목차

SSU-SW-21-이준혁

1. 물리학 기초

1. 물리학 기초

1. 단위의 표준 (mks 단위계) (SI 단위계)

메모 포함[이1]: meter, kg, second

- 길이

미터(m). 진공 속에서 빛이 특정 시간동안 이동한 거리를 1m로 정의.

- 질량

킬로그램(kg). 특정 플랑크 상수 값을 줄 수 있는 질량 값을 1kg으로 정의.

- 시간

세슘 원자에서 나오는 복사선 주기의 특정 배수를 1초로 정의.

- 그 외

전류: 암페어(A), 광도: 칸델라(cd), 온도: 켈빈(K), 물질의 양: 몰(mol)

+ 물리량을 쓸 때에는 반드시 단위를 명시해주어야 함.

SSU-SW-21-이준혁

2. 10의 거듭제곱을 나타내는 접두어

"특정 접두사+미터"인 경우의 1단위는 "접두사에 대응되는 10의 거듭제곱 x 1미터"임

알파벳 대소문자 구분 주의.

단위에 곱해지는 배수	접두어의 명칭	접두어의 기호	단위에 곱해지는 배수	접두어의 명칭	접두어의 기호
10^{24}	요타(yotta)	Y	10^{-24}	욕토(yocto)	y
10^{21}	제타(zetta)	Z	10^{-21}	젭토(zepto)	z
10^{18}	엑사(exa)	E	10^{-18}	아토(atto)	a
10^{15}	페타(peta)	P	10^{-15}	펨토(femto)	f
10^{12}	테라(tera)	T	10^{-12}	피코(pico)	p
10^{9}	기가(giga)	G	10^{-9}	나노(nano)	n
10^{6}	메가(mega)	M	10^{-6}	마이크로(micro)	μ
10^{3}	킬로(kilo)	k	10^{-3}	밀리(milli)	m
10^{2}	헥토(hecto)	h	10^{-2}	센티(centi)	c
10^{1}	데카(deca)	da	10^{-1}	데시(deci)	d

('베타'가 아니라 '페타'라고 읽음.)

메모 포함[이2]: 10^15부터 10^-15까지는 암기. (14개)

3. 단위의 변환

단위도 대수처럼 취급하여 곱셈과 나눗셈을 할 수 있음. 즉, 단위끼리 곱해서 소거도 가능함.
(덧셈, 뺄셈은 단위를 통일시켜야 연산 가능.)

- 바꿈 인수 사용법 (단위 변환).

메모 포함[이3]: 숫자가 아니라 단위에 초점을 맞춰야 한다!!!

1) 어떤 단위로 바꿔야 하는지 확인.
2) 주어진 물리량을 단위와 함께 분수 형태로 작성.
3) 1을 곱해서 특정 단위를 소거. 필요한 단위 집어넣기.
-> 여기서 곱하는 1은 분모와 분자에 각각 다른 단위의, 같은 값으로 설정한 수임.
(ex. 1000m/1km = 1)

SSU-SW-21-이준혁

4. 물질의 구성요소

처음에는 원자가 물질을 구성하는 가장 작은 단위로 인식됨
닐스 보어의 원자 모형: 태양계와 같이 원자핵이 있고 전자가 그 주위를 도는 모형.
간단한 원자를 이해하는 데 도움을 주었지만 원자의 세밀한 구조는 설명하지 못함.

원자핵: 핵자(양성자와 중성자)로 이루어져 있음
양성자: 양전하(기본전하량)를 가지는 입자. u 2개, d 1개로 이루어짐. 물질이 어떤 원소인지를 결정함.
중성자: 전하를 가지고는 있지만 결과적으로는 전하를 띠지 않는 입자. u 1개, d 2개로 이루어짐.
전자: 음전하(기본전하량)를 가지는 입자. 더 이상 쪼개지지 않음.
핵력: 핵 내부에 작용하는 힘. 핵자 사이에서 작용함. 전자기력보다 훨씬 강해서 양성자들끼리 붙어있을 수 있음. 핵력에는 강력과 약력이 있음.
쿼크: 핵자를 이루는 소립자. 전하량을 가짐. 위(up), 아래(down), 기묘(strange), 맵시(charm), 바닥(bottom) 꼭대기(top)로 6가지가 있음.

원자의 구성 [편집]

양성자·중성자·전자의 특성

입자	질량[kg]	상대 질량	전하[C]	상대 전하
양성자	1.673×10^{-24}	1	$+1.602\times10^{-19}$	+1
중성자	1.675×10^{-24}	1	0	0
전자	9.110×10^{-28}	1/1837	-1.602×10^{-19}	-1

ㄱ

이름	영명	기호	전하량	정지 질량 (MeV/c^2)
up	up 업[ㄱ]	u	+⅔	1.5 - 5
down	down 다운[ㄱ]	d	−⅓	17 - 25
charm	charm 참[ㄱ]	c	+⅔	1100 - 1400
strange	strange 스트레인지[ㄱ]	s	−⅓	60 - 170
top	top 톱[ㄱ]	t	+⅔	165000 - 180000
bottom	bottom 보텀[ㄱ]	b	−⅓	4100 - 4400

5. 크기 정도 어림

근삿값으로 어림하는 것.

- 과학적 표기법

상수(A.BCD...꼴)와 10의 거듭제곱의 곱 꼴로 나타냄.

a x 10^n (1 ≤ a < 10)

1) $\sqrt{10}$ ≤ a < 10 인 경우 -> 10^n+1로 어림.
2) 1 ≤ a < $\sqrt{10}$ 인 경우 -> 10^n으로 어림

- 크기 정도 어림 기호

A~B라 하면 A는 대략 B라는 뜻으로, B는 A의 어림값임.
(ex. 3400000000000~10^12)

메모 포함[이4]: + 수소 원자핵은 양성자 하나로만 이루어져 있음

메모 포함[이5]: 양성자 수가 같아도 중성자 수가 다르면 동위원소가 됨.

메모 포함[이6]: + 양성자 하나와 중성자 하나의 질량은
거의 같음.
+ 양성자 하나와 전자 하나의 전하량은 같음.

메모 포함[이7]: 정확한 어림값을 사용하기 위해
10이 아니어도 특정 수로 어림하기도 한다.

SSU-SW-21-이준혁

6. 좌표계

공간 상에서의 위치와 방향을 나타내기 위해 사용함.

좌표축이 n개라면 n개의 좌표로 점을 나타냄.

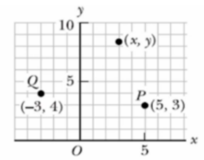
메모 포함[이8]: 직선 -> 1개의 좌표로 나타냄.
평면 -> 2개의 좌표로 나타냄.
공각 -> 3개의 좌표로 나타냄.

"원점, 좌표축, 점을 나타내는 방법"으로 구성됨. 점을 나타내는 방식에 따라 2가지로 구분함.
이 두 가지 방식은 삼각함수를 이용해서 서로 전환할 수 있음.

- 직각 좌표계

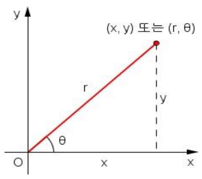
축의 좌표로 점을 나타내는 방식.

P(x,y)



- 평면 극좌표계

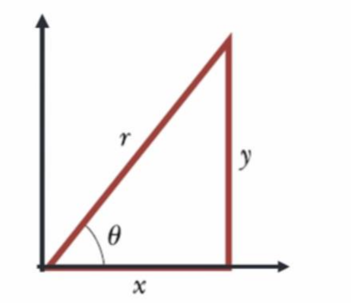
원점으로부터 떨어진 거리와 각도로 점을 나타내는 방식.



p(r,θ)
r : 원점으로부터의 거리
θ : +x축을 기준으로 측정한 각도.
(+)는 반시계방향, (-)는 시계방향.

SSU-SW-21-이준혁

7. 삼각함수



$\sin\theta = \frac{y}{r}$, $\cos\theta = \frac{x}{r}$, $\tan\theta = \frac{y}{x}$, $atan\left(\frac{y}{x}\right) = \theta$

1) 직각 좌표계 -> 평면 극좌표계

탄젠트를 이용해서 θ값을 먼저 찾아야 함.

tan 함수를 이용해서 대응되는 θ값을 찾거나
atan 함수를 이용해서 θ값을 구할 수 있음.

θ값을 구하면 단순 대입으로 r값도 구할 수 있음.

2) 평면 극좌표계 -> 직각 좌표계

$\sin\theta = \frac{y}{r}$, $\cos\theta = \frac{x}{r}$ 공식에 값을 대입해 x, y를 찾을 수 있음.

+ 삼각함수의 기본 관계식들

$\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$

$1 + \tan^2\theta = \frac{1}{\cos^2\theta}$

$1 + \frac{1}{\tan^2\theta} = \frac{1}{\sin^2\theta}$

+ sin, cos, tan 각변환

1) 닭뼈 : sin, tan는 부호를 빼낼 수 있음. cos은 부호를 삼켜버림.
2) sin의 180도 공식 : 더해서 180도가 되는 두 각을 sin에 넣으면 값이 같음. cos, tan에 넣으면 부호만 반대.
3) cos이 360도 공식 : 더해서 180도가 되는 두 각을 cos에 넣으면 값이 같음. sin, tan에 넣으면 부호만 반대.
4) 90도 공식 : 더해서 90도가 되는 두 각을 sin, cos에 넣으면 각각 cos, sin으로 바뀜. tan에 넣으면 1/tan가 됨.

+ sin, cos, tan함숫값는 각각 두 변의 길이에 대한 비율이므로 단위가 없음.

+ 각의 공식 단위는 rad임.

메모 포함[이9]: tan 함수의 역함수.

메모 포함[이10]: x, y값만이 주어졌을 때는 θ값을 알 수 없다.
y/x값만이 주어졌을 때에는 일대일대응이 되지 않는다..?

x, y값 각각의 부호를 알아야 한다.
sin, cos값의 부호나 그림을 이용해야 할 듯.

SSU-SW-21-이준혁

8. 입자

크기가 무시되는 물체
입자로 취급(입자화)해서 위치나 힘을 계산함.

질점: 질량이 있는 입자.
해당 물체의 무게중심을 질점의 위치로, 그 물체의 질량을 질점의 질량으로 함.

회전운동 등을 고려해야 하는 경우에는 물체를 입자화하지 않음.

9. 원, 구 관련 공식들.

(r : 원 또는 구의 반지름)

원의 넓이 : πr^2

원주 (원의 둘레) : $2r\pi$

구의 겉넓이 : $4\pi r^2$

구의 부피 : $\frac{4}{3}\pi r^3$

SSU-SW-21-이준혁

2. 유효숫자

1. 유효숫자

측정도구에서 신뢰할 수 있는 숫자.

유효숫자가 많을수록 측정값의 정밀도가 높고, 적을수록 측정값의 정밀도가 낮음.

2. 유효숫자 세는 법

1) 0이 아닌 숫자는 모두 유효숫자

2) 0이 아닌 숫자들 사이의 0은 유효숫자

3) 0이 아닌 숫자 뒤에 있는 소수점 아래 0은 유효숫자
소수점 아래에서 첫 번째 어림잡은 수까지 유효숫자로 취급함
(ex. 7.4XXX를 7.45로 어림했다면, 이 수는 유효숫자가 3개임.)

4) 첫머리에 있는 0들은 유효숫자 아님.

5) 자연수의 끝자리 0들은 유효숫자인지 알 수 없음 -> 과학적 표기법을 사용해야 함.

6) 공식에 있는 숫자들이나 원주율 같은 정의된 값들은 유효숫자와 관련이 없음.

3. 과학적 표기법

특정 수들(400, 3000이런 수들.)은 표기법에 따라 유효숫자를 알 수 없는데,
이를 해결하기 위해 사용하는 표기법.

a x 10^n 꼴 (1 ≤ a < 10)

표기에 따라 유효숫자 개수가 달라질 수 있음.
(ex. 1.960과 1.96은 다름.)

4. 유효숫자 연산 규칙

1) 물리량을 곱하거나 나눌 때에는, 결과값의 유효숫자 개수가 원래 물리량들의 최소 유효숫자 개수보다 클 수 없음.

2) 물리량을 더하거나 뺄 때에는, 원래 물리량들 중에서 소수점 이하 자릿수가 가장 작은 것과 결과값의 소수점 이하 자릿수를 맞춰줘야 함. (반올림함.) (ex. 4.05 + 3.4 = 7.5 이렇게 맞춰줘야 함.)
(제곱근 등 함수 계산들은 곱셈과 나눗셈처럼 계산함.)

메모 포함[이11]: 유효숫자는 실험에서 다루는 측정값에 사용한다.

이론에서는 유효숫자를 고려하라는 특별한 언급이 없으면 유효숫자를 고려하지 않아도 됨.

pi값 등과 같은 측정값이 아닌 값들은 반올림하더라도 유효숫자 계산과는 아무 관련이 없다.

메모 포함[이12]: 측정 시에 자연수 끝자리에 0들이 오지 않도록 과학적 표기법을 이용하여 유효숫자를 명시해 주어야 한다.

애초에 숫자 자연수 끝자리에 0들이 오는 측정값은 유효숫자를 셀 수 없기에, 측정 시에 어림한 것을 과학적 표기법으로 나타내 주어야 한다.

메모 포함[이13]: 절대적인 유효숫자 계산법은 없음.
실험의 정밀도를 높이기 위해 약속하는 정도.
이 물리1및실험(실험) 교과에서는 이 연산 규칙을 따르는 것으로 약속함.

SSU-SW-21-이준혁

2. 역학

1. 일차원 운동

메모 포함[이14]: 운동에 관한 문제 접근 기본 철칙
1. 무슨 운동인지 파악
2. 좌표계 도입여부 결정

1. 위치

기준점(원점)에 대한 입자의 위치. 좌표상의 한 점.

위치는 벡터 물리량.

+ 좌표값 (성분)

좌표에 있는 값. 성분이라고도 함.

수학에서처럼 이야기하던 위치는 사실 좌표값임.

위치는 벡터값이기 때문에 화살표로 나타내는 것이 정확함.

하지만 좌표계가 정해지면 좌표값만 가지고도 부호로 방향을 이야기할 수 있기 때문에 화살표를 다 그리면서 위치를 명시하지 않고 좌표값만을 가지고 이야기하기도 함.

SSU-SW-21-이준혁

2. 변위와 이동거리

1) 변위 (Δx)

특정 시간 동안의 위치 변화.
벡터 물리량.
시작과 끝의 위치만 고려함.

$$\Delta x \equiv x_f - x_i$$

(x_f: 나중위치 x_i: 처음위치)

2) (이동) 거리 (d)

입자가 이동한 경로의 길이
스칼라 물리량.

+ 변화량 Δ

'나중 물리량 - 처음 물리량'을 의미함.

나중 물리량은 x 옆에 f를 쓰거나 아예 안 씀. (future?)
처음 물리량은 x 옆에 i를 쓰거나 0을 씀. (initiation?)

+ ≡ 기호

여러 의미가 있지만, 여기서는 정의한다는 것을 나타내는 기호임.

SSU-SW-21-이준혁

3. 속도

1) 평균속도 ($\overline{v_x}$) (m/s)

단위시간 당 변위.

$$\overline{v_x} \equiv \frac{\Delta x}{\Delta t} \text{ (m/s)}$$

벡터 물리량.

표기 시에 x와 바를 빼고 'xavg' 또는 'x평균'을 붙여 쓰기도 함.

s-t그래프 상에서 특정 시간 구간에서의 기울기를 구하면 그 시간에서의 평균속도임.

평균속도는 긴 시간간격 동안의 물리량이므로 해당 시간간격 내에 어떤 일이 있었는지를 확인할 수 없음 -> 순간속도 사용.

2) 순간속도 (m/s)

매우 짧은 시간간격 당 변위.

$$v_x \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} \text{ (m/s)}$$

벡터 물리량.

s-t그래프에서 접선의 기울기가 해당 시간의 순간속도임. (접선의 기울기 -> 미분)

4. 속력

1) 평균속력 (m/s)

단위시간 당 이동거리.

$$\bar{v} \equiv \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ (m/s)}$$

스칼라량.

2) 순간속력 (m/s)

$$v \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \text{ (m/s)}$$

매우 짧은 시간간격 당 이동거리.

순간속도의 크기. 방향이 바뀌기에는 너무 짧은 시간 간격이므로 순간속력은 항상 순간속도의 크기임.

스칼라량.

SSU-SW-21-이준혁

+ 평균속도와 평균속력

순간속력과 순간속도의 관계와는 달리, 평균속력은 평균속도의 크기가 아님.

항상 '평균속력 >= 평균속도'가 성립함.

이동방향이 변하지 않았으면 둘의 값이 같고, 이동방향이 변했으면 평균속력 값이 큼.

(변위와 이동거리이므로 당연함.)

+ 순간속력, 순간속도는 속력, 속도라고 함. 하지만 평균속력, 평균속도의 평균은 빼면 안됨.

+ 일차원 운동에서 운동방향이 바뀔 때 속도는 0 임.

+ 등속도운동

속도가 일정한 운동.

속도의 크기뿐만이 아니라 방향 또한 일정해야 함.

+ 평균속도, 평균가속도는 문자 위에 -를 붙여서 표시함. (ex. $\bar{a}$)

SSU-SW-21-이준혁

6. 가속도

시간에 따라 속도가 변하는 정도를 나타낸 물리량.

1) 평균가속도 (m/s^2)
단위시간 당 속도 변화량.
벡터 물리량.

$$\overline{a_x} \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t} \ \text{(m/s^2)}$$

2) 순간가속도 (m/s^2)
매우 짧은 시간간격 당 속도 변화량.
벡터 물리량.

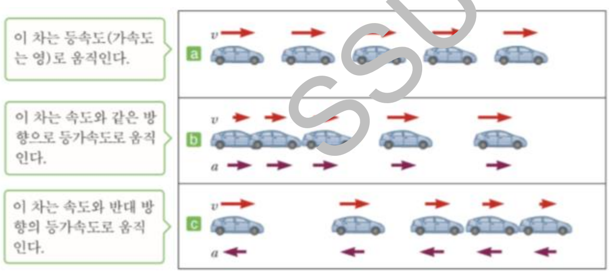
$$a_x \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d^2x}{dt^2} \ \text{(m/s^2)}$$

+ 가속도 운동

시간에 따라 물체의 속도가 변하는 운동.

+ 운동 도표

물체의 운동을 특정 시간 간격마다의 위치에 속도와 가속도 벡터를 표시한 표.



SSU-SW-21-이준혁

7. 일차원 등가속도 운동 공식

1) $v_x = v_0 + a_x t$ (v_x: 나중속도, v_0: 처음속도, a_x: 가속도)

2) $\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} a_x t^2$ (Δx: 변위)

3) $2a_x \Delta x = v_x^2 - v_0^2$ (a_x: 가속도, Δx: 변위, v_x: 나중속도, v_0: 처음속도)

4) $v + v_0 = \frac{2s}{t}$

+ 등가속도 운동의 평균속도

평균속도는 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 로 구할 수 있지만 등가속도 운동에서는 $\frac{v_x + v_0}{2}$ 로도 구할 수 있음.

$$\boxed{\overline{v_x} = \frac{v_x + v_0}{2}}$$

+ 등가속도 운동인 경우 '평균가속도 = 순간가속도' 임.

---

8. 일차원 운동의 그래프

1) s-t 그래프

기울기: 속도

2) v-t 그래프

넓이: 이동거리 (정적분 값이 변위)
기울기: 가속도

3) a-t 그래프

넓이: 속도 변화량

메모 포함[이15]: 가속도의 정의에서 유도할 수 있음. (초기 시간을 0으로 했을 때)

메모 포함[이16]: 1번 공식을 4번 공식에 대입하면 유도할 수 있음.

메모 포함[이17]: 1번 공식을 4번 공식에 대입하면 유도할 수 있음.

'나중 - 처음'으로 암기하기.

메모 포함[이18]: 평균속도의 정의에서 유도할 수 있음.

SSU-SW-21-이준혁

9. 자유낙하

자유낙하란 처음 운동과는 상관없이 오직 중력의 영향만을 받는 운동임.

중력 낙하 가속도 (g) : 자유낙하 시 받는 가속도

g의 '크기'는 고도가 높아질수록 작아짐. 위도에 따라서도 달라짐.
g의 '크기'는 지표면에서 근사적으로 9.80m/s^2임.

$$\boxed{a = -g = -9.80 m/s^2}$$

관습적으로 위쪽 방향을 (+)라고 하면 중력 낙하 가속도는 음수 값을 가짐.

계산의 편의를 위해 문제를 풀 때는 g를 10m/s^2로 하기로 함.

+ 연직 위로 던진 물체는 올라갔다 내려오는 동안 같은 높이에서의 속력이 같음.

메모 포함[이19]: 위로 던지던 아래로 던지던 가만히 놓던 상관없음.

실험에서는 정지상태에서 시작해야 한다고 했음 정의가 다르니 주의하기. 시험에는 이론의 정의를 사용할 듯.

메모 포함[이20]: 이 g는 크기를 의미하는 듯.

SSU-SW-21-이준혁

2. 벡터

1. 스칼라

크기만 있고 방향이 없는 물리량. (ex. 길이, 질량, 시간)
일반적인 산술 법칙을 따름.
스칼라도 부호를 가질 수 있음. (ex. 일은 스칼라임에도 0보다 작을 수 있음)

2. 벡터

크기와 방향이 모두 있는 물리량. (ex. 위치, 힘, 변위, 속도, 가속도)

일반적인 산술 법칙을 따르지 않고 특수한 계산법을 따름.

수식에 나타낼 때에는 문자 위에 화살표를 올려서 표시함.
벡터의 방향은 부호로 나타냄.
벡터의 크기는 화살표를 안 쓰거나 절댓값을 씌워서 나타냄.

방향을 나타내야 하기 때문에 좌표계가 도입돼야 함.
벡터를 그래프로 나타낼 때에는 화살표를 이용함. 화살표의 길이가 벡터의 크기이고 방향이 방향임.

(수식과 그래프로 나타내는 방법을 정리했음.)

메모 포함[이21]: 벡터를 다루는 문제를 해결할 때에는 반드시 좌표계를 먼저 정해야 함.

+ 영백터

크기가 0인 벡터

3. 벡터의 동등성

어떤 두 벡터의 크기와 방향이 모두 같다면 이 둘은 동등하다고 할 수 있음.

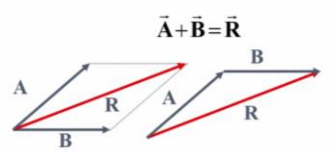
좌표계 상에서 다른 위치에 그려져 있더라도 크기와 방향이 같다면 같은 벡터임.

즉, 벡터는 좌표계 상에서 항상 평행 이동시킬 수 있음.

SSU-SW-21-이준혁

4. 그래프로 나타낸 벡터의 덧셈

그래프로 나타낸 벡터의 덧셈에는 평행사변형법과 머리-꼬리연결법이 있음.



세 개 이상의 벡터 덧셈은 두 개씩 먼저 연산하는 방식으로 연산함.

결합법칙이 성립함. 즉, 세 개 이상의 벡터 덧셈인 경우 어떤 걸 먼저 더해도 상관없음.

실질적인 값을 구하려면 직접 길이나 각을 구해야 함. (피타고라스, cos 법칙, 직각 내리기 등 이용.)
또는 성분으로 쪼개서 계산할 수도 있음.

메모 포함[이22]: 보조선을 그어서 R을 빗변으로 하는 직각삼각형을 만들면 여러가지 접근이 가능해진다.

5. 그래프로 나타낸 벡터의 뺄셈

1) 뺄셈 수식을 덧셈 꼴로 만듦
2) 음수로 표현된 벡터가 좌표평면에 있다면 벡터의 덧셈을 해 줌.
음수로 표현된 벡터가 좌표평면에 없고, 해당 크기를 가진 양수 벡터가 있다면 그 양수 벡터를 음수 벡터로 만든 후 벡터의 덧셈을 해 줌.
양수 벡터를 음수 벡터로 만드는 방법은, 단순히 방향만 정반대로 바꿔주는 것.

6. 벡터와 스칼라의 곱

결과값은 벡터임.

곱해서 나온 수의 절댓값이 벡터의 크기가 됨.
곱해서 나온 수의 부호가 (+)이면 벡터의 방향이 유지되고, (-)이면 벡터의 방향이 반대로 바뀜.

SSU-SW-21-이준혁

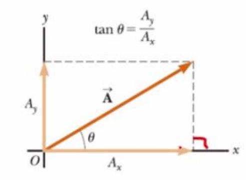
7. 벡터의 성분

그래프를 이용한 벡터의 연산은 높은 정밀도를 요하는 상황이나 3 차원 문제를 다루는 데에는 부적절함.
-> 벡터를 성분으로 쪼개서 대수적인 방법을 사용함.

벡터는 각 좌표축 방향으로의 성분으로 구성됨.

각 성분의 벡터를 성분 벡터라고 함.
성분 벡터를 모두 더하면 해당 벡터가 됨.

<성분 벡터를 찾는 방법 (성분 분해)>
그래프 상에서 좌표축에 수선을 내린 후, 각각의 길이와 방향을 확인하면 됨.



$$\vec{\mathbf{A}} = \vec{\mathbf{A}}_x + \vec{\mathbf{A}}_y$$

$\vec{\mathbf{A}}_x, \vec{\mathbf{A}}_y$: 성분 벡터

$A_x,\ A_y$: 성분

벡터의 수식적 연산은 같은 성분끼리만 가능함.
다른 성분끼리 연산하려면 그래프를 이용해야 함.

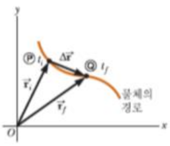
정리하면, 벡터의 연산은 1) 그래프 2) 성분으로 접근할 수 있다.
그래프를 이용할 때에는 대략적인 정도만 구하거나 도형으로 접근하여 값을 얻는다.
성분으로 접근할 때에는 직접 성분을 나눈 다음에 같은 방향의 성분끼리 연산한다.

SSU-SW-21-이준혁

3. 이차원 운동

1. 이차원에서의 변위, 속도, 가속도, 그것들의 방향

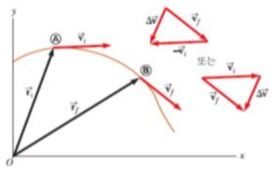
메모 포함[이23]: 이차원에서의 평균가속도는 특정 시간에서의 속도끼리 연산하는 것?



변위 $\Delta\vec{\mathbf{r}} \equiv \vec{\mathbf{r}}_f - \vec{\mathbf{r}}_i$

평균속도 $\vec{\mathbf{v}}_{avg} \equiv \dfrac{\Delta\vec{\mathbf{r}}}{\Delta t}$

순간속도 $\boxed{\vec{\mathbf{v}} \equiv \lim_{\Delta t\to 0}\dfrac{\Delta\vec{\mathbf{r}}}{\Delta t} = \dfrac{d\vec{\mathbf{r}}}{dt}}$



평균가속도 $\vec{\mathbf{a}}_{avg} \equiv \dfrac{\Delta\vec{\mathbf{v}}}{\Delta t}$

순간가속도 $\boxed{\vec{\mathbf{a}} \equiv \lim_{\Delta t\to 0}\dfrac{\Delta\vec{\mathbf{v}}}{\Delta t} = \dfrac{d\vec{\mathbf{v}}}{dt}}$

순간속도의 방향은 해당 시간에서의 그래프의 접선의 방향임

이차원에서 벡터값의 방향은 각도로 나타냄. tan를 이용해 각도를 구해야 함.

+ 이 이차원 그래프에서는 x, y축 자리의 물리량이 모두 s임. 유의하기.

SSU-SW-21-이준혁

2. 포물체 운동

x축방향으로는 등속도 운동, y축 방향으로는 자유 낙하 가속도(g)가 일정한 등가속도 운동을 함.

공기 저항은 무시함

x, y 운동을 성분으로 나누어서 각각의 물리량을 계산할 수 있음.

atan함수를 이용해서 각도도 알아낼 수 있음.
이때 물체를 던진 각도를 투사각이라 함.
특정 시간의 운동방향의 각도를 알아내려면 속도의 x, y 성분을 이용해야 함.
각도는 x축 양의 방향을 기준으로 잼.

$$t = \frac{v_0 \sin\theta}{g}$$

(v_i: 초기 속도의 크기,
θ: 초기 운동 각도)

1) 최고점 도달 시간

메모 포함[이24]: 이 공식만 외워 두고 나머지는 응용해서 작성하자.

y축 성분의 속도가 0이 되는 순간이 최고점 도달 시간임.

2) 최고점의 높이

최고점에 도달하는 시간에, y축 성분의 기준점과의 거리를 구하면 됨.

$$h = \frac{v_i^2 \sin^2\theta}{2g}$$

(v_i: 초기 속도의 크기,
θ: 초기 운동 각도)

3) 수평 도달 거리

최고점 도달 시간의 두 배만큼의 시간 동안의 x축 성분의 변위가 수평 도달 거리임.
x축 성분은 등속도 운동을 하므로, 속도에 해당 시간을 곱해주기만 하면 됨.
$2\sin\theta\cos\theta = \sin 2\theta$인 것을 이용해서 정리함.

정리된 수식에서 알 수 있듯이, 수평 도달 거리는 θ가 45도일 때 최대가 됨. 이때 공식은 $R = \frac{v_i^2}{g}$이 됨.

더해서 90도가 되는 두 각은 다른 조건들이 동일한 경우 수평 도달 거리가 서로 같음.
(sin의 성질을 생각하면 당연함.)

$$R = \frac{v_i^2 \sin 2\theta}{g}$$

(v_i: 초기 속도의 크기,
θ: 초기 운동 각도)

SSU-SW-21-이승현

4. 뉴턴의 법칙

메모 포함[이25]: 알짜힘 = 알짜외력?

1. 힘

물체의 운동 상태를 변화시킬 수 있는 작용.

메모 포함[이26]: 운동상태 = 속도.

벡터 물리량.

힘의 3요소: 작용점(화살표 시작점), 크기(화살표 길이), 방향(화살표 방향)
작용점은 해당 입자(질점)의 위치로 함.

힘은 접촉력과 장힘으로 구분됨.
접촉력: 접촉이 있어야 작용할 수 있는 힘. (마찰력, 장력, 탄성력, 수직항력)
장힘(마당힘): 접촉이 없어도 작용할 수 있는 힘. (강한 핵력, 약한 핵력, 전자기력, 중력)

단위는 N. N = kgm/s^2

물체의 운동 상태가 변화하지 않는다면 그 물체에는 알짜힘이 0인 것임.

SSU-SW-21-이준혁

+ 자연에 알려진 기본적인 힘

강한 핵력(강력): 원자 내에서 작용하는 힘. 아주 짧은 거리에서만 작용함.
약한 핵력(약력): 방사선 붕괴를 유발하는 힘. 아주 짧은 거리에서만 작용함.
전자기력: 전하 사이에 작용하는 힘.
중력: 질량이 있는 물체 사이에 힘.

Interaction	Relative Strength	Range
Strong	1	10^{-15} m
Electromagnetic	10^{-2}	∞
Weak	10^{-6}	10^{-18} m
Gravitation	10^{-43}	∞

(중력이 상대적으로 가장 약함. 질량이 매우 큰 물체들이 연관된 곳에 강하게 작용하는 것.)

2. 뉴턴의 제1법칙: 관성의 법칙

물체에 작용하는 외력이 없다면 물체는 기존의 운동상태를 유지함.

메모 포함[이27]: 계의 외부에서 작용하는 힘.

+ 질량 (관성 질량) (mass)

운동상태 변화에 대한 저항의 크기.

스칼라량.

같은 힘이 가해졌을 때 질량이 클수록 가속도가 작기 때문에 저항의 일종으로 정의함.

---

3. 뉴턴의 제 2 법칙: 가속도의 법칙

$$\boxed{\vec{a} \propto \frac{\sum \vec{F}}{m},\ \sum \vec{F} = m\vec{a},\ \vec{F} = m\vec{a}}$$

물체의 운동상태 변화에 과한 법칙.

비례식이 기본 공식이지만, 비례 상수를 1 로 두면 $\vec{F} = m\vec{a}$를 도출할 수 있음.

힘의 방향과 가속도의 방향은 같음.

$\vec{F}$는 알짜 외력의 합을 의미함.

외력은 물체의 운동상태를 변화시킴.

내력은 물체의 운동상태를 변화시킬 수 없기 때문에 고려하지 않음.

알짜 외력은 입자에 작용하는 외력을 모두 더하면 구할 수 있음

알짜 외력의 성분을 찾는 방법

첫째, 좌표계를 도입함. (벡터이므로)

둘째, 알짜 외력의 각 성분을 직접 구하거나, 물체에 가해지는 외력들의 각 성분끼리 더하면 됨.

SSU-SW-21-이준혁

4. 뉴턴의 제 3 법칙: 작용 반작용의 법칙

두 물체가 상호작용할 때 물체 1 이 물체 2 에 힘을 작용하면
물체 2 도 물체 1 에 같은 크기의 반대 방향의 힘을 작용함.

$$\boxed{\overrightarrow{F_{12}} = -\overrightarrow{F_{21}}}$$

작용 반작용 관계에 있는 두 힘을 짝힘이라 함.
짝힘은 주어와 목적어를 바꿔서 찾을 수 있음.

+ 자유 물체도

하나의 물체에 작용하는 외력들을 그림으로 표현한 것.
어떤 물체에 작용하는 자유물체도에는 '그 물체에' 작용하는 외력만을 그림.
(그 물체가 다른 물체에 작용하는 힘 등은 그리지 않음.)

메모 포함[이28]: 여러 물체가 포함되어 있는 운동을 그릴 때에는 각 물체별로 하나씩, 여러 개의 그림을 그려야 함.

자유 물체도 그리는 순서.
첫째, 어떤 외력들이 있는지를 고려함.
둘째, 좌표계를 도입함.

메모 포함[이29]: 이 외력에는 해당 물체가 다른 물체에게 작용한 힘에 의한 반작용력 또한 포함시켜야 함.

자유 물체도는 벡터값들을 그리게 되므로 좌표계를 도입해야 함.
좌표축은 항상 물체의 알짜 외력의 방향을 (+)로 잡아서 그림.

+ 힘의 평형

알짜외력이 0 인 상태를 힘의 평형 상태라 함. -> 각 방향의 외력들의 합이 모두 0 임. (알짜힘이 0)

메모 포함[이30]: 각 성분별로만 계산이 가능하기 때문에,
힘의 평형 상태에 있다면 같은 방향의 물리량들끼리만 더해서 0이 되도록 만들어주면 된다.

어떤 성분이 힘의 평형 상태인 경우, 이를 이용해서 식을 작성해야 함.

힘의 평형 상태에 있는 물체는 등속도운동을 함.

동적 평형 상태: 속도의 크기가 0 이 아니면서 일정함.
정적 평형 상태: 속도의 크기가 0 이면서 일정함.

SSU-SW-21-이준혁

5. 여러 가지 힘들

1) 만유인력

우주에 있는 두 질량이 있는 물체 사이에 작용하는 인력.

$$F_g = \frac{m_1 m_2}{r^2} G$$

(G: 만유인력 상수)

메모 포함[이31]: 중력은 지구와 어떤 물체 사이의 만유인력을 말한다.

2) 무게 (w)

지구 표면에서 작용하는 중력의 크기.

$$w = mg$$

+ 중력가속도 공식

중력을 F=mg라 하면 만유인력 공식을 이용해서 중력가속도에 대한 공식을 얻어낼 수 있음.
물체가 지표로부터 떨어진 거리가 무시할 수
있을 정도로 작다고 하면 근사를 취할 수 있음.

$$\vec{g} = \frac{M_E}{(r_E+r)^2} G \approx \vec{g} = \frac{M_E}{r_E^2} G$$

($\vec{g}$: 중력가속도, M_E: 지구 질량
r_E: 지구 반지름, r: 지표로부터 물체가
떨어진 거리 G: 만유인력 상수)

---

3) 장력

별도의 언급이 없는 한 끈이나 줄의 질량은 무시하는 것으로 가정.
해당 가정에 의해 장력은 팽팽한 줄의 어디에서나 일정함.
(줄의 한 지점에 작용하는 알짜힘은 T - T′ = ma인데 m이 0이므로 T = T′임)

끈으로 이어진 두 물체 사이에서 작용 반작용력을 매개함.
즉, 두 물체를 하나의 계로 본다면 장력은 내력임. 계의 운동상태의 변화를 생각할 때 고려하지 않음.

SSU-SW-21-이준혁

4) 수직항력

접촉한 면에서 발생하는 힘.
면을 누르는 힘에 대한 반작용으로 작용하는 힘.
(면이 존재함 -> 수직항력 존재!!!)

수직항력은 면에 수직하게 작용함.

5) 마찰력

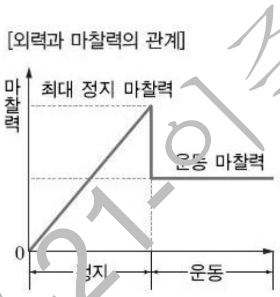
물체의 운동을 방해하는 방향으로 작용하는 저항력. (전자기력에 의한 것.)

벡터 물리량.

마찰력에는 정지 마찰력과 운동 마찰력이 있음.

마찰계수들은 일반적으로 0이상 1 이하임.
일반적으로 정지마찰계수가 운동마찰계수보다 큼.
일반적으로 최대 정지 마찰력이 운동 마찰력보다 큼.

마찰계수는 접촉면의 면적과는 거의 무관함.
면의 거칠기와는 관련이 있음.
면이 거칠수록 마찰 계수가 커짐



첫째, 정지 마찰력 (static)

물체가 움직이지 않는 상태에서 작용하는 마찰력.

정지 마찰력은 외부에서 작용하는 힘과 크기가 같고 방향이 반대임.
외부에서 작용하는 힘에 의해 결정되기 때문에 정량적으로 정의할 수 없음.

$f_s \le f_{\max} = \mu_s n$
(f_s: 정지 마찰력, $f_{\max}$: 최대 정지 마찰력, μ_s: 정지마찰계수, n: 수직항력)

최대 정지 마찰력은 정량적으로 정의할 수 있음.

최대 정지 마찰력보다 가해지는 힘이 큰 경우 운동 마찰력으로 마찰력이 바뀌고 물체가 움직이기 시작함.

(μ는 '뮤'라고 읽음.)

둘째, 운동 마찰력 (kinetic)

물체가 운동하는 상태에서 작용하는 마찰력.

운동 마찰 계수가 속력에 따라 변하기는 하지만 무시할 만함.

$f_k = \mu_k n$
(f_k: 운동 마찰력, μ_k: 운동마찰계수, n: 수직항력)

메모 포함[이32]: (마찰력의 방향 시험에 자주 나온다고 함.)

메모 포함[이33]: 그래야 정지해 있을 수 있다.

SSU-SW-21-이준혁

+ 여러 개의 물체를 포함하는 운동.

이런 운동은 접근법이 두 가지임.

1) 하나의 계로 취급하여 접근. (하나의 물체로 취급하는 것) (특히 a등을 구할 때.)
2) 각각의 물체를 분리해서 접근.

SSU-SW-21-이준혁

5. 일과 에너지

1. 일 (Work)

$$W = F \times \Delta s$$
(F: 힘의 크기
Δs: 힘이 가해지는 방향으로의 변위의 크기)

힘이 물체에 에너지를 주거나 뺏는 정도
어떤 계에 힘이 가해져 에너지가 변화했을 때, 힘이 계에 대해 일을 했다고 정의함.

스칼라 물리량. (곱하는 두 값 모두 스칼라)

단위는 J (줄). 1J = 1Nm = 1kgm^2/s^2

$$W = F\cos\theta \times \Delta s$$
(Δs: 힘이 가해지는 방향으로의 변위의 크기,
θ: 힘과 변위 벡터가 이루는 각도)

힘이 가해지는 방향으로의 변위를 고려함.
힘의 방향과 변위의 방향이 다른 경우에는, 변위의 방향으로의 힘 성분을 구해서 일을 계산함.
힘 방향으로의 변위 성분을 구해서 일을 계산하기도 함.
(이용하는 θ가 같으므로 실질적인 일의 값은 동일함. 중요한 것은 두 물리량의 방향이 같아야 한다는 것.)

일의 부호
W=0 : 에너지를 주거나 뺏지 않음
W<0 : 물체의 에너지를 빼앗음
W>0 : 물체에 에너지를 줌

+ 해당 일 공식들은 힘의 크기와 방향이 일정할 때만 성립함.

+ 구심력

구심력은 물체의 운동방향의 수직인 중심 방향으로 작용하기 때문에 일을 하지 못함.

등속 운동하는 물체에 운동방향의 수직으로 일정한 힘을 가하면 물체의 속력은 일정한 채 방향만 바뀌게 됨.

메모 포함[이34]: 다른 성분끼리 연산 될 수 없다고 해도 벡터의 합을 구해보면 결국 속력은 바뀌는 거 아님?

SSU-SW-21-이준혁

2. 일-에너지 정리

$W_{알짜} = \Delta E_k$

알짜힘이 물체에 한 일은 운동에너지의 변화량과 같음.

일-에너지 정리는 어떠한 경우에도 성립함.

일정한 힘이 작용하는 경우를 가정하면 등가속도 공식과 일 공식을 이용해서 식을 유도할 수 있음.
(물론 일-에너지 정리는 힘이 일정하지 않은 경우에도 성립함. 이건 보여주기 식임.)

일과 에너지는 같은 단위를 씀.

3. 보존력과 비보존력

$(\Delta E_k =)\ W_{알짜} = W_{nc} + W_c$
($W_{알짜}$: 알짜힘이 한 일
W_{nc}: 비보존력이 한 일
W_c: 보존력이 한 일)

물체에 작용하는 힘은 보존력과 비보존력으로 나뉨.

알짜힘이 한 일은 보존력이 한 일+비보존력이 한 일로 쓸 수 있음.

1) 보존력
두 점 사이로 물체를 이동시키는 동안에, 힘이 물체에 한 일이 경로에 좌우되지 않으면 그 힘은 보존력임.
(ex. 중력, 탄성력)

위치에너지가 커지면 보존력이 음의 일을 한 것이고, 위치에너지가 작아지면 보존력이 양의 일을 한 것임.

$W_c = -\Delta E_p$

보존력이 한 일은 위치에너지 변화로 나타냄.
보존력만이 위치에너지에 변화를 줄 수 있음.
(보존력이 한 일과 위치에너지 변화는 완전한 일대일대응 관계.)

(위치에너지 변화량은 음수가 될 것이고 한 일은 양수가 될 것이므로 -를 붙임)

2) 비보존력
힘이 물체에 한 일이 경로에 좌우되면 그 힘은 비보존력임. (ex. 마찰력)

$W_{nc} = \Delta E_k + \Delta E_p$

비보존력이 한 일은 해당 계의 역학적 에너지 변화와 같음.

메모 포함[이35]: 중력은 경로가 다르더라도 고도 변화가 같으면 동일한 일을 한다.

메모 포함[이36]: 마찰력은 경로에 따라 거리가 달라지면 에너지 변화 또한 달라진다.

메모 포함[이37]: $W_c = -\Delta E_p$를 $W_{nc} + W_c = \Delta E_k$에 대입하면 해당 공식을 유도할 수 있다.

SSU-SW-21-이승혁

4. 역학적 에너지 보존

W_{nc}이 0이면, $\Delta E_k + \Delta E_p = 0$ 이다.

역학적 에너지 = 퍼텐셜 에너지 + 운동에너지

물체에 외력과 비보존력이 작용하지 않는다면 물체의 역학적 에너지는 보존됨.

$W_{nc} + W_c(= -\Delta E_p) = \Delta E_k$에서 비보존력이 한 일이 0이면, 퍼텐셜 에너지 변화량 + 운동에너지 변화량 = 0임.
(역학적 에너지 보존됨)

메모 포함[이38]: 중력 퍼텐셜 에너지와 용수철 퍼텐셜 에너지 모두를 포함한다.

+ 일반적인 에너지 보존

계의 에너지 보존에 대한 이론.

보존되는 에너지는 없어지거나 생성되지 않고 다만 형태가 변화할 뿐임.

외력이 0 이어야 함.
외력이란 계의 외부에서 작용하는 힘이므로, 계의 에너지가 보존되려면 에너지가 들어오거나 나가선 안 됨.

SSU-SW-21-이준혁

5. 운동 에너지

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

물체의 운동과 연관된 에너지.

스칼라 물리량.

6. 중력 퍼텐셜 에너지

특정 높이에 있는 물체는 일을 할 수 있는 잠재적인 능력을 가지기 때문에 퍼텐셜 에너지를 가진다고 함.

스칼라 물리량.

중력 퍼텐셜 에너지를 말하기 위해서는 기준점을 설정해야 함.
(높이가 기준점에 대해 음수인 경우 중력 퍼텐셜 에너지 또한 음수가 될 수 있음.)
하지만 중요한 것은 기준점이 아니라 중력 퍼텐셜 에너지의 변화량임.

중력 퍼텐셜 에너지는 한 물체가 아니라 계 전체의 성질임.
중력이 계에 포함되어야 중력 퍼텐셜 에너지를 가진다고 할 수 있음.

$$E_p = mgh$$

중력이 한 일은 중력 퍼텐셜 에너지의 변화량과 같음.

+ 계와 에너지

에너지에 대해 이야기하려면 계 속에 에너지와 관련된 요소들을 포함시켜야 함.

계 밖의 요소들은 고려하지 않기 때문.

(ex. 어떤 물체에 작용하는 중력 위치에너지를 고려할 때는 지구와 물체로 계를 잡아야 함.)

SSU-SW-21-이준혁

7. 탄성 퍼텐셜 에너지

1) 탄성력 (훅의 법칙)

외력이 용수철에 가해졌을 때 복원을 위해 발생하는 반작용.
용수철은 항상 평형점을 향해 복원하려고 함.

$$F_x = -k\Delta x$$

(k: 용수철상수, x: 용수철 길이)

탄성력은 변형된 반대 방향으로 작용하므로 -를 붙임.

용수철상수의 단위는 N/m.

용수철의 질량은 무시함.

2) 탄성 퍼텐셜 에너지

압축되어 있는 용수철은 일을 할 수 있는 잠재적인 능력이 있음.

$$E_x = \frac{1}{2}kx^2$$

(k: 용수철상수, x: 용수철 길이)

3) 용수철이 한 일

용수철이 한 일은 탄성력의 평균으로 계산할 수 있음.
또는 변하는 힘이 한 일을 구하는 방법으로 구할 수도 있음.
(F-s그래프를 그렸을 때 그 넓이가 용수철이 한 일임.)

+ 합력이 0인 지점(가로로 놓았을 경우 평형점)을 지날 때 운동에너지가 최대가 됨.

SSU SW-21-이준혁

8. 일률

단위시간 당 한 일. 단위시간 당 소모되는 에너지.

평균 일률과 순간 일률이 있음. (속도의 정의와 동일함.)

단위는 W (와트). 1W = 1J/s

(평균) $\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F\Delta x}{\Delta t} = F\bar{v}$

($\bar{v}$: 평균속도)

(순간) $\bar{P} = Fv$

(v: 순간속도)

9. 변하는 힘이 한 일

F-s 그래프에서 정적분을 구해서 알 수 있음.

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x\, dx$$

SSU-SW-21-이준혁

6. 운동량과 충격량

1. 운동량 (선운동량)

$\vec{p} = m\vec{v}$

메모 포함[이39]: 운동량에는 선운동량과 각운동량 등이 있다.
각운동량은 회전 운동에서의 것이다.

속도와 질량의 곱.

벡터 물리량. (방향은 속도의 방향과 같음.)
운동량 또한 성분으로 쪼갤 수 있음.

물체 하나만이 아니라, 계의 운동량을 생각할 수도 있음.
계의 선운동량은 계 내부의 선운동량들을 모두 더해주면 됨.

단위는 kgm/s, Ns

운동에너지와 운동량의 공식으로 관계식을 유도할 수 있음.

$$KE = \frac{p^2}{2m}$$

(KE: 운동에너지)

2. 힘과 운동량 사이의 관계

$$\vec{F}_{알짜} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$$

$$\vec{F}_{알짜} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

F=ma 와 평균가속도의 정의로 힘과 운동량 사이의 관계식을 유도할 수 있음.
이 식은 F 가 일정할 때 성립함.
Δt가 매우 작으면 힘이 일정하지 않을 때에도 성립함.(순간가속도의 정의를 이용)

뉴턴의 제 2 법칙이 일반화된 형태.

알짜힘(알짜 외력)이 0 이면 운동량이 보존됨. (운동량 보존 법칙)
각 성분별로도 보존됨.

물체 1 과 물체 2 가 충돌할 때 각각 받는 충격량은 작용력 반작용력이므로 크기가 같고 방향이 반대임.
각각의 운동량을 구해서 비교하면 운동량의 보존을 수식적으로 증명할 수 있음.

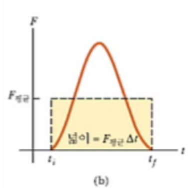
SSU-SW-21-이준혁

3. 충격량

$$\vec{I} = \vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}$$

힘과 시간의 곱.

벡터 물리량. (충격량도 음수가 나올 수 있음)



힘이 일정한 경우에 위 식이 성립함.
힘이 일정하지 않은 경우에는 F-t 그래프의 면적을 구해서 충격량을 얻을 수 있음.

충격량을 생각할 때의 힘을 충격력이라고 함.
일정하지 않은 힘이 작용하는 경우, 일정한 힘인 평균 충격력을 구할 수 있음.

힘-운동량 관계식을 정리하면 충격량은 운동량의 변화량과 같다는 것을 알 수 있음.

단위는 kgm/s, Ns

4. 충돌

여기서는 기본적으로 고립된 계로 생각함.
모든 충돌에서는 선운동량이 보존됨.

1) 탄성 충돌

충돌 과정에서 선운동량뿐만 아니라 운동에너지까지 보존되는 충돌.

충돌하는 두 물체의 충돌 전 상대속도와 충돌 후 상대속도를 더하면 0 임.
(운동량 보존 식과 운동에너지 보존 식을 이용해 증명할 수 있음)

$$(v_{1i} - v_{2i}) = -(v_{1f} - v_{2f})$$

2) 비탄성 충돌

충돌 과정에서 선운동량은 보존되지만 운동에너지는 보존되지 않는 충돌.
운동에너지가 다른 형태의 에너지로 변환되는 충돌..

완전 비탄성 충돌: 충돌 후에 두 물체가 붙는 충돌
완전 비탄성 충돌인 경우에는 이후의 두 물체의 속도가 같으므로 이를 이용해서 식을 뽑아낼 수 있음.
완전 비탄성 충돌인 경우에 이 식이 성립하고, 이 식이 성립하면 완전 비탄성 충돌임.

$$v_1 m_1 + v_2 m_2 = v_x(m_1 + m_2)$$

메모 포함[이40]: 물체가 붙으면서 두 개의 물체가 하나의 물체가 되기 때문에 운동에너지에 결손이 생기는 듯?

메모 포함[이41]: 내 뇌피셜이기는 함.
충돌 직후의 속도가 같다면 반드시 붙어서 운동할 수밖에 없음

SSU-SW-21-이준혁

3. 전기와 자기

1. 전기력과 전기장

1. 전하

양전하와 음전하가 있음.
음전하는 전자에 실려 있고, 양전하는 양성자에 실려 있음.

같은 종류끼리는 서로 밀어내고 다른 종류끼리는 서로 끌어당김

고립계에서 항상 보존됨.

단위는 C (쿨롱)임.

항상 양자화되어 있음. -> 전하량은 항상 기본전하량 e 의 양의 정수 중 하나임.

+ 기본전하량 e

전자 하나 또는 양성자 하나의 전하량의 크기.

e = 1.60219 X 10^(-19) C -> 약 1.60 X 10^(-19) C

SSU-SW-21-이준혁

2. 대전

충격이나 마찰에 의해 전자들이 이동하여 전하가 드러나는 것.

대전된 물체를 대전체라고 함.

마찰 시 양성자는 핵력 때문에 잘 이동하지 못하고 전자만 이동함.

1) 전도에 의한 대전

도체끼리 직접 접촉시키는 대전. 접촉시킨 이후의 두 도체는 서로 같은 전하로 대전됨.

2) 유도에 의한 대전

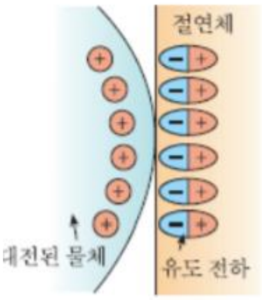
대전체를 도체에 가까이 대면 대전체의 전하에 따라 도체 내부의 전자들이 한쪽으로 쏠려 발생하는 대전.

+ 절연체에 대전체를 가져다 대는 경우

전자가 절연체의 한쪽으로 쏠리지는 못하고, 원자 내부에서 한쪽으로 쏠려 분극이 발생함

전자가 쏠린 쪽이 음극, 반대쪽이 양극이 됨.

메모 포함[이42]: 절연체와 달리 도체에서는 전자들이 자유롭게 이동할 수 있다.



+ 전자, 양성자, 중성자의 질량

전자 : 9.11 X 10^(-31)

양성자 : 1.67 X 10^(-27)

중성자 : 1.67 X 10^(-27)

SSU-SW-21-이준혁

3. 도체, 절연체, 반도체

물질은 전하를 전달하는 능력에 따라 도체, 절연체, 반도체로 분류할 수 있음.

1) 도체

전하를 잘 전달함. (전하가 자유롭게 움직임)

도체를 마찰시켜 대전시키면 전하가 물질의 전 표면으로 고르게 퍼짐.
도체 내부에는 전하, 전기장이 존재하지 않음. (표면에만 전하와 전기장이 존재함)

메모 포함[이43]: ex. 구리, 알루미늄, 은

2) 절연체

전하를 잘 못 전달함. (전하가 자유롭게 움직이지 못함)
각각의 전자들이 각 원자핵 주변에 속박됨.

절연체를 마찰시켜 대전시키면 문지른 부분만 대전되고 전하가 다른 부분으로 이동하지 않음.
절연체 내부에는 전하가 균일하게 분포함. (전자들이 속박되기 때문)

메모 포함[이44]: ex. 유리, 고무

3) 반도체

도체와 절연체 사이의 성질을 가짐.
외부조건에 따라 전기가 흘렀다 안 흘렀다 함.

메모 포함[이45]: ex. 규소, 탄소, 저마늄, 실리콘

+ 초전도체?
금속합금, 세라믹 등의 온도를 0k 가까이 내렸을 때 전기저항이 완전히 사라지는 현상.

4. 쿨롱의 법칙

$$F = k_e \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

(F: 전기력의 크기, k_e: 쿨롱 상수)

두 점전하나 구형 분포 사이에 작용하는 전기력에 관한 법칙.

전기력은 두 입자를 잇는 선을 따른 방향을 가짐.
두 전하의 부호가 같으면 척력이 작용하고, 다르면 인력이 작용함.
각 전하가 서로에게 작용하는 두 힘은 서로 작용 반작용 관계임.

$k_e = 8.987 \ X \ 10^9 \ Nm^2 / \ C^2$임. -> 약 $9.00 \ X \ 10^9 \ Nm^2 / \ C^2$

+ 정전기력

움직이지 않는 전하 사이의 전기력.

SSU-SW-21-이준혁

5. 전기장

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_1} = k_e \frac{|q_2|}{r^2}$$

($\vec{E}$: 전기장, $\vec{F}$: 전기력, q_1: 시험전하의 전하량
q_2 : 원천전하의 전하량)

전기장은 대전된 물체 주위에 존재하는 장.
전기장 내부에서 물체는 전기력을 받음.
전기력이 작용한다면 전기장 내부인 것임.

벡터 물리량.

전기장 또한 중첩의 원리가 적용됨.

단위는 N/C (뉴턴 쿨롱) 또는 V/m 임.

전기장은 벡터이기 때문에, 두 개의 전기장 안에 속한 전하는 두 전기장의 벡터 합을 계산해서 적용해야 함.

메모 포함[이46]: $\Delta V = -E_x \Delta d$를 생각해보면 당연하다.

메모 포함[이47]: 당연하지?

1) 전기장의 크기

전기장은 특정 지점에 놓인 양의 시험전하에 작용하는 전기력을 시험전하의 전하량으로 나눈 것과 같음

전기장 공식을 통해 특정 지점에 있는 전하에 작용하는 힘을 알 수 있음.

위 공식에서 알 수 있듯이, 전기장을 구할 때는 시험전하의 전하량이 필요하지 않음.
-> 임의로 시험전하를 설정하고 전기장을 설명할 수 있음.
전기장은 전기장을 만드는 물체의 전하와 그 물체로부터의 거리만 신경쓰면 됨.

2) 전기장의 방향

시험전하에 작용하는 전기력의 방향 또는 전기력선의 방향으로 알 수 있음.

1. 특정 지점에서 양의 시험전하가 받는 힘의 방향이 전기장의 방향임.
2. 특정 지점에서의 전기장의 방향은 전기력선에 접선과 같음.

메모 포함[이48]: 음의 전하의 경우에는 전기력의 방향과 전기장의 방향이 일치하지 않을 수 있다. 양의 시험전하가 받는 힘의 방향을 기준으로 해야 한다.

+ 원천전하

전기장을 만드는 전하

+ 시험전하

원천전하에 의해 전기력이 가해지는 전하

전기장의 방향은 시험전하가 받는 힘의 방향임.

전기장을 설명하기 위한 도구로 사용됨.
특정 지점에서의 전기장을 구하기 위해 사용하는 시험전하는 양전하로 함.

SSU-SW-21-이준혁

6. 전기력선

전기장의 모양을 시각화한 것.

특정 지점에서의 전기장은 그 지점에서 전기력선의 접선을 방향으로 가짐.

화살표로 그리지만 벡터는 아님.

1) 전기력선의 방향

전기장의 방향과 동일함.

양의 점전하인 경우 전기력선은 밖으로 나감. -> 양의 시험전하가 척력을 받기 때문.
음의 점전하인 경우 전기력선은 안으로 들어옴. -> 양의 시험전하가 인력을 받기 때문.

2) 전기력선을 그리는 규칙

1. 전기력선은 양전하에서 시작해서 음전하에서 끝난다. 전하끼리 이어지지 않는 전기력선은 무한히 멀리 떨어진 곳에서 시작하거나 끝난다.
2. 전하에서 나오거나 들어가는 전기력선의 수는 전하 크기에 비례한다.
3. 전기력선끼리는 교차할 수 없다.

3) 전기력선의 개수

전기장(전기력)의 세기와, 전기력선에 수직인 면을 지나는 단위면적 당 전기력선의 개수는 정비례함.
(특정 면적에 전기력선의 개수가 많다면 전기장의 세기가 강한 것)

+ 전하에 가까울수록 전기력(전기장)의 세기가 크기 때문에 전기력선이 조밀해짐.

+ 전기 쌍극자

크기가 같고 부호가 반대인 두 점전하로 이루어진 구조.

메모 포함[이49]: 정말 수직이란 말이 아니라 수직 방향의 면을 의미하는 것 같다.
특정 지점에서 어떤 전기력선에 완벽히 수직인 면을 통과하는 전기력선은 하나밖에 없다.

메모 포함[이50]: ex.
+2Q 전하에 전기력선이 10개 연결되어 있으면
+Q 전하에는 전기력선이 5개 연결되어 있어야 한다.

SSU-SW-21-이준혁

7. 전기선속

전기장에 수직 방향의 면을 통과하는 전기력선의 수.

1) 면이 수직인 경우

면이 전기장에 수직이라면 EA 만으로 표현할 수 있음.

$$\Phi_E = EA$$

(Φ_E: 전기선속, E: 전기장, A: 넓이)

$$\Phi_E = EA\cos\theta$$

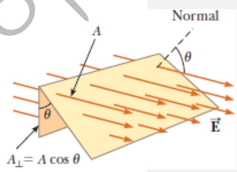
(Φ_E: 전기선속, E: 전기장, A: 넓이)

2) 면이 수직이 아닌 경우

면이 전기장에 수직이 아니라면 해당 면의 전기장에 수직인 부분을 떼어내서 계산해야 함.

EA 에 $\cos\theta$를 곱해줘야 함. -> 여기서 θ는 전기장 벡터에 수직인 면과 해당 면 사이의 각도임.

θ가 0 도에 가까울수록 전기선속이 커지고, θ가 90 도에 가까울수록 전기선속이 작아짐.



+ 폐곡면

구처럼 안과 밖이 있는 면.

부피 내부를 향하는 전기선속을 음으로, 부피 밖을 향하는 전기선속을 양으로 함.

SSU-SW-21-이준혁

8. 가우스의 법칙

폐곡면을 지나는 전기선속과 폐곡면 내의 알짜 전하 사이의 관계를 나타내는 법칙.
모든 폐곡면에서 성립함.

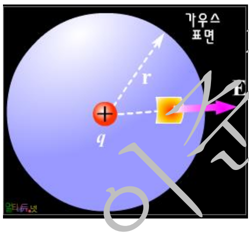
여기서 q 는 표면 내부의 알짜 전하임.

$$\Phi_E = EA = k_e \frac{|q|}{r^2}(4\pi r^2) = 4\pi k_e q = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0}$$

1) 유도

1. 전기장은 구의 표면 어디에서나 수직으로 통과하므로, $\Phi_E = EA$이다.
2. $E = k_e \frac{|q|}{r^2}$ 이고, $A = 4\pi r^2$ 이므로 각각 대입하여 정리한다.
3. k_e는 ϵ_0로 표현할 수 있으므로 이를 이용하여 정리한다.



+ 자유 공간의 유전율 ϵ_0

이게 뭔지 알 필요는 없음. ϵ_0는 상수라는 것만 알아두기.

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k_e}$$

SSU-SW-21-이성혁

2. 전기에너지와 전기용량

1. 전기 위치에너지

$$\Delta PE = -W = -F\Delta x = -q\vec{E}\Delta x$$

$$\Delta PE = -q\vec{E}\Delta x$$

전기장 내부에서 가지는 잠재적인 에너지.

정전기력은 보존력이므로 위치에너지 변화를 나타냄.

스칼라 물리량.

균일한 전기장에서 전하가 가해지는 전기력의 방향대로 이동할 경우 전하의 전기 위치에너지가 감소함.

전하를 전기력의 방향과 반대 방향으로 이동시키려면 외력이 계에 양의 일을 해주어야 함.

전기장이 들어간 공식은 전기장(전기력)이 일정할 때만 그대로 사용이 가능함.

$$\Delta V = \frac{\Delta PE}{q} = -\vec{E}\Delta x$$

$$q\Delta V = \Delta PE$$

2. 전위차

단위 전하당 전기 위치에너지의 변화.
전기장 내에서 단위 전하를 A 에서 B 까지 이동시키기 위해 정전기력이 단위 전하당 한 일.
A 와 B 사이의 전위차 ΔV 는 전하 q 를 A 에서 B 로 이동할 때 전기 위치에너지의 변화를 전하 q 로 나눈 것임.

전위차가 있어야만 퍼텐셜에너지 차이가 있는 것이므로 전류가 흐름(전하가 이동함).

$\Delta PE = -q\vec{E}\Delta x$를 이용해서 다시 정리할 수 있음

단위는 J/C. V(볼트)라고도 함.

전기장이 들어간 공식은 전기장(전기력)이 일정할 때만 그대로 사용이 가능함.

3. 전위

단위 전하당 전기 위치에너지.

스칼라 물리량.

항상 양전하 쪽이 높고 음전하 쪽이 낮음.
전기 위치에너지와 전위는 비례함.

메모 포함[이51]: 전기력이 일정(균일한 전기장)한 경우가 아니라면 이런 방식으로 전기 위치에너지 차이를 구하는 것은 단순하지 않다. 전위차를 구할 때도 마찬가지이다.
-> 전기력과 전기장이 일정하지 않은 경우를 고려해야 함

전기력과 전기장이 일정한 상황에서만 쉽게 사용할 수 있다.

메모 포함[이52]: 전하가 전기장 내에서 움직이는 상황은 질점이 중력장 내에서 움직이는 것과 유사하다. 질점이 중력장 내에서 중력의 방향대로 이동하면 중력 퍼텐셜 에너지가 감소하는 것처럼, 전하가 전기장 내에서 전기력의 방향대로 이동하면 전기 위치에너지가 감소한다.

메모 포함[이53]: =전압, 전압 강하

전위차와 전압이 동일한 개념인지 잘은 모르겠지만 이 책에서는 동일한 것으로 본다.

메모 포함[이54]: 근대 이게 일이면 위치에너지 변화량과 부호가 달라야 하지 않나?

메모 포함[이55]: 전위차에 의해 전기장이 생성된다고 표현하기도 한다.

메모 포함[이56]: 전류는 전위가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 흐름.
전위차가 없다면 전류가 흐를 수 없음.

SSU-SW-21-이준혁

4. 점 전하에 의한 전위와 전기 위치에너지

$$V = k_e \frac{q}{r}$$

1) 점전하에 의한 전위

단일 점전하 q 로부터 임의 거리 r 만큼 떨어진 곳의 전위를 정의할 수 있음.

전위도 중첩의 원리가 적용됨.
전위끼리 중첩되는 경우에는 방향을 고려하지 않고 단순히 더해주면 됨.

$$\Delta PE = q_2 \Delta V = k_e \frac{q_1 q_2}{r}$$

2) 점전하에 의한 전기 위치에너지

두 전하 q_1과 q_2가 r 만큼 떨어져 있을 때 서로가 서로에게 적용하는 전기 위치에너지를 정의할 수 있음.

무한대만큼 떨어진 곳에서의 전기장이 0이라고 했을 때, 시험 전하(q_2)를 무한대의 거리로부터 양의 점전하 q에서 거리 r만큼 떨어진 곳(전위가 V인 지점)까지 등속으로 이동시킬 때 필요한 에너지인 것으로 공식을 얻을 수 있음.

셋 이상의 점전하로 이루어진 계의 전체 위치에너지는 각 점전하 쌍끼리의 위치에너지들을 대수적으로 합한 값임.

특정 위치에서의 전위를 안다면, 특정 전하량을 가진 입자가 해당 위치에 등속으로 오기까지에 필요한 일을 구할 수 있음.

5. 전위와 대전된 도체

도체에는 표면에만 전하가 존재함.

1) 정전기적 (힘의) 평형 상태

도체에서 전기장은 표면에 수직으로 나가는 방향임.
힘이 수직 방향으로만 작용하므로 전하들은 표면 상에서 상하좌우로 움직일 수 없고 고정되어 있음.
-> 힘의 평형 상태

2) 등전위면

도체 표면 전하에 움직임이 없기 때문에 퍼텐셜에너지 차, 전위차가 없는 것으로 볼 수 있음.
-> 등전위

도체 내부의 모든 점에서 전위는 일정하며 표면의 전위와 같음.
-> 도체 내부에서 표면까지 전하를 일정한 속력으로 이동하는 데 일이 필요하지 않음.

정전기적 평형 상태에 있는 도체는 등전위면을 가짐.

메모 포함[이57]: 증명 방법은 알려주지 않았다.

메모 포함[이58]: ex. 전하 a에게 전하 b, c, d가 영향을 미치고 있다면, b에 의한 a에서의 전위, c에 의한 a에서의 전위, d에 의한 a에서의 전위를 각각 구한 후 다 더하면 a에서의 전위이다.

메모 포함[이59]: 이 경우 무한대만큼 떨어진 곳에서의 전위와 전기 위치에너지가 0이다.

메모 포함[이60]: 전위차가 존재해야 전하가 움직인다.

SSU-SW-21-이준혁

+ 전자볼트(eV)

전자가 1V 의 전위차를 통하여 가속될 때 얻는 운동에너지

1eV = 1.60 X 10^(-19) J

$\Delta V = \frac{\Delta PE}{q}$에서 q 에 e 를, V 변화량을 1 로 둔 것.
이때 위치에너지 변화량은 운동에너지 변화량과 같음.

J == CV 임.

메모 포함[이61]: 이런 단위 관련된 것들은 나중에 한꺼번에 정리해두자.

---

6. 등전위면

모든 점들이 같은 전위에 있는 면

등전위면 상에 있는 두 점은 전위차가 0 이므로 전하를 일정한 속력으로 이동시킬 때 일이 필요하지 않음

메모 포함[이62]: 위치에너지 변화도 없고 운동에너지 변화도 없다.

등전위면의 모든 점에서 전기장은 표면에 수직임.

1) 등전위 등고선 (등전위)

메모 포함[이63]: 등전위 등고선을 등전위라고도 한다.

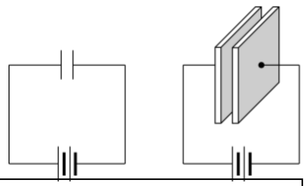
등전위면을 나타내는 방식.
평면 그림으로 나타냄.
전하를 중심으로 하는 동심구임.

등전위선은 모든 점에서 전기력선과 수직임.

7. 축전기와 전기용량

1) 축전기 (평행판 축전기)

두 평행한 도체판에 전지를 연결하여 전하를 쌓는 배열.



두 도체 사이의 전위차$\Delta V = Ed$
(E: 두 판 사이의 전기장
d: 두 판 사이의 거리)

한 판에서는 전자가 떨어져 나와 양전하를 띄게 되고, 다른 판은 전자를 공급받아 음전하를 띄게 됨.
+극 쪽의 판은 +극으로, -극 쪽의 판은 -극이 됨.
두 도체판은 동일한 크기의 전하를 가짐.

전하의 이동(충전)은 판 사이의 전위차가 전지 양단의 전위차와 같아질 때까지 진행됨.
전하가 계속 들어가 전위차가 같아지면 더 이상 충전되지 않음.
도체판에 대전되는 전하량은 전지 양단의 전위차에 비례함

메모 포함[이64]: 전지에 18V 이런 식으로 쓰여 있는 것은 해당 전지 양단의 전위차를 나타낸 것이다.

두 판 사이에서 전기장은 일정함.

SSU-SW-21-이준혁

2) 전기용량 (C)

특정 시점에서의 도체판의 전하의 크기를 해당 시점에서의 도체 판 사이의 전위차로 나누어 구할 수 있음.

Q 와 ΔV는 비례 관계에 있어서 Q 나 ΔV의 크기를 바꾸는 것으로는 전기용량을 조절할 수 없음.
전기용량은 도체의 기하학적 배열에 영향을 받음.

두 판 사이의 전기장의 크기, 두 판 사이의 전위차, 판 위의 전하 이 3 가지 공식을 이용하여 전기용량 공식을 정리할 수 있음.
전기용량은 두 판의 면적에 비례하고 두 판 사이의 거리에 반비례함.

단위는 패럿(F)임. F = C/V (쿨롱/볼트)

$$\boxed{C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{\sigma A}{Ed} = \frac{\epsilon_0 A}{d}}$$

+ 두 판 사이의 전기장의 크기

$$\boxed{E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}}$$

σ : 도체 판의 전하 밀도
ϵ_0 : 자유 공간의 유전율 (비례 상수)

+ 도체 판의 전하 밀도 σ

$$\boxed{\sigma = \frac{Q}{A}}$$

단위 넓이당 전하의 크기.

Q : 한쪽 도체 판의 전하의 크기
A : 도체판 한 면의 면적

+ 평행판 축전기

판 사이가 공기로 채워진 축전기.

전기장은 판 사이 중앙에서 가장 균일하고 가장자리로 갈수록 덜 균일함.
대부분의 경우 판 사이 전체 영역에서 균일한 것으로 취급함.

메모 포함[이65]: 전기용량은 전기용량 상수라고도 한다.
(충전이 완료된 경우 그렇게 부르는 듯?)

메모 포함[이66]: "해당 시점"에서 도체판의 전하의 크기이다.
즉, C 또한 해당 시점에서의 전기용량이다.
특정 시점에 고정된 값이라는 것을 기억하면 이해가 쉽다.

SSU-SW-21-이준혁

8. 축전기의 연결

1) 병렬 연결

분기점이 있는 연결.

1. 각 축전기들이 가지는 전위차와, 전지 양단의 전위차는 모두 같음.

2. 축전기들에 의해 저장된 전체 전하는 각 축전기들의 최대 전하의 크기를 더한 것임.

3. 등가 전기용량은 축전기들 각각이 가지는 전기용량을 모두 더한 것과 같음.

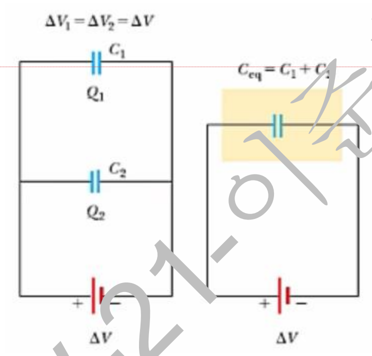
4. 축전기들에서 특정 축전기에 저장된 전하에 대한 전체 전하와, 해당 축전기의 전기용량에 대한 전체 등가 전기용량은 동일함.

1. $V = V_1 = V_2 = \cdots$ (V: 전지 양단의 전위차)

2. $Q = Q_1 + Q_2 + \cdots$ (Q: 전체 전하)

3. $C_{등가} = C_1 + C_2 + \cdots$

4. $\frac{Q_i}{Q_{전체}} = \frac{C_i}{C_{등가}}$



2) 직렬 연결

분기점이 없는 연결.

1. 직렬 연결된 각 축전기들에 저장된 최대 전하의 크기는 모두 같음.

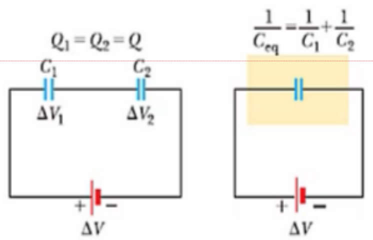
2. 전지 양단의 전위차는 각 축전기들이 가지는 전위차를 모두 더한 것과 같음.

3. 등가 전기용량은 축전기들 각각이 가지는 전기용량의 역수를 모두 더한 것과 같음.

1. $Q = Q_1 = Q_2 = \cdots$ (Q: 전체 전하)

2. $V = V_1 + V_2 + \cdots$ (V: 전지 양단의 전위차)

3. $\frac{1}{C_{등가}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots$



메모 포함[이67]: 전위차는 ΔV로 나타내야 하겠지만 여기서는 편의를 위해 그냥 V로 썼다.

메모 포함[이68]: 축전기/저항기의 직/병렬 연결 각각.

메모 포함[이69]: 병렬 연결은 하나가 끊어져도 다른 하나는 작동한다.

메모 포함[이70]: 전류가 둘로 나뉘어지는 부분.

메모 포함[이71]: 각 전기용량들을 모두 더한 크기의 전기용량을 등가 전기용량 상수(충전이 완료된 경우 그렇게 부르는 듯?) 또는 등가 전기용량 또는 등가용량이라고 한다. 등가 전기용량을 가지는 축전기는 병렬로 연결된 해당 축전기들을 대체할 수 있다.

병렬 연결에서 등가 전기용량은 어느 개개의 용량보다 크다.

메모 포함[이72]: 병렬 연결에서 등가 전기용량은 어느 개개의 용량보다 작다.

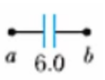
SSU-SW-21-이준형

+ 직렬, 병렬이 혼한된 등가용량 문제의 풀이 방법

한 번에 처리하는 것이 아니라, 직렬인지 병렬인지를 기준으로 여러 부분으로 나누어서 각 부분들을 처리하는 과정을 반복해야 함.

+ 전기 장치 배열

좀 이상하긴 해도 시작과 끝이 이어져 있지 않은 전기 장치 배열이 시험에 나올 수도 있음.

ex. 

---

9. 충전된 축전기에 저장된 에너지

1) 전하를 추가로 옮길 때 필요한 일

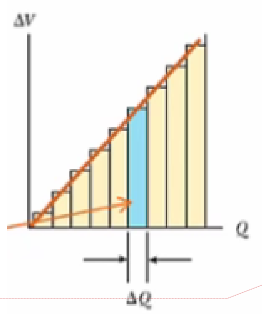
$$\Delta W = \Delta V \Delta Q = \frac{q}{C}\Delta Q$$

평행판으로 전하를 옮길 때는 외부 기전력이 일을 함.

공식은 어느 순간의 전위차가 ΔV일 때 ΔQ 만큼의 전하를 추가로 저장할 때 필요한 일임.

전위차의 정의가 단위 전하당 한 일이므로, 전위차에 ΔQ를 곱해주면 ΔW는 ΔQ를 옮기는 데 필요한 일임.

$\Delta V = \frac{q}{C}$ 를 대입해서 정리할 수도 있음. 이 공식에서 q 는 현재 저장된 전하의 크기임. ΔW는 q 가 저장된 상태에서 ΔQ를 추가로 저장할 때 필요한 일임.



2) 축전기에 저장되는 에너지

축전기는 판으로 전하를 옮기는 데 필요한 만큼의 에너지를 저장함.

$\Delta V = Q/C$ 를 이용해서 그래프를 그리면 오른쪽과 같음. 이때 면적이 일임.

전하가 Q 이고 전위차가 ΔV가 될 때까지 충전하는 데 필요한 일을 구할 수 있음.
해당 시점에서의 전하량과 전위차이므로 $\Delta V = \frac{Q}{C}$ 로 정리할 수 있음.
이 값은 충전된 축전기에 저장된 에너지와 같음.

$$\text{저장된 에너지} = \frac{1}{2}Q\Delta V = \frac{1}{2}C(\Delta V)^2 = \frac{Q^2}{2C}$$

메모 포함[이73]: 충전 이전에 두 판이 중성일 때는 전위차가 0 이어서 전하를 옮기는 데 일이 필요하지 않지만, 충전이 진행되면서 두 판 사이에 전위차가 커지기 때문에 일이 필요하다.

메모 포함[이74]: 정리하기 전 공식만 알고 있으면 될 듯.

SSU-SW-21-이준혁

3. 전류와 전기 저항

1. 전류

단면을 통과하는 전하량의 흐름률.

단위는 C/s (쿨롱/초) 또는 A (암페어) 임.

전류가 지속적으로 흐르면 평균 전류와 순간 전류가 같음.

양전하의 이동 방향이 전류의 방향임.
음전하의 이동 방향과 전류의 방향은 반대임.

1) 평균 전류

단위 시간당 면 A 를 통과하는 전하량.

$$\boxed{I_{평균} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}}$$

2) 순간 전류

시간 간격이 0 으로 가는 평균 전류의 극한값.

$$\boxed{I = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt}}$$

+ 전하 운반자

전하를 싣고 이동하는 것.

금속이나 일반적인 도체에서 전하 운반자는 전자임.

+ 양공

전자가 빠져나간 빈자리.

전자의 방향과 반대로 이동함. 즉, 전류의 방향으로 이동함.

메모 포함[이75]: 책에 양공이 전하 운반자라는 워딩은 없는 것 같다.

SSU-SW-21-이준혁

2. 미시적으로 본 전류

어떤 전하의 유동 전하(ΔQ)는 전하 운반자의 수(N)와 전하 운반자의 전하량(q)을 곱한 것.

$$\Delta Q = Nq$$

메모 포함[이76]: 전하량?

1) 전하 운반자의 전하량(q)

기본적으로 전자의 전하량인 e 임.

2) 전하 운반자의 수(N)

단위 부피당 전하 운반자의 수(n)와 부피를 곱하면
해당 부피의 전하 운반자 수를 구할 수 있음.

$$N = nA\Delta x$$

(n: 단위 부피당 전하 운반자의 수
A: 단면의 넓이
Δx: 길이)

3) 미시적으로 전류 나타내기

전하 운반자가 유동속력(v_d)으로 이동했으면 Δt 동안 전하 운반자가 움직인 거리를 $v_d \Delta t$로 표시할 수 있음.
이때 $\Delta Q = nA(v_d \Delta t)e$ 로 나타낼 수 있고, Δt를 넘겨서 극한을 취해주면 전류에 대한 공식을 얻을 수 있음.

메모 포함[이77]: 일정한 평균 속력.

$$I = nqv_dA$$

+ 단위 부피당 전하 운반자의 수(n) (수밀도)

원자 하나 당 전자를 몇 개 내놓는지와, 원자의 개수를 알면 구할 수 있음.

$$1\text{몰의 부피} = \frac{\text{원자량}}{\text{밀도}}$$

$$n = \frac{\text{아보가르도수}}{1\text{몰의 부피}}$$

밀도(ρ)는 전체 질량을 전체 부피로 나누어 구할 수 있음
원자량은 해당 원자 1 몰 당 몇 g 인지를 나타낸 것.

메모 포함[이78]: 하트 반으로 나누기.

아보가르도 수는 비례 상수. 약 6.02×10^{23} 임

SSU-SW-21-이준혁

3. 회로에서의 전류와 전압 측정

1) 전류계와 전압계

전류계: 전류 측정 장치. 아주 작은 저항이 들어 있음. 회로 내에 직렬 연결.
전압계: 전압 측정 장치. 높은 내부 저항이 들어 있음. 회로 내에 병렬 연결.

회로의 흐름에 영향을 주지 않게 해야 함.

메모 포함[이79]: 저항이 크면 뒤쪽에 오는 장치들에 걸리는 전위차가 작아진다.

메모 포함[이80]: 직렬로 연결되어야 회로의 흐름에 영향을 주지 않는다. 병렬로 연결되면 전하가 분기점에서 나눠기 때문에 영향을 줄 수 있다.

메모 포함[이81]: 전압=전위차 로 하기로 한 듯.

메모 포함[이82]: 대부분의 전하가 다른 쪽 분기점으로 흐르게 하기 위함이다.

메모 포함[이83]: 병렬로 연결되어야 회로의 흐름에 영향을 주지 않는다. 직렬로 연결되면 뒤에 오는 장치의 전위차가 작아진다.

+ 회로

전류가 순환하는 폐회로.

회로를 그림으로 표현한 것을 회로도라고 함.

+ 전지

전하를 내보내는 장치.
기전력을 공급하는 장치. (기전력원)

회로에서 전기장은 전지의 +에서 -방향으로 형성됨.

SSU-SW-21-이준혁

4. 저항, 옴의 법칙

1) 저항

전류에 대한 도체 양단에 걸린 전위차(전압)의 비.
전위차와 전류의 비례 상수.

$$\Delta V = IR$$

(옴의 법칙)

저항의 정의를 수식화한 것이 옴의 법칙임.
이 수식에서 저항은 전류 및 전위차와는 무관함.

단위는 Ω (옴) 임.

메모 포함[이84]: 전자와 도체 내부의 원자 사이의 충돌에 의한 것이다. 이 충돌은 전자의 운동을 방해한다.

메모 포함[이85]: 단위 길이 당 저항 값은 특정 지점에서의 저항/그 지점에서의 길이 로 구한다.

메모 포함[이86]: 저항을 지나면 전위와 전기 위치에너지는 변화하지만 전하량과 전류는 변화하지 않는다.

2) 옴성 물질, 비옴성 물질

옴의 법칙은 옴성 물질에만 적용할 수 있음.

옴성 물질: 넓은 범위의 전류와 전압에 걸쳐 일정한 저항을 가지는 물질.
비옴성 물질: 전류나 전위차 값에 따라 저항이 바뀌는 물질.

3) 저항기

특정 저항값을 가진 도체

회로에서 지그재그 모양의 선으로 나타냄.

4) 옴성 도체의 저항

길이에 비례하고, 단면의 넓이에 반비례함.

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

(R: 저항, l: 길이,
A: 단면적, ρ: 비저항)

메모 포함[이87]: 도체가 길어질수록 전자는 원자와 더 많이 충돌하여 저항이 커진다.
단면이 넓이가 줄어들수록 좁은 관에서 유체의 흐름이 느려지듯이 저항이 증가한다.

5) 비저항

옴성 도체 저항 공식의 비례 상수로, 물질의 종류나 온도에 따른 고유한 값임.

전기가 잘 통하는 도체일수록 비저항이 낮고, 전기가 잘 안 통하는 절연체일수록 비저항이 큼.

단위는 Ωm (옴 미터) 임.

ρ는 '로우' 라고 부름.

+ 물체를 녹여서 다른 물체를 만드는 경우 (교재 예제 17.3 번)

길이를 두 배로 한 경우 단면적은 1/2 배가 됨. 부피는 그대로일 것이므로.

SSU-SW-21-이준혁

5. 온도에 따른 비저항, 저항의 변화

대부분의 금속에서 온도와 비저항은 비례함.
물질의 온도가 증가하면 원자와 전자의 진동 폭이 커져 충돌이 잦아지고, 이에 따라 비저항도 증가함.

1) 비저항 공식

$$\rho = \rho_0\{1 + a(T - T_0)\}$$

ρ: 온도 T에서의 비저항
ρ_0: 기준 온도 T_0에서의 비저항
a: 비저항의 온도 계수 -> 물질의 종류에 따른 상수임.

메모 포함[이88]: 절대온도, 캘빈

2) 저항 공식

옴성 도체의 저항 공식을 각각 ρ와 ρ_0에 대입하면 온도에 따른 저항 공식도 얻을 수 있음.

$$R = R_0\{1 + a(T - T_0)\}$$

R: 온도 T에서의 저항
R_0: 기준 온도 (실온, 섭씨 20도) T_0에서의 저항
a: 비저항의 온도 계수 -> 물질의 종류에 따른 상수임.

+ 반도체의 비저항의 온도 계수

온도에 따른 비저항 공식에 사용되는 상수. 물질마다 특정 값을 가짐.

반도체는 비저항의 온도 계수가 음수임.
약하게 속박된 전하 운반자가 존재하기 때문에 온도가 상승하면 이 운반자가 자유롭게 움직여 전류의 흐름에 기여하기 때문임.
반도체는 온도가 높을수록 비저항이 작아짐.

SSU-SW-21-이준혁

6. 회로에서 에너지, 물리량 변화

1) 전지를 지날 때

계의 전기 위치에너지 증가, 전지의 화학에너지 감소. -> 위치에너지는 $\Delta Q \Delta V$만큼 증가함.

$\boxed{\Delta Q \Delta V}$

전력이 증가함.

전위는 전위차만큼 증가함. (전기 위치에너지가 증가하므로 전위가 증가하는 것은 당연함)

2) 도선을 지날 때

도선의 저항은 매우 작기 때문에 에너지 변환이 일어나지 않는 것으로 칠 수 있음.

3) 저항을 지날 때

계의 전기 위치에너지 감소, 저항의 열에너지 등 증가. -> $\Delta Q \Delta V$만큼 감소함.

$\boxed{\Delta Q \Delta V}$

전력이 감소함.

전위는 전위차만큼 감소함. (전기 위치에너지가 감소하므로 전위가 감소하는 것은 당연함)

7. 전력

$\boxed{P = I\Delta V}$

저항기로 전달되는 에너지의 비율. (일률)

전지가 공급하는 에너지의 비율. (일률)

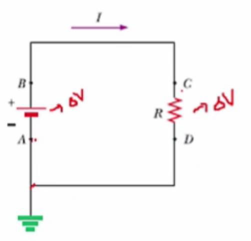
$\Delta Q \Delta V$를 Δt로 나눈 뒤 시간 간격을 0으로 극한을 취하면 전력을 구할 수 있음.

단위는 W (와트) 임. -> 일률의 단위.

+ 접지

전위의 기준을 만들어주는 역할. 접지의 전위는 0V 임. 이것을 기준으로 다른 것들의 전위를 명시함.

선 3 개를 그려서 나타냄.



+ 킬로와트시 (kWh)

전기 회사가 소비 전력을 계산할 때 사용하는 에너지의 단위.

1 킬로와트의 일정한 비율로 1 시간동안 사용된 에너지.

1 kWh = 3.60 x 10^6 J

메모 포함[이89]: 계의 전기 위치에너지는 운동에너지로 전환된다. -> 이 운동에너지 때문에 전자가 이동한다.

메모 포함[이90]: 델타 Q이지만 그냥 Q로 봐도 큰 문제는 없을 듯하다.

메모 포함[이91]: 왜 하필 ΔQΔV만큼 증가하고 감소함?

메모 포함[이92]: 어떤 값을 가지는 전력은 장치들에게 에너지를 제공할 수 있다. 이때 장치들에게 필요한 각 전력을 모두 더한 것이 제공되는 전체 전력보다 작다면 제공이 가능하다.

ex. 32W -> 2W가 필요한 장치 16개 가동 가능.

저항에서는 전력이 소모된다.

메모 포함[이93]: 일률: 단위시간 당 한 일.

극한을 취하지 않으면 평균 일률을 구한 것이고, 극한을 취하면 순간 일률을 구한 것이다.

메모 포함[이94]: A~D, B~C 각각이 등전위 이므로, 접지가 속해 있는 A~D의 전위가 0이라면 전위차를 이용해서 나머지 전위들을 얻을 수 있다.

SSU-SW-21-이준혁

4. 직류 회로

1. 기전력원

기전력(ε)의 근원.

폐회로에서 일정한 전류를 유지해 주는 원천. 전위차를 공급해 주는 것.

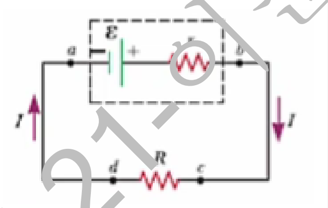
폐회로에서 전하들의 전기 위치에너지를 증가시켜주는 장치들. -> 전지, 발전기 등

단위는 V (볼트) 임. -> 전위차와 동일한 단위.

메모 포함[이95]: 기전력: 도체 양끝에서 일정한 전위차를 유지시킬 수 있는 능력.

전위차 vs. 기전력?

기전력으로는 +되는 것만 뽑으면 되는 것 같음



2. 전지

1) 전지 양단의 전위차 (단자 전압)

전지의 단자 전압을 구할 때는 전지의 내부저항도 고려해야 함.

메모 포함[이96]: 내부저항을 고려하지 않으면 전지의 단자 전압은 전지의 기전력과 같다.

전지는 항상 내부저항을 가진다.

$$\Delta V = \varepsilon - Ir = IR$$

$$\varepsilon = IR + Ir$$

ΔV : 전지의 전위차

ε : 전지의 기전력

I : 회로의 전류

r : 전지의 내부저항

R : 부하저항 -> 외부의 저항들을 합한 등가 저항.

2) 전지의 전력

기전력을 전위차 자리에 대입하여 전력을 구해낼 수 있음.

$$P = I\varepsilon = I^2R + I^2r$$

SSU-SW-21-이준혁

2. 저항기의 연결

저항을 지날 때 전류(전하)는 일정하고 전위는 감소함.

여러 개의 저항기를 통과한 후의 전위차는 개별 저항의 전위차들의 합과 같음.

1) 직렬 연결

저항이 분기점 없이 연결된 경우. -> 저항기들을 지나는 전류(전하)가 일정함.

저항기들의 등가 저항은 개별 저항에 대한 대수적 합임.

$$\boxed{\mathrm{R}_{등가} = \mathrm{R}_1 + R_2 + \cdots}$$

메모 포함[이97]: 당연한 것. 이걸 기준으로 암기한다.

등가 저항은 각각의 저항보다 큼.

2) 병렬 연결

저항이 분기점에 의해 나뉘어 연결된 경우. -> 저항기들에 걸리는 전위차가 일정함.

저항기들의 등가 저항은 개별 저항의 역수에 대한 대수적 합임.

등가 저항은 각각의 저항보다 작음.

$$\boxed{\frac{1}{\mathrm{R}_{등가}} = \frac{1}{\mathrm{R}_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots}$$

SSU-SW-21-이준혁

4. 키르히호프 법칙

법칙1. 교차점 법칙
법칙2. 고리 법칙

복잡한 직류 회로를 분석할 때는 키르히호프의 법칙을 사용하면 간단함.

1) 교차점 법칙

임의의 분기점(교차점)으로 들어가는 전류의 전체 합은 그 점에서 나오는 전류의 전체 합과 같음.

전하량 보존 법칙

2) 고리 법칙 -> **전위차를 계산함.**

고리 모양의 폐회로 내에 있는 모든 소자들의 전위차 합은 0 이 되어야 함.

하나의 회로에서 여러 개의 고리를 뜯어내서 식을 얻을 수 있음. -> 변수의 개수만큼 식을 얻어야 함.

에너지 보존 법칙

3) 법칙 적용 전에 정해야 하는 조건들.

1. 회로의 "모든" 가지에서 전류의 방향을 지정해야 함.
여기서 전류의 방향은 임의로 정하는 것임. (찍는 거임)

메모 포함[이98]: 기호도 지정해야 한다고 되어 있기는 한데, 전류를 음수로 지정할 일은 없을 듯?

2. 고리의 도는 방향을 선택해야 함.
고리 법칙 사용 시에 이 방향을 기준으로 값들을 계산함.

저항기에서 전류의 방향 = 도는 방향 -> $\Delta V = -IR$ (저항이므로 빼줘야 함)
저항기에서 전류의 방향 != 도는 방향 -> $\Delta V = IR$ (저항이므로 빼줘야 함)
기전력원에서 -극에서 +극으로 돌 때 -> $\Delta V = \varepsilon$ (전지이므로 더해줘야 함)
기전력원에서 +극에서 -극으로 돌 때 -> $\Delta V = -\varepsilon$ (전지이므로 더해줘야 함)

메모 포함[이99]: 소자가 도는 방향과 잘 맞으면 전위차를 그대로 사용하고, 잘 안 맞으면 전위차에 -를 붙여서 사용한다.

+ 소자의 전류 방향을 잘못 지정한 경우

계산해서 얻은 전류의 부호가 음수가 나옴.

이때 전류의 크기는 정확한 값임.
지정했던 전류의 방향을 반대로 바꾸고, 크기는 그대로 사용해주면 됨.

SSU-SW-21-이준혁

5. 자기

1. 자석

자석은 항상 N 극(북극)과 S 극(남극)을 가짐.

같은 극끼리는 밀고, 다른 극끼리는 잡아당김.

자석은 자성의 정도에 따라 연성과 경성으로 분류함
연성(soft) : 쉽게 자화되지만 쉽게 자성을 잃음.
경성(hard) : 영구 자석에 사용되는 것들로, 자성을 잘 잃지 않음.

2. 자기장

자기장은 자석의 내부부터 외부까지 순환하는 구조임.

벡터 물리량.

단위는 T (테슬라), Wb/m^2 (웨버/넓이), G (가우스)
1 T = 10^4 G 임. (테슬라는 너무 큰 수여서 쓰기 불편하기 때문에 도입한 것이 가우스임)

1) 자기장의 방향

해당 위치에서 나침반 방향의 북쪽이 가리키는 방향
자석의 외부에서는 N->S 극 방향이고, 내부에서는 S->N 극 방향임.

면에 들어가는 방향을 X 로, 면에서 나오는 방향을 . 으로 표기함.

메모 포함[이100]: 화살로 생각하면 화살이 들어갈 때는 화살의 깃이 보이기 때문에 X이고, 화살이 나올 때는 화살의 촉이 보이기 때문에 . 이다.

2) 자기장의 크기

자기력 공식을 이용해 구함.

+ 쌍극자 구조, 자기 홀극

쌍극자 구조 : N, S 극이 붙어 있는 형태.
자기 홀극 : N, S 극이 떨어져 있느 형태.

SSU-SW-21-이준혁

3. 자기력

1) 움직이는 대전 입자에 작용하는 자기력의 크기

자기장 내에서 움직이는 대전 입자는 자기력을 받음.
움직이지 않거나 자기장과 평행하게 움직이면 자기력을 받지 않음.
대전 입자가 자기장에 수직으로 움직일 때 최댓값을 가짐.

$$F = qvBsin\theta$$

자기력의 크기 공식으로 자기장의 크기를 구할 수 있음.

B : 자기장
q : 대전 입자의 전하량
v : 대전 입자의 속도
θ : 자기장과 대전 입자의 속도(전류의 방향)의 사잇각

2) 움직이는 대전 입자에 작용하는 자기력의 방향

오른손 법칙 1 번으로 알아낼 수 있음.

3) 전류가 흐르는 도체(도선)에 작용하는 자기력의 크기

자기장 내에 있는 도선에 작용하는 자기력의 크기는, 해당 범위 내의 전하 운반자의 수와 전하 운반자 하나 당 받는 힘의 크기를 곱해서 구할 수 있음.

$$F = (qv_dB)(nAl)sin\theta$$
$$= (v_dqAn)(Bl)sin\theta$$
$$= BIlsin\theta$$

전류의 방향이 자기장의 방향과 평행하면 자기력이 작용하지 않음.

θ : 자기장의 방향과 전류가 흐르는 방향 사이의 각도.

4) 전류가 흐르는 도체(도선)에 작용하는 자기력의 방향

오른손 법칙 1 번으로 알아낼 수 있음.

전류의 방향으로 양의 대전 입자가 흐르는 것으로 생각하여 오른손 법칙 1 번을 적용할 수 있음.
전류의 반대 방향으로 음의 대전 입자가 흐르는 것으로 생각하여 오른손 법칙 1 번을 적용할 수 있음.

SSU-SW-21-이준혁

5) 평행한 두 도선 사이의 자기력

하나의 도선에서 형성한 자기장이 다른 도선에 자기력을 발생시킴.

자기력의 크기는 '전류가 흐르는 도선에 작용하는 자기력'과 '직선 도선의 자기장' 각각의 공식을 이용하여 식을 정리할 수 있음.
자기력의 방향은 오른손 법칙 1 번으로 알 수 있음.

두 도선 모두에 전류가 흘러야 자기력이 발생함.

같은 방향으로 전류가 흐르는 두 도선은 서로 잡아당김.
다른 방향으로 전류가 흐르는 두 도선은 서로 밀어냄.

+ 오른손 법칙 1 번

자기력의 방향을 알아내는 방법.

양전하가 자기장 내에서 움직일 때의 자기력의 방향
1. 오른손의 네 손가락을 속도의 방향으로 향하게 한다.
2. 네 손가락을 자기장의 방향으로 감아쥔다.
3. 엄지손가락의 방향이 자기력의 방향이다.

음전하가 자기장 내에서 움직일 때의 자기력의 방향
1. 양전하일 때처럼 방향을 구한다.
2. 방향을 180 도 돌린 것이 자기력의 방향이다.

+ 암페어의 정의

1m 떨어져 있는 두 평행 도선에 같은 양의 전류가 흐를 때 각 도선에 작용하는 단위 길이당 자기력이 2 X 10^(-7) 일 때의 정류를 1A 로 정의.

평행한 두 도선 사이의 자기력을 공식으로 나타내고 위의 값들을 대입해 보면 딱 떨어짐.

SSU-SW-21-이준혁

4. 직선 도선의 자기장과 앙페르 법칙

직선 도선에 일정한 전류가 흐르면 도선 주위에는 자기장이 형성됨.

1) 앙페르 법칙

직선 도선의 주위에 형성되는 자기장의 방향을 나타내는 법칙.

엄지손가락 : 전류의 방향

네 손가락 : 자기장의 방향

2) 직선 도선 주위에 형성되는 자기장의 크기

μ_0 : 자유 공간의 투자율

I : 직선 도선에 흐르는 전류의 크기

r : 직선 도선으로부터 떨어진 거리

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

+ 자유 공간의 투자율

비례 상수.

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ Tm/A$$

+ 앙페르의 회로 법칙

$B_{||}$: 선분 요소 Δl에 평행인 자기장의 성분

Δl : 직선 도선 주위의 폐경로를 나눈 것

식을 정리하면 직선 도선 주위에 형성되는 자기장의 크기 공식이 나옴.

$$\sum B_{||}\Delta l = I\mu_0$$

$$B\sum \Delta l = I\mu_0$$

SSU-SW-21-이준혁

5. 전류 흐르는 고리와 솔레노이드의 자기장

메모 포함[이101]: 솔레노이드는 시험범위 아님.

1) 전류가 흐르는 고리에 형성되는 자기장의 방향

앙페르의 오른손 법칙을 적용하면 전류가 흐를 때 특정 방향으로 자기장이 형성되는 것을 알 수 있음.

2) 전류가 흐르는 고리 중심에 형성되는 자기장에 크기

$$B = N\frac{\mu_0 I}{2R}$$

N : 고리가 감긴 횟수

R :

3) 솔레노이드 (전자석)

긴 직선 도선을 나선형 모양으로 돌돌 말은 장치.

솔레노이드 내부의 자기장은 거의 일정함.

솔레노이드 외부의 자기장은 일정하지 않음.

솔레노이드에 형성되는 자기장의 방향은 앙페르의 오른손 법칙으로 구할 수 있음.

솔레노이드에 형성되는 자기장의 크기는 공식이 있음.

$$B = \mu_0 n I$$

$$I = \frac{N}{l}$$

n : 단위 길이당 감은 수 (길이는 도선의 길이가 아닌 솔레노이드의 길이)

I : 솔레노이드에 흐르는 전류

SSU-SW-21-이준혁