기 때문에 명확히 알아둘 가치가 있다. 즉, 빛은 전류와 발맞추어 감소하는 것이 아니라 훨씬 더 빠르게 감소한다. 그 이유는 필라멘트가 공급되는 전력에 의해 가열되는데, 전력은 전류에 비례하는 것이 아니라 전류의 제곱에 비례하기 때문이다. $P = I^2 R$. 직렬 회로에는 경로가 하나뿐이므로 모든 소자에 동일한 전류가 흐릅니다. 저항을 추가하면 전체 저항이 증가하고 옴의 법칙 $I = V/R$ 에 따라 모든 곳의 전류가 감소합니다. 그러면 램프는 더 작은 전류를 받게 되고, 동시에 공급 전압의 더 적은 몫을 받게 되며, 이 두 가지 효과가 배가됩니다. 이와 유사한 추가 단계는 전력을 실제로 눈에 보이는 것과 연결합니다. 왜냐하면 더 차가운 필라멘트는 복사를 적게 하고, 방출하는 빛 중 가시광선으로 방출되는 비율도 더 작기 때문입니다.

이 실험에서 여러분은 12V 전원과 전구만으로 이루어진 직류 회로를 구성하고, 멀티미터로 전류를 측정한 뒤 전구의 밝기가 어느 정도인지 기록할 것입니다. 그런 다음 5Ω 저항을 추가하고 측정을 반복하고, 두 번째 저항을 추가하여 다시 측정한 뒤, 세 세트의 측정값을 사용하여 전류와 밝기를 연결하는 관계가 상수인지, 선형인지, 아니면 그보다 더 가파른 형태인지 판단할 것입니다.

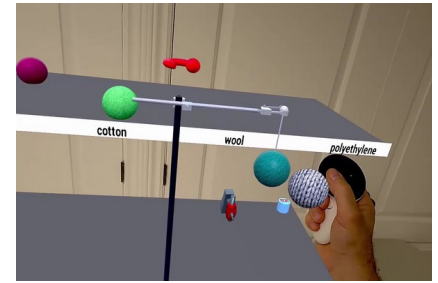
학습 목표

- 직렬 회로의 조립 및 수정
- 전류 측정
- 옴의 법칙 적용하기
- 전력과 밝기의 관계
- 데이터에서 관계 식별하기
- 정성적 관찰의 한계 판단하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/전류가-램프-밝기에-미치는-영향/

078 — 정전기

IB Programme	Physics — Forces
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	D.2 Electric fields
NGSS (HS)	HS-PS2-4 · SEP 2, SEP 3 · CCC 2
NGSS (MS)	MS-PS2-3
Summary	Electrostatics and charge transfer



개요

정전기는 이 분야에서 가장 오래된 분야이자 사람들이 여전히 가장 먼저 접하는 현상입니다. 스웨터를 벗을 때 나는 탁탁 소리, 카펫 위를 걸은 후 손잡이를 잡을 때 찌릿한 느낌, 빗에서 머리카락이 곤두서는 현상, 랩끼리 서로 달라붙어 떨어지지 않는 현상 등이 그렇습니다. 산업 현장에서는 이러한 현상을 감탄하기보다는 관리해야 합니다. 연료 탱크를 주유하기 전에 접지하는 이유나 전자 부품을 전도성 봉투에 넣어 배송하는 이유가 여기에 있으며, 복사기, 레이저 프린터, 정전기 도장, 배기가스를 정화하는 집진기 등에서는 이 현상이 의도적으로 활용되기도 합니다.

이 모든 것의 배후에 있는 물리학은 한 문장으로 요약됩니다. 두 개의 서로 다른 절연 물질을 긴밀하게 접촉시켰다 떼어내면 전자가 한 표면에서 다른 표면으로 이동하여, 한 물체에는 알짜 음전하가 남고 다른 물체에는 그와 동등한 양전하가 남게 됩니다. 전자가 어느 방향으로 이동하는지는 오직 두 물질의 조합에만 의존하며, 물질들은 목록(마찰전기 계열 또는 정전기 계열)으로 순위를 매길 수 있습니다. 이 목록에서 더 상위에 위치한 물질이 전자를 내어주고 양전하를 띠게 됩니다. 일단 대전되면, 물체들은 쿨롱의 법칙을 따릅니다. 같은 전하끼리는 밀어내고, 다른 전하끼리는 끌어당기며, 힘은 거리의 제곱에 반비례하여 줄어듭니다.

이 실험에서 여러분은 절연 지지대에 가벼운 공들을 매달아 자유롭게 흔들릴 수 있도록 한 후, 양모나 면을 가까이 대어 대전시키고, 대전된 공들을 한 번에 두 개씩 서로 가까이 가져다 놓을 것입니다. 양모로 대전된 폴리에틸렌, 면으로 대전된 아세테이트, 각 재질과 그것을 대전시킨 천과의 관계, 그리고 각 재질 상호간의 관계 등 총 여섯 번의 상호작용을 결과 표에 기록합니다. 인력과 척력의 패턴으로부터 각 물질이 띠는 전하의 부호를 알아내고, 이 네 물질을 지배하는 정전기 계열의 일부를 재구성하게 될 것입니다.

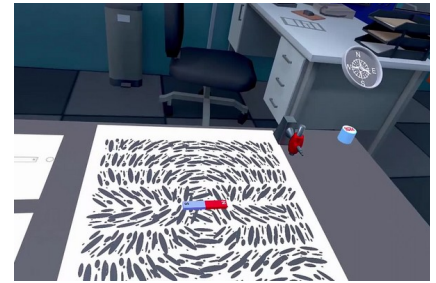
학습 목표

- 물체를 대전시키고 그것을 확인하는 것
- 끌림과 밀어냄을 올바르게 읽기
- 정전기 서열을 이용하여
- 쿨롱의 법칙 적용하기
- 체계적으로 관찰하고 기록하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/정전기/

079 — 자기장

IB Programme	Physics — Forces
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	D.2 Magnetic fields
NGSS (HS)	HS-PS2-5 · SEP 2, SEP 3 · CCC 2, CCC 6
NGSS (MS)	MS-PS2-3; MS-PS2-5
Summary	Magnetic field mapping and compass use



개요

자석의 영향력은 그 주변 공간으로 뻗어 나가며, 그 공간은 지도화될 수 있다. 북쪽을 가리켜 온 모든 나침반 바늘은 그러한 지도를 읽고 있었는데, 이 경우 지도가 그려진 것은 지구 자체에 의해서이며, 지구는 녹은 철로 된 핵 덕분에 거대하고 약간 뒤틀어진 막대자석이 된다. 이와 똑같은 지도화가 하드디스크의 읽기 헤드, 전화기의 스피커, 의료용 스캐너에서의 하전 입자 편향, 그리고 가방의 자석 걸쇠의 기초가 된다. 이 장이 가르치기 어려운 이유는 보이지 않기 때문이며, 이 실험이 작동하는 이유는 철가루와 나침반이 그것들을 눈에 보이게 만들기 때문이다.

자기장은 모든 지점에서 방향을 가지며, 그 접선이 해당 방향을 나타내고 밀도가 세기를 나타내도록 선을 긋는 것이 관례입니다. 자석의 외부에서 이 선들은 북극에서 남극으로 이어지고, 자석의 내부에서는 남극에서 북극으로 계속 이어져 모든 선이 스스로 닫힙니다. 고립된 자석극이라는 것은 존재하지 않기 때문에 끝이 풀린 선은 없습니다. 막대자석을 반으로 부러뜨리면 두 개의 더 작은 막대자석이 될 뿐, 결코 북극만 따로 얻을 수 없습니다. 장이 한 장소에서 두 가지 방향을 가질 수 없기 때문에 두 선이 서로 교차할 단순히 겹치는 것이 아니라 벡터로 합해지며, 그 결과 두 기여가 정확히 상쇄되는 지점을 포함할 수 있습니다.

이 실험실에서 여러분은 철가루가 흩뿌려진 종이 위에 자석을 놓고 철가루가 자기력선을 따라 스스로 배열되는 것을 관찰한 다음, 자석 주위의 표시된 위치들에 나침반을 놓고 각각의 위치에서 나침반의 방향을 촬영할 것입니다. 여러분은 설정 B와 C에서는 같은 극이 마주보고, 설정 D에서는 다른 극이 마주보는 등 세 가지 추가적인 배치로 두 개의 자석을 사용하여 자기장 매핑을 반복할 것이며, 사진들을 이용하여 두 개의 자기장이 어떻게 결합하는지, 자기장이 가장 강한 곳은 어디인지, 그리고 두 개의 같은 극 사이에서 자기장이 완전히 사라지는 곳은 어디인지 설명할 것입니다.

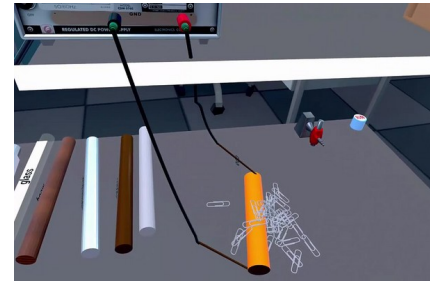
학습 목표

- 필드 맵 읽기
- 나침반을 도구로 사용하기
- 두 필드 결합
- 극 구별하기
- 녹음 및 비교

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/자기장/

080 — 전자석

IB Programme	Physics — Systems & Energy
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	D.4 – Induction
NGSS (HS)	HS-PS2-5; HS-PS3-5 · SEP 2, SEP 3 · CCC 4, CCC 6
NGSS (MS)	MS-PS2-3
Summary	Magnetic field and current relationship



개요

솔레노이드는 전류가 흐를 때 자석이 되고 전류가 멈추는 순간 자석이 아니게 되는 도선 코일입니다. 스위치가 있는 자석이라는 그 단 하나의 특성이 전자기학을 유용하게 만듭니다. 그것은 고철 처리장의 크레인이 자동차를 집어 들고 떨어뜨리는 방식이며, 엔진의 시동 모터가 피니언 기어를 앞으로 튕겨내는 방식이고, 카드를 갖다 대면 문 잠금장치가 열리는 방식이며, 스피커 콘이 구동되는 방식이고, 릴레이를 통해 작은 전류로 큰 전류를 제어하는 방식이며, 초전도선으로 감기고 액체 헬륨으로 냉각되어 자기공명영상(MRI) 스캐너의 수 테슬라 자기장 이 생성되는 방식입니다.

긴 코일 내부의 자기장은 균일하고 축을 향하며, 그 세기는 $B = \mu_0 n I$ (여기서 n 은 미터당 감은 수, I 는 전류)이다. 따라서 코일을 더 강하게 만들기 위해 세 가지를 변경할 수 있다. 즉, 같은 길이에 더 많은 권수를 감거나, 전류를 늘리거나, 아니면 자화될 수 있는 코어를 사용하는 것이다. 세 가지 중 세 번째 방법이 가장 큰 영향을 미친다. 코일 내부에 놓인 강자성 코어는 코일 자체의 자기장에 의해 자화되어 자신의 기여분을 더하게 되는데, 이것이 바로 철심을 넣은 전자석이 아무것도 감지 않은 동일한 코어의 코일보다 수백 배 더 강할 수 있는 이유이다.

이 실험실에서 여러분은 나머지 두 요소를 고정한 채 세 가지 요소 각각을 차례대로 테스트하게 됩니다. 파트 A에서는 연철, 니켈, 유리, 나무, 알루미늄, 구리, 그리고 심이 없는 경우 등 7 가지 서로 다른 심을 15V로 고정된 600 턴 코일에 넣습니다. 파트 B에서는 연철 심을 유지한 채 공급 전압을 30V에서 15V, 7V로 단계별로 낮춥니다. 파트 C에서는 심과 전압을 유지한 채 코일을 15 턴에서 300 턴, 600 턴으로 변경합니다. 자석의 세기는 매번 동일하지만 효과적인 조잡한 측정기, 즉 벤치 위에 있는 종이클립 중 자석이 들어 올리는 비율로 판단합니다.

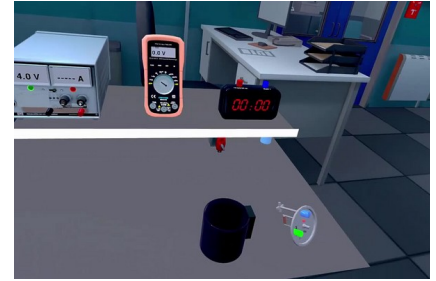
학습 목표

- 전자석을 만드는 요인 이해하기
- 변인 통제
- 자성체 구별하기
- 간접 측정 사용하기
- 장치 다루기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/솔레노이드/

081 — 에너지 효율

IB Programme	Physics — Energy Transfer
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	A.3 – Work, energy, power
NGSS (HS)	HS-PS3-3 · SEP 4, SEP 6 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS3-3
Summary	Energy conservation and losses



개요

에너지를 한 형태에서 다른 형태로 변환하는 모든 장치는 그중 일부를 낭비하며, 의도한 목적지에 도달하는 비율을 엔지니어들은 장치의 효율이라고 부른다. 그것은 냉장고의 에너지 라벨에 인쇄된 숫자이고, 발전기나 전기 모터에 대해 인용되는 수치이며, 건물의 에너지 진단이 밝혀내고자 하는 양이다. 그것을 측정하는 것은 항상 들어가는 에너지를 세고, 그다음 원하는 곳에 도착한 에너지를 세어 비율을 구하는 동일한 두 가지 단계로 귀결된다.

열로서 도달하는 에너지를 측정하는 데 사용되는 기구는 열량계로, 히터, 교반기, 온도계가 장착된 단열된 물통이다. 히터에 공급되는 전기 에너지의 공급 전압, 전류, 그리고 작동 시간으로부터 정확히 알려지는데, $E = UI \Delta t$ 이기 때문이다. 물에 도달하는 열은 질량, 비열 용량, 그리고 온도 상승으로부터 알려지는데, $Q = mc \Delta T$ 이기 때문이다. 두 번째 값과 첫 번째 값의 비율이 효율이다. 물이 사용되는 이유는 그 비열 용량이 크고, 정확히 알려져 있으며, 좁은 온도 범위에서 거의 일정하여 온도계가 신뢰할 수 있는 에너지 측정기가 되기 때문이다.

이 실험실에서 여러분은 그 측정을 직접 조립하게 됩니다. 전원 공급 장치를 4V로 설정하고, 전류를 가정하는 대신 측정할 수 있도록 멀티미터를 직렬로 연결하고, 측정된 증류수 200 mL를 열량계에 붓고, 교반기를 작동시킨 후 시뮬레이션 시간으로 1분 동안 온도를 기록합니다. 시뮬레이션의 5.5배 가속을 고려할 때 이는 330초의 가열에 해당합니다. 이 판값으로부터 공급된 전기 에너지, 흡수된 열에너지, 그리고 효율을 계산한 다음, 둘 사이의 차이를 설명하게 됩니다.

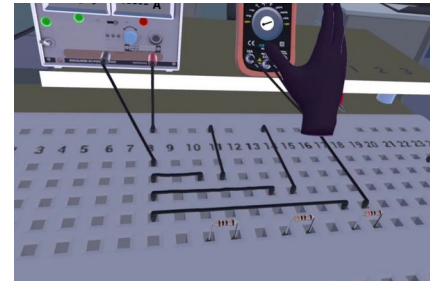
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 전기 기기의 안전한 취급
- 회로 제작 및 계측기 연결
- 에너지의 정량적 측정
- 효율 계산 및 해석
- 측정에 대한 비판적 평가

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/081-에너지-효율/

110 — 키르히호프 법칙

IB Programme	Physics — Systems
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	B.5 – Current and circuits
NGSS (HS)	HS-PS3-3 · SEP 5, SEP 6 · CCC 4, CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS3-3
Summary	Electric circuit current and voltage distribution



개요

휴대폰 충전기부터 국가 전력망에 이르기까지 모든 전기 및 전자 장치는 1845년 구스타프 키르히호프가 정립한 두 가지 규칙을 바탕으로 설계되고 진단됩니다. 이는 새로운 자연의 힘이 아니라 회로의 언어로 쓰여진 두 가지 보존 법칙입니다. 키르히호프의 전류 법칙은 임의의 접합점으로 흘러들어가는 전류의 합은 흘러나오는 전류와 같다고 말합니다. 즉 전하가 보존되므로 노드에 쌓이거나 사라질 수 없습니다. 키르히호프의 전압 법칙은 닫힌 회로망 주위의 전압 상승과 강하의 합이 영이 된다고 말합니다. 즉 에너지가 보존되므로 회로망을 한 바퀴 돈 전하는 처음 시작했을 때의 에너지를 유지한 채 돌아오게 됩니다. 옴의 법칙과 함께 이 법칙들은 어떠한 저항 회로망이라도 풀기에 충분하며, 이것이 모든 전자공학 과정에서 가장 먼저 다루어지는 도구인 이유입니다. 이번 실험에서 여러분은 이 두 법칙을 직접적인 실험을 통해 검증하게 될 것입니다. 12V 공급 장치에 동일한 세 개의 저항($100\ \Omega$, $200\ \Omega$, $300\ \Omega$)을 사용하여 직렬 회로와 병렬 회로를 각각 구성하고, 멀티미터를 사용하여 모든 지점의 전류와 모든 소자의 전압을 측정한 뒤, 각 접합점의 전류와 각 회로망 주위의 전압이 두 법칙의 요구에 정확히 부합하는지 확인할 것입니다.

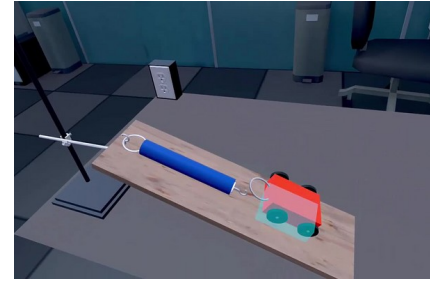
학습 목표

- 키르히호프의 법칙 이해하기
- 회로 조립
- 멀티미터 사용법
- 이론을 실제에 연결
- 분석적 사고

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/110-키르히호프-법칙/

082 — 효과적인 힘

IB Programme	Physics — Forces
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	A.2 Forces and momentum
NGSS (HS)	HS-PS2-1 · SEP 4, SEP 5 · CCC 2
NGSS (MS)	MS-PS2-2
Summary	Newton's second law verification



개요

경사면은 가장 오래된 단순 기계이자 여전히 가장 유용한 기계 중 하나입니다. 휠체어 경사로가 존재하는 이유이며, 산길이 가로지르며 곧바로 올라가는 대신 지그재그로 나 있는 이유이고, 하역장에 계단 대신 경사면이 있는 이유입니다. 모든 경우에 경사면은 하중을 끌어올리는 데 필요한 일을 줄여주는 것이 아니라, 그 힘 필요한 일의 양을 더 긴 경로에 분산시킴으로써 말이다. 특정 경사도가 얼마나 많은 힘을 요구하는지 아는 것은 경사로를 설계하고, 원치의 크기를 결정하며, 산 중턱의 도로에 안전한 경사도를 부여할 수 있게 해주는 요인이다.

물리학은 단일 벡터의 분해입니다. 중력은 카트를 전체 무게 F 로 수직 아래로 끌어당깁니다. $g = m g$ 이지만, 판은 그 표면을 따라서만 움직이거나 그에 수직인 방향으로만 눌릴 수 있습니다. 무게를 그 두 방향으로 분해하면 경사면에 평행한 성분인 F 가 됩니다. $F_{\text{eff}} = Fg \sin \theta$ 수레를 아래로 내려가게 하는 성분인 $\sin \theta$ 와 이와 수직인 성분 $N = Fg \cos \theta$ 이며, 보가 이를 단순 지지합니다. 평행 성분인 유효 힘만 잡아두면 되며, $\sin \theta$ 는 수평일 때 0에서 수직일 때 1로 증가하기 때문에, 동일한 수레라도 경사도가 바뀔 때마다 그에 맞는 다른 제동력이 요구됩니다.

이 실험실에서 여러분은 해당 성분을 직접 측정하게 됩니다. 질량이 알려진 수레가 보드와 정렬된 용수철저울에 부착되어 있으며, 클램프를 만능 지지대 위로 이동시켜 보드를 대략 20° , 40° , 60° 로 설정합니다. 각 각도에서 용수철저울이 유지하는 힘을 읽고, F 를 계산합니다. $g \sin \theta$ 가 예측하며, 두 값을 비교한다. 이 비교가 실험의 핵심이다. 일치하면 분해가 타당함을 확인시켜 주고, 불일치하는 정도는 측정 정밀도가 얼마나 잘 이루어졌는지를 말해준다.

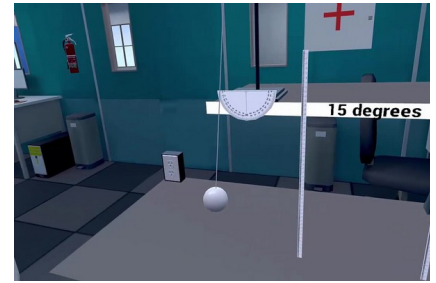
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 동력계 올바른 사용법
- 힘의 성분 분해
- 정량적 관계의 예측 및 검증
- 측정과 이론의 비교
- 힘을 '기계'라는 개념과 연결하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/경사면에서의-유효한-힘/

083 — 움직이는 물체의 역학적 에너지

IB Programme	Physics — Energy
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	A.3 Work, energy, power
NGSS (HS)	HS-PS3-1; HS-PS3-2 · SEP 4, SEP 5 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS3-1; MS-PS3-5
Summary	Kinetic and potential energy transfer



개요

흔들리는 진자는 에너지가 양의 변화 없이 형태를 바꿀 수 있음을 보여주는 물리학에서 가장 명확한 증거이다. 또한 역사적으로 가장 중요한 것 중 하나이기도 한데, 진자 운동의 일관성은 세상에 최초의 정확한 시계를 선사했고 거의 3 세기 동안 그 역할을 유지했으며, 오늘날에도 조사 지역 아래의 암석 밀도를 매핑할 수 있을 만큼 정확하게 국지적 중력을 측정하는 데 사용되고 있다. 동일한 원리가 그네를 타는 아이, 철거용 쇠공, 하프파이프의 스케이트보드, 그리고 바람 속에서 고층 건물의 흔들림을 진정시키는 매달린 댐퍼를 지배한다.

물체의 역학적 에너지는 중력 위치에너지의 합이다, $E_p = m g h$ 이고, 그것의 운동에너지 E 는 $k = \frac{1}{2} m v^2$. 마찰이 작용하지 않을 때, 그 합은 보존됩니다. 한 형태가 잃는 것만큼 다른 형태가 얻는 과정이 매 순간 이루어집니다. 진자는 두 형태를 공간에서 분리해 주기 때문에 이 교환을 눈으로 볼 수 있게 만듭니다. 스윙의 양 끝에서 질량은 가장 높은 지점에서 순간적으로 정지하므로 에너지는 온전히 위치에너지입니다. 호의 맨 아래에서 질량은 가장 낮은 지점에 있고 가장 빠르게 움직이므로 에너지는 온전히 운동에너지입니다. 그 사이의 모든 지점은 총합이 항상 같은 혼합 상태를 유지합니다.

이 실험실에서 여러분은 범용 지지대의 단단한 막대에 50g 의 질량을 매달고, 수직선에서 15° 옆으로 당긴 다음, 휴지 위치에서 올라간 높이를 측정할 것입니다. 이를 놓아두고 5 회 완전한 진동 시간을 측정할 것입니다. 그런 다음 30°에서 전체 과정을 반복할 것입니다. 두 높이로부터 각 스윙 시작 시 저장된 위치 에너지를 계산하고, 역학적 에너지 보존 법칙으로부터 장치가 직접 측정하지는 않지만 에너지 계산을 통해 불필요하게 직접 측정할 필요 없이 질량이 호의 최하단에 도달할 때의 속도를 유도해 낼 것입니다.

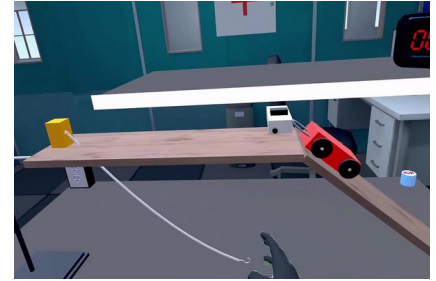
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 길이, 각도, 시간의 정밀 측정
- 중력 위치에너지 계산하기
- 역학적 에너지 보존 법칙 적용하기
- 방출 각도와 에너지의 관계
- 모델 확인 중

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/움직이는-물체의-역학적-에너지/

084 — 등가속도

IB Programme	Physics — Motion
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	A.1 Kinematics
NGSS (HS)	HS-PS2-1 · SEP 4, SEP 5 · CCC 1
NGSS (MS)	MS-PS2-2
Summary	Acceleration and motion graphing



개요

경사면 꼭짓점에서 출발한 카트는 아래로 내려갈 때 속도가 빨라지며, 그 가속도는 판자의 꼭짓점에서 바닥까지 일정하게 유지된다. 그것이 바로 균일 가속 운동이며—매초마다 똑같은 양의 속도가 증가하는—속도가 변하는 가장 단순한 경우이다. 엔지니어들은 창고의 중력 롤러 컨베이어, 루지 트랙, 트럭을 하역하는 경사로 등 하중이 경사면을 따라 내려가는 곳 어디에서나 이를 마주하게 된다. 이는 또한 더 복잡한 모든 운동을 비교하는 기준이 되는 사례이기도 하다.

원인은 카트 무게의 일부만 판자 방향으로 작용하기 때문이다. 중력은 힘을 가지고 수직 아래로 당깁니다 mg ; 경사각이 θ 인 비탈면에서 표면을 따라 작용하는 성분은 $mg \sin \theta$ 이며, 카트를 판자 쪽으로 누르는 성분은 $mg \cos \theta$. 첫 번째는 카트를 밀고, 두 번째는 마찰력이 카트에 저항하는 정도를 결정하므로, 경사면 아래로의 가속도는 $a = g (\sin \theta - \mu \cos \theta)$ 입니다. 질량은 그 식에서 완전히 상쇄됩니다. 무거운 카트와 가벼운 카트는 도착했을 때 무거운 쪽이 더 많은 에너지를 가짐에도 불구하고, 동일한 경사면을 따라 정확히 동일하게 가속됩니다.

이 실험실에서 여러분은 두 개의 판자와 범용 지지대의 클램프를 이용해 경사면을 만들고, 스파크 타이머가 일정한 간격으로 종이 테이프에 점을 찍는 동안 250g의 카트를 그 위로 굴리며, 각도를 점차 높여가며 세 번의 주행을 반복하게 됩니다. 테이프는 운동의 기록입니다. 점 사이의 간격이 멀어진다는 것은 카트가 가속되고 있음을 의미하며, 간격이 벌어지는 속도가 바로 가속도입니다. 그 가속도와 이동 거리를 바탕으로 여러분은 에너지를 설명하게 됩니다. 즉, 중력 위치 에너지가 얼마나 방출되었고, 그중 얼마가 운동 에너지로서 경사면의 바닥에 도달했으며, 내려오는 동안 마찰력에 의해 얼마가 소모되었는지를 분석하게 됩니다.

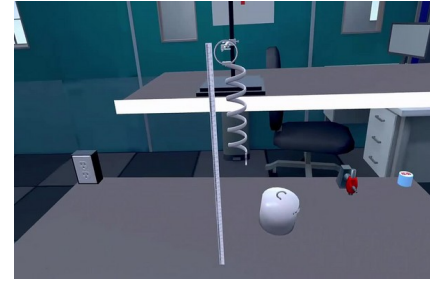
학습 목표

- 경사면 제작 및 특성 분석
- 스파크 타이머를 이용한 운동 기록
- 데이터로부터 속도와 가속도 측정하기
- 등가속도 운동 방정식 적용하기
- 경사면에서의 힘의 분해
- 에너지 설명하기
- 측정의 품질 평가하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/084-등가속도/

085 — 용수철의 변형과 복원력의 관계

IB Programme	Physics — Forces
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	A.4 Rigid body mechanics
NGSS (HS)	HS-PS2-1 · SEP 4, SEP 5 · CCC 1, CCC 2
NGSS (MS)	MS-PS2-2
Summary	Hooke's Law demonstration



개요

스프링은 지금까지 고안된 기계 부품 중 가장 유용한 것들에 속합니다. 차량을 지탱하고, 문을 닫게 하며, 시계를 작동하게 하고, 볼펜을 다시 들어가게 합니다. 실험실에서 힘을 측정하는 데 사용하는 도구인 뉴턴 측정계, 즉 용수철저울은 그 자체로 눈금이 매겨진 스프링에 불과하므로, 스프링이 하중에 어떻게 반응하는지 이해하는 것은 힘 자체가 어떻게 측정되는지 이해하는 것입니다. 이 반응은 훅의 법칙으로 설명됩니다. 탄성 범위 내에서 스프링은 늘어난 길에 비례하는 복원력을 발휘하며, $F = k\Delta l$ 입니다. 여기서 스프링 상수 k 는 그 특정 스프링의 강성을 측정합니다. 이 비례성이 핵심이며 —하중을 두 배로 늘리면 늘어나는 길이도 두 배가 됩니다—스프링을 측정 장치로 사용할 수 있게 만드는 이유입니다. 이번 실험에서는 스탠드에 스프링을 매달고, 1 N 부터 9 N 까지의 하중을 균등한 간격으로 가한 뒤, 고정된 자를 대고 각 하중에 의해 늘어난 길이를 읽어낼 것입니다. 복원력을 늘어난 길이에 따라 그래프로 그리며 선형 관계가 드러나게 되며, 그 직선의 기울기가 바로 스프링 상수입니다.

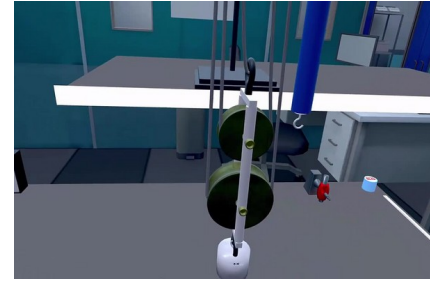
학습 목표

- 실험실 환경 익숙해지기
- 측정 기기의 사용
- 훅의 법칙 이해하기
- 그래프 및 수학적 분석
- 결과에 대한 비판적 분석

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/085-용수철의-변형과-복원력의-관계/

086 — 호이스트의 작동

IB Programme	Physics — Energy, systems
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	A.3 Work, energy, power
NGSS (HS)	HS-PS3-3 · SEP 2, SEP 6 · CCC 4, CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS3-5
Summary	Pulleys and mechanical advantage



개요

호이스트는 도르래 묶음, 즉 고정된 도르래 문치와 움직이는 도르래 문치 사이를 로프가 왕복하며 통과하여 하중이 하나의 로프가 아닌 여러 가닥의 로프에 동시에 매달리도록 하는 장치이다. 건설 현장의 크레인, 공연장의 무대 장치 매달기 시스템, 세일링 보트의 메인시트, 차고의 엔진 리프트는 모두 같은 기계이며, 모두 같은 이유로 존재한다. 즉, 사람은 짧은 시간 동안 힘껏 당길 수는 있지만 몇 백 뉴턴의 힘으로는 아예 당길 수 없기 때문이다.

그 원리는 하중의 무게가 가동 도르래를 지지하는 가닥들 사이에 균등하게 분배된다는 것이다. 그러한 가닥이 다섯 개인 경우, 각 가닥은 무게의 5분의 1을 지탱하며, 로프의 자유 끝단은 단순히 그 가닥들 중 마지막 가닥이므로 손이 당기는 힘은 5분의 1에 불과하다. 공짜로 얻어지는 것은 없다. 하중을 20cm 들어 올리려면 다섯 가닥 각각이 20cm씩 짧아져야 하므로, 결과적으로 1미터 전부에 달하는 로프를 당겨야 한다. 기계는 힘을 증폭시키고 거리를 나누며, 그 둘의 곱인 일(work)은 기계가 바꿀 수 없는 것이다. 실제 호이스트가 할 수 있는 일은 축의 마찰과 하중과 함께 들어 올려야 하는 가동 도르래의 무게로 인해 그 일의 일부를 손실하는 것이며, 살아남는 비율이 바로 효율이다.

이 실험실에서는 5 가닥의 도르래 묶음(호이스트)에 1 N의 추를 매달고, 하중이 일정한 속도로 상승할 때까지 용수철저울(다이내모미터)을 당겨 필요한 힘을 측정합니다. 9 N이 될 때까지 매번 1 뉴턴씩 추가하여 이 측정을 8번 더 반복하고, 모든 시행에 대해 당기는 힘에 대한 하중의 비를 계산합니다. 등속도 운동하는 하중에 뉴턴의 제 2 법칙을 적용하면 무게와 줄의 장력 사이의 관계가 도출되며, 투입한 일과 하중이 얻은 위치에너지(퍼텐셜 에너지)를 비교하면 기계의 효율을 알 수 있습니다.

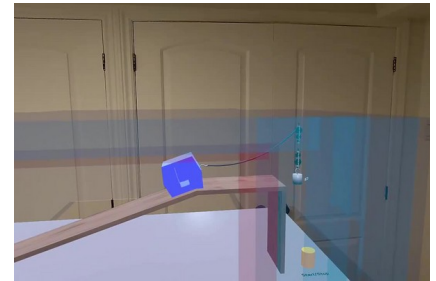
학습 목표

- 도 블록 앤 태클이 힘을 증폭시키는 원리 이해하기
- 평형 상태의 계에 뉴턴의 법칙 적용하기
- 힘과 변위 측정
- 일, 에너지 및 효율
- 일련의 하중 데이터에 걸친 추세 해석
- 기계를 용도에 연결하기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/086-호이스트-작동/

087 — 연극 무대 디자인에서의 기계적 이점

IB Programme	Physics — Energy, systems
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	A.4 Mechanics
NGSS (HS)	HS-PS3-3; HS-ETS1-2 · SEP 2, SEP 6 · CCC 4, CCC 6
NGSS (MS)	MS-PS3-5
Summary	Engineering applications of pulleys



개요

플라이 타워가 있는 모든 극장은 평형추 시스템으로 작동합니다. 무대 장치, 조명 바 또는 연출자가 모터가 아니라 로프 반대편에 있는 질량에 의해 움직이며, 무대 기술자의 기술은 연출가가 요구한 시간에 움직이고, 제자리에 도달하며, 절대 통제력을 잃지 않도록 그 질량을 선택하는 것입니다. 똑같은 원리가 케이블카, 엘리베이터, 상하로 여닫는 창문, 크레인에도 적용됩니다. 즉, 로프와 도르래를 통해 무거운 물체가 다른 무거운 물체와 균형을 이루는 곳 어디에나 적용됩니다.

여기서 두 가지 물리학 원리가 만납니다. 첫 번째는 도블래(복합 도르래)입니다. 움직도르래를 지지하는 다섯 가닥의 줄 덕분에 힘은 다섯 배로 커지고 거리는 5 분의 1로 줄어들어, 균형추는 하중보다 5 분의 1만큼만 움직이면서 다섯 배 강하게 당깁니다. 두 번째는 평형 상태가 아닌 계에 적용되는 뉴턴의 제 2 법칙입니다. 장치를 정확히 균형 잡게 하는 균형추라면 그대로 멈춰 있게 하겠지만, 정해진 시간 안에 움직이게 하려면 균형추가 의도적으로 균형점보다 더 무거워야 하며, 그 초과분이 두 질량을 모두 가속시키고 경사면의 마찰을 극복하게 합니다. 두 끝이 밧줄로 서로 묶여 있기 때문에, 두 물체의 가속도는 변위와 마찬가지로 동일한 5 대 1의 비율로 고정됩니다.

이 실험실에서는 다음과 같은 상황을 바탕으로 작업을 수행하게 됩니다: 총 150 kg 인 배우를 태운 요람이, 5 가닥 도르래에 매달린 평형추에 의해 당겨지며, 법선력의 24 %에 해당하는 마찰력을 이겨내고 18° 경사의 경사로를 따라 12 m 위로 이동해야 합니다. 시연을 진행한 후, 이동 시간과 평형추의 변위를 측정하고, 이를 바탕으로 역산해야 합니다. 즉, 운동학으로부터 각 물체의 가속도를 구하고, 자유체도에서 요람에 작용하는 여섯 가지 힘을 도출한 뒤, 마지막으로 이 시나리오에 필요한 평형추의 질량을 구해야 합니다. 마지막 질문은 현장의 기술자가 실제로 던지는 질문입니다. 즉, 이 물리량들 중 어떤 것을 변경할 수 있는지, 그리고 각 변경 사항이 움직임에 어떤 영향을 미치는지 알아보는 것입니다.

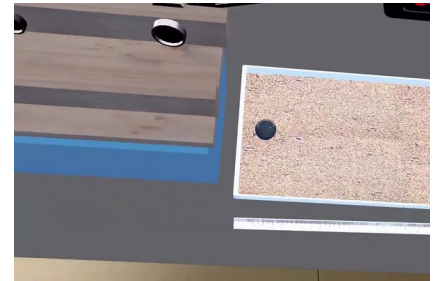
학습 목표

- 두 물체 사이의 구속조건으로서 기계 읽기
- 자유물체도 작성 및 활용
- 등가속도 운동학 적용하기
- 사양에 맞춘 설계
- 마찰과 손실 고려하기
- 모델을 단계에 연관시키기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/087-극장-무대-디자인에서의-역학적-이점/

088 — 알짜힘과 가속도의 관계

IB Programme	Physics — Forces
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	A.2 Forces and momentum
NGSS (HS)	HS-PS2-1 · SEP 4, SEP 5 · CCC 2
NGSS (MS)	MS-PS2-2
Summary	Projectile motion exploration



개요

공이 탁자 끝에서 굴러 떨어질 때는 동시에 두 가지 일이 일어나며, 포물선 운동 전체는 이 두 가지 일이 서로 간섭하지 않는다는 사실에 기반을 두고 있습니다. 수평 방향으로의 앞이나 뒤로 밀어내는 힘이 없기 때문에 떠날 때의 속도를 그대로 유지합니다. 수직 방향으로의 중력이 옆으로 움직인다는 사실에 상관하지 않기 때문에, 제자리에서 떨어졌을 때와 정확히 똑같이 낙하합니다. 벤치에서 살짝 굴러 떨어진 공과 똑같은 벤치에서 강하게 쏘아 올려진 공은 바닥에 동시에 떨어지며, 오직 벤치로부터의 거리만 다릅니다. 이러한 독립성 덕분에 탄도학, 멀리뛰기 기술, 던져진 창의 궤적을 계산할 수 있는 것입니다.

그 결과 놀라운 정도로 단순한 예측이 나온다. 공중에 머무는 시간은 낙하 높이에 의해 온전히 결정된다. $h = \frac{1}{2}gt^2$ 은 $t = \sqrt{(2h/g)}$ 를 산출하며, 이는 동일한 벤치에서의 모든 발사에 대해 동일하다. 수평 거리는 그 고정된 시간이 발사 속도에서 얻어내는 만큼이 된다. $\Delta x = v_{xt} = vx\sqrt{(2h/g)}$. 따라서 범위는 정비례 발사 속도에 비례하며 — 그 제곱도 아니고, 그보다 복잡한 어떤 것도 아니며 — 이 둘을 서로 대조하여 그린 그래프는 원점을 지나는 직선이 되고, 그 기울기는 초 단위의 비행 시간이다.

이 실험실에서는 금속 공이 수평 레일을 따라 발사되어 끝부분을 지나 모래 상자로 들어간다. 레일의 직선 구간에 고정된 거리만큼 떨어져 있는 두 개의 포토다이오드 센서가 공이 지나갈 때의 시간을 측정하여 발사 속도를 직접 알려주며, 자는 착지 면 위에서의 레일 높이를 제공하고, 줄자는 레일 끝에서 낙하 지점까지의 수평 거리를 측정한다. 발사기 강도를 높여가며 8 회의 발사가 이루어지고, 발사 속도와 수평 거리의 쌍들이 서로에 대해 그래프로 그려진다. 검증하고자 하는 것은 해당 직선의 기울기가 측정된 높이로부터 계산된 $\sqrt{(2h/g)}$ 와 일치하는지 여부이며, 이는 자유 매개변수가 전혀 없는 상태에서 이루어진 예측이다.

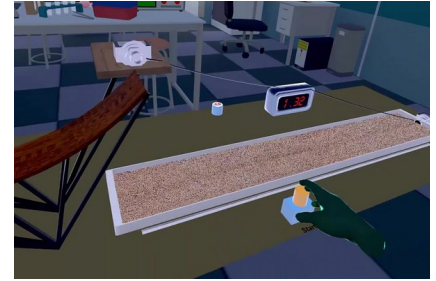
학습 목표

- 발사체 운동을 두 개의 독립된 문제로 이해하기
- 한 쌍의 센서로 속도 측정하기
- 운동학 방정식 적용하기
- 그래프 작성 및 해석
- 오류와 그 방향성 평가
- 실험실 밖의 세계와 결과 연관시키기

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/088-결과-힘과-가속도의-관계/

091 — 운동 에너지

IB Programme	Physics — Energy and Movement
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	A.3 – Work, energy, power
NGSS (HS)	HS-PS3-1; HS-PS3-2 · SEP 5, SEP 6 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS3-1
Summary	Projectile motion and the role of air resistance



개요

이 실험실에서는 투사체 운동의 원리를 탐구하고 실제 조건에서 공기 저항의 역할을 조사합니다. 투사체 운동은 중력의 영향 하에 공중으로 발사된 물체의 움직임을 설명합니다. 이상적인 모델에서는 발사 후 물체에 작용하는 유일한 힘은 중력이며, 예측 가능한 포물선 궤적을 생성합니다. 그러나 실제 상황에서는 공기 저항과 같은 추가적인 힘이 운동에 영향을 미치고 이론적 예측에서 벗어날 수 있습니다.

이 실험에서 구슬은 31° 경사진 내하강 경사로가 장착된 램프에서 출발하여, 모래 위 12 cm 높이에 끝단이 위치한 45° 경사진 상승 경사로를 통해 발사되며, 공중을 날아가 모래 상자에 착지할 때의 운동이 관찰된다. 램프를 따라 구슬의 출발 위치를 다르게 함으로써, 학생들은 운동의 초기 조건, 특히 탈출 속도를 변경한다. 이러한 변화를 통해 체공 시간, 수평 거리, 탈출 속도와 같은 물리적 매개변수가 궤적에 미치는 영향을 조사할 수 있다.

실험실에서는 이론적 계산과 실험 측정 사이의 비교를 강조한다. 학생들은 공기 저항이 없는 상태에서 구슬의 움직임을 예측하기 위해 운동학 방정식을 적용한 다음, 이러한 예측을 관찰된 데이터와 비교할 것이다. 이 비교는 이상적인 모델의 한계에 대한 통찰력을 제공하고 공기 저항과 같은 실제 힘의 영향을 강조한다.

이 활동을 통해 학생들은 2 차원 운동, 운동의 수평 및 수직 구성 요소의 독립성, 물리학에서 실험적 검증의 중요성에 대한 더 깊은 이해를 발전시킵니다. 또한 이 실험은 정확한 측정 기술의 사용과 결과 해석 시 비판적 분석을 강화합니다.

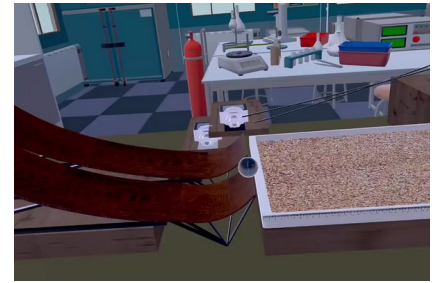
학습 목표

- 투사체 운동 이해
- 운동학 방정식의 응용
- 초기 조건 분석
- 실험 측정 및 데이터 수집
- 이론과 실험의 비교
- 공기 저항의 역할 이해

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/091-운동-에너지/

106 — 경사면에서의 구름 운동

IB Programme	Physics — Motion
Secondary Programme	DP Physics
Syllabus Reference	A.1 Kinematics
NGSS (HS)	HS-PS2-1; HS-PS3-2 · SEP 4, SEP 5 · CCC 5
NGSS (MS)	MS-PS2-2
Summary	Rolling motion and energy conservation



개요

구르는 물체는 에너지를 한 번에 두 곳에 나누어 담으며, 바로 그 단 하나의 사실이 이 실험실의 거의 모든 수치를 결정합니다. 창고의 중력 롤러 컨베이어, 볼 베어링, 볼슬레이 및 스케이트보드 트랙, 그리고 역학을 가르치는 데 사용되는 중력 구동 구슬 굴리기 모두 경사로 끝에서 구르는 물체가 얼마나 빠르게 이동할지에 대한 이해에 달려 있습니다. 그리고 구르는 물체는 같은 높이에서 출발한 미끄러지는 물체만큼 결코 빨리 도착하지 않습니다.

물체가 마찰 없이 미끄러질 때, 물체가 잃는 중력 위치 에너지 1 줄은 모두 평행 이동을 하는 운동 에너지로 변환됩니다. 반면, 미끄러짐 없이 구를 때는 접촉면이 물체를 회전시키는 마찰 토크를 발생시키기 때문에, 그와 동일한 에너지가 회전 에너지와 공유되어야 합니다. 고체 구의 경우, 회전 에너지가 전체 에너지의 7 분의 2 를 차지하므로, 구체를 앞으로 나아가게 하는 데 사용되는 에너지는 7 분의 5 뿐이다. 이것이 실험실 전체에 걸쳐 등장하는 계수 10/7 의 유래입니다. 이 계수는 미끄러짐 경우의 익숙한 $v = \sqrt{2gh}$ 를 $v = \sqrt{10gh/7}$ 로 대체하며, 속도는 약 15 % 더 느려집니다. 중력은 보존력이기 때문에 경사의 모양이나 길이는 그 속도와 무관하며, 오직 수직 낙하 높이만이 중요합니다.

이 실험실에서 여러분은 내려가는 구간의 길이는 둘 다 1.0 m로 같지만 경사각이 1 번 경사는 15°, 2 번 경사는 20°로 달라서 결과적으로 높이가 다른 두 경사로를 비교합니다. 여러분은 에너지 보존 법칙만을 사용하여 각 경사로 하단에서의 구슬의 속도를 예측한 다음, 한 쌍의 포토다이오드 게이트와 전자 타이머로 이를 측정할 것입니다. 그런 다음 각 경사로 끝에 있는 짧은 45° 오르막 구간을 지난 후 구슬이 얼마나 높이 올라갈지 예측하고 그것 역시 측정한 후, 두 구조 중 어느 쪽이 구슬을 더 높이 발사하는지, 그리고 왜 측정값이 예측값보다 약간 못 미치는지 그 이유를 결정할 것입니다.

학습 목표

- 구름 운동과 에너지의 공유
- 역학적 에너지 보존 법칙으로부터의 예측
- 발사 및 비행의 기원학
- 경사로 기하학의 영향
- 포토다이오드 게이트와 전자 타이머를 이용한 측정
- 모델과 측정값의 비교

실험실 페이지: proteus-vr.com/ko/실험실-목록/경사면에서의-구름-운동/