

빅뱅에서 문명까지 중간고사 정리

[시간과 공간]

□ 상대성 이론

- 의미 : 관측했을 때 보여지는 것이 상대적이라는 뜻. 물리현상은 상대적, 물리법칙은 절대적으로 동일
- 예시 : 물체의 속도는 관찰자에 따라 달라짐(상대속도), 지구는 빠른 속도로 자전하지만 인간은 멈춰있는 상태라고 인지함.

- 분류 : 갈릴레이의 상대론, 특수상대론, 일반상대론

□ 갈릴레이의 상대론 (결정론, 고전역학, 이신론적 우주관)

- 의미 : 과학적 사고를 하기 전에는 운동의 절대적 기준이 있다고 생각했음.
→ 틀린 생각임. 가생디 실험(일정속도로 움직이는 배 위에서와 지상에서의 자연법칙이 같다는 것을 밝혀낸 실험)으로 증명함. 즉, 운동현상의 절대적 기준은 없음!

○ 배경

- 뉴턴의 역학법칙으로 인해 과학혁명이 발발하고, 절대적 시간과 공간의 존재를 가정하는 고전역학이 성립되어 천체의 운동을 수학적·기계적으로 설명할 수 있다는 결정론이 발생함.
→ but. 특수상대론에 의하면 시간과 공간은 절대적이지 않음.
- 행성이 태양 주위를 도는 것은 역학 법칙의 자연스러운 결과라는 것이 밝혀짐. 세상은 신의 세세한 개입을 배제하고도 설명할 수 있다는 이신론적 우주관(신은 세계를 만든 후 관찰자의 역할만 수행함. 신이 없다는 말이 아냐)이 생겨남.

□ 특수상대론 (일정한 속도로 움직이는 운동, 가속하지 않는 운동에 관한 상대성 이론)

○ 배경

- 마이컬슨·몰리 실험
 - 특수상대론의 바탕이 된 실험, 역사상 가장 실패한 실험이라는 평가
 - 빛은 어떤 것이 매질 역할을 하는지 알아보기 위해 '에테르'라는 가상의 물질을 생각하여 빛의 속도의 변화를 재려고 시도하였으나, 실험 결과 차이를 발견할 수 없었음.
→ 광속은 관찰자에 관계 없이 일정하다는 사실이 확립 (빛은 매질 없이 존재할 수 있는 파동임)
→ 속도는 '거리/시간'이므로 광속불변의법칙에 따르면 절대적 시간이란 논리적으로 불가능

○ 가설

- 상대론 : 절대적 운동이란 존재하지 않음. 모든 운동은 상대적이거나 물리법칙은 항상 성립함.
- 광속불변 : 진공에서 빛의 속력은 관측자의 운동과 상관 없이 항상 일정함. $C=2.9998 \times 10^8$ m/s

○ 현상

- 길이수축 : 물체는 빠르게 움직일수록 길이가 짧아보임.
- 시간지연 : 고유시간(같은 위치에 있는 두 사건 사이의 시간)과 시간(두 사건 사이의 시간) 사이의 간격 때문에 시간지연이 일어남. 빠른 속도로 움직일수록 시간은 느리게 흐름.

□ 일반상대론 (가속하는 운동에 대한 현상을 설명할 수 있는 상대성 이론)

○ 배경

- 아인슈타인의 중력이론 : 무거운 물체는 근방의 공간을 휘게 만들어 물체 운동의 최단경로를 변화시킴. 수성의 근일점 변화나 개기일식 때의 별의 위치 변화 등을 통해 확인됨.

○ 현상

- 시간지연 : 등가원리에 따라 가속운동시의 관성력과 중력은 근본적으로 차이가 없으며, 이러한 중력은 관성력과 마찬가지로 공간을 휘게 만들어 물체 운동의 최단 경로를 변화시키므로, 중력이 강할 수록 시간은 천천히 흐름.
- 블랙홀과 사건의 지평선
 - 블랙홀 : 중력이 너무 강해서 빛조차 빠져나올 수 없고 시간도 흐르지 않는 무거운 물체. 강한 중력으로 인해 간접적으로만 그 존재를 확인할 수 있음. 질량이 무거울수록 밀도는 낮아짐.
 - 사건의 지평선 : 블랙홀로 떨어드는 사람을 지켜보는 관찰자 입장에서는, 떨어드는 사람이 사건의 지평선(블랙홀의 경계)으로 영원히 다가가는 것으로 보임. 그러나 떨어드는 입장에서는 유한한 시간 안에 지평선을 통과할 뿐이며 현실적으로는 특이점에 부딪히기도 전에 조수력 때문에 쪼개버릴 것임.

□ 상대성 이론의 활용

- 쌍둥이 역설 : 쌍둥이 역설 현상이 실제로 관찰되려면, 두 사람이 가속(방향을 전환)을 하여 직접 만나야 하므로 가속하지 않는 운동에 관한 이론인 '특수상대론'으로는 설명이 불가능함. '일반상대론'으로는 설명이 가능함.

○ GPS

- 현재 70개가 넘는 위성이 GPS에 사용되고 있음.
- 시간 조정 : 지구는 자전을 하므로 특수상대론적 효과에 의해 위성 시계가 늦게 가고 (0.000007초/일), 위성보다 지구 위의 시계가 중력(관성력)을 더 많이 받으니까 일반상대론적 효과에 의해 위성 시계가 더 빨리 감(0.000045초/일). 정확한 위치를 확인하기 위해 두 효과를 합친 '0.000038초/일'씩을 매일 인위적으로 늦추고 있음.

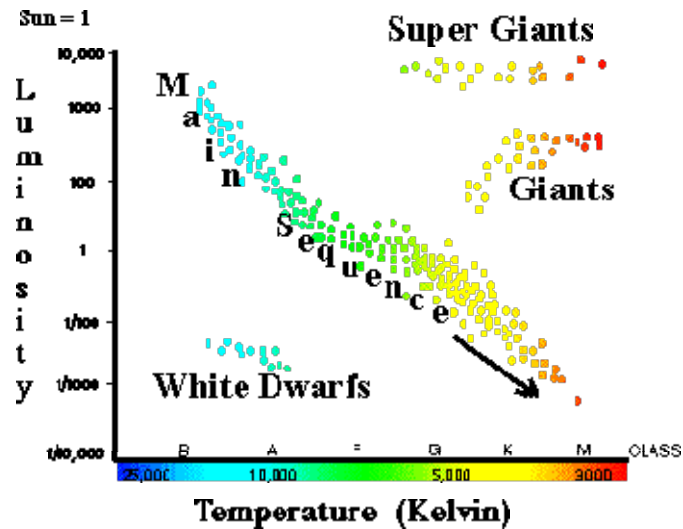
[별의 생과 사]

□ 관측 가능한 우주 : 빛의 속도가 유한하므로 관측 가능한 영역에는 제한이 있음. 우주의 팽창 때문에 관측가능한 반경은 우주의 나이인 138억년보다 보다 훨씬 큰 465억 광년임.

□ 생명의 조건 : 태양에서의 지속적인 에너지 유입, 물과 같은 에너지 전달이 가능한 유체, 다양한 원소 등. 지구는 무거운 별의 잔해에서 만들어 졌으며, 존재하는 모든 원소는 별들이 일생을 마칠 때가 되어서야 생겨남. 즉, 우리 몸을 포함한 모든 생명체를 구성하고 있는 모든 원소는 우주에서 왔음.

□ 별의 탄생과 죽음 : 별은 성간물질이 중력에 의해 수축되면서 생기며, 시간이 지날수록 압력이 올라가고 더 빠르게 회전하게 됨. 별과 행성이 생기는 데는 최대 백만년까지 걸리며 무거울수록 수명이 짧음.

□ 주계열성 그래프 : 별의 표면온도와 밝기의 연관성을 나타내는 그래프



□ 흑체 복사 : 온도에 따라 색깔 분포가 달라지며, 물질을 통과하면 특정 색의 빛이 흡수되어 물질의 정체를 알아낼 수 있음. 광원의 움직임을 통해 이동 속도 또한 알아낼 수 있음.

□ 별의 일생

- 적색거성 : 내부의 연료를 사용함에 따라 핵융합이 바깥쪽 껍질로 옮겨가며, 압력에 의해 외부가 팽창하여 적색거성이 됨.
- 백색왜성 : 완전히 연소가 끝나면 내부는 수축하여 백색왜성이 됨.
- 행성상성운 : 완전히 연소가 끝나면 바깥쪽은 밀려나 행성상성운이 됨.
- 초신성 : 급격히 엄청난 에너지를 내며 폭발하는 별. 태양 질량의 10배가 넘어가야 초신성이 됨. 최대 수 개월 동안 은하 전체가 내는 정도의 빛을 내며 별이 만들어지는 촉진제 역할을 함.
- 중성자별 및 블랙홀 : 초신성이 되어 폭발한 별의 중심부는 중성자별 또는 블랙홀이 됨.

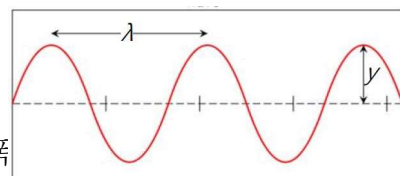
[양자역학과 불확정성 원리]

□ 파동

○ 정의 : 공간이나 물질을 지나가는 교란이나 진동

○ 구분

- 파장 : 동일한 진동이 한번 진행되는 거리
- 진폭 : 중간에서부터 제일 위나 제일 아래까지의 폭
- 진동수 : 단위시간(초)당 진동하는 횟수
- 마루 : 가장 높은 부분
- 골 : 가장 낮은 부분



- 움직임(속도, 운동량) : $v = f\lambda$

o 파동의 회절 : 장애물을 만나면 반사되어 돌아오는 파

o 파동의 간섭

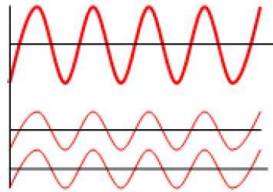
- 보강 간섭 : 위상이 같음. 마루-마루 또는 골-골

파장, λ

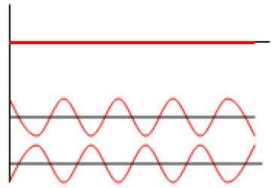
진폭, y

진동수, f

자는 회절되지 X)



- 소멸 간섭 : 위상이 다름. 마루-골, 소멸되어 진동이 일어나지 않음.



□ 보이는 세상

o 뉴턴 역학 : 입자에 작용하는 힘을 알고, 특정한 순간에 그 입자의 위치와 움직임(속도)를 알면, 그 입자의 과거·현재·미래의 모든 것을 알 수 있음. 결정론적 세계관에 영향.

□ 보이지 않는 세상

o 이중 슬릿 실험

- 관측하면 입자가 입자처럼 행동 (회절과 간섭 X)

- 관측하지 않으면 입자가 파동처럼 행동 (회절과 간섭 O)

o 파동-입자 이중성

- 파동 : 간섭, 회절 특징을 가짐. 파동의 정확한 위치는 알 수 없음.

- 입자 : 관측 후에는 간섭현상이 사라짐.

☞ '관측', '측정'을 위해서는 '위치를 특정'해야 함. 위치가 특정되면 파동의 성질을 잃게 되어 움직임(속도)를 알 수 없게 됨.

o 불확정성 원리 : 입자의 위치를 정확히 측정하면 파동의 특성을 깨버리게 되므로 입자의 움직임(속도)를 모르고, 움직임(속도)를 정확히 측정하면 파동의 특성상 위치를 모름.

□ 양자역학

o 학파별 입장

- 현실론 입장 : 측정한 바로 그 위치에 있어야 함! 불확정성은 자연의 특성이 아니라 인간의 무지 때문이며, 입자의 위치는 불확정된 것이 아니라 측정하는 사람이 모르는 것임. 파동함수가 가지고 있는 정보는 불완전하므로 숨겨진 변수에 대한 추가 정보가 필요함.

- 불가지론 입장 : 대답할 가치가 없음! 측정 전에는 측정을 하지 않은 상태이므로 입자의 상황을 단언할 수 없음. 어떤 경우에도 '측정 전'이라는 상황에 대해 대답할 수 없음.

☞ 대부분 물리학자들의 대체적인 입장이었음. 형이상학적 질문

- 정통론 입장 : 정말 어디에도 존재하지 않음! 입자의 위치를 결정하는 것은 '측정' 행위임. 관측이 측정될 대상을 창조함. 즉, 측정 그 자체가 입자를 만들어내는 과정이자 원인임.
☞ 맞는 입장!! John Bell이라는 사람이 측정에 앞서 입자가 정확한 특정 위치에 있다면 관찰 가능한 차이를 준다는 사실을 밝혀내고 그 차이를 실험적으로 관측해냄으로써, 불가지론 입장을 폐지하고 정통론 입장이 맞는 것임을 증명함.
- o 확률 분포 파동 : 측정 전에는 입자가 입자 형태가 아닌 확률분포의 파동 형태로 존재함.
- o 양자역학적 결론 도출
 - 측정 직전 입자가 어디에 있었을지는 알 수 없으나, 측정 전 입자의 상태 (파동함수 $[\Psi]$: 특정 시간에 어느 위치에서 그 입자를 발견할 확률 분포), 시간에 대한 변화, 통계적 정보는 알 수 있음.
 - 양자역학을 통해 불확정성을 포함한 입자의 상태를 예측할 수 있게 되었으며, 현대 과학과 기술 발전의 거의 모든 것이 양자역학의 예측 가능성으로 가능하게 되었음.

[물질의 진화]

□ 화학이란?

- o 우주의 구성 요소 : 물질, 에너지
- o 화학과 화학 물질
 - 화학 : 물질과 그 물질이 일으키는 화학반응(변화)를 연구하는 과학.
화학으로 인해 생명현상이 일어남.
 - 화학 물질 : 세상의 모든 물질이 화학 물질이며, 화합물은 에너지로 사용 가능함.
- o 화학의 발전 과정
 - 고대 그리스 철학자와 동양 과학자들은 4원소설(세상이 물, 공기, 흙, 불 4개의 원소로 이루어져 있다는 생각)을 신뢰함.
 - 기원 전부터 중세 유럽까지 퍼진 주술적 성격을 띤 자연학인 연금술은, 비금속을 귀금속으로 전환하는 것을 목표로 삼았으며 이러한 연금술 이론은 실험적 원소 개념이 확립되기 전까지 오랫동안 영향을 끼침.
 - 라부아지에(근대 화학의 아버지)는 연금술에 기초해 화학에 정량적인 방법을 처음 도입했으며, 질량보존의 법칙과 원소 개념을 확립하고 상변화를 관찰함.
☞ 화학은 연금술에 뿌리를 두고 있음!

□ 과학자와 과학적 사고법

- o 연역법
 - 개념 : 일반적 사실로부터 구체적 사실을 이끌어내는 것
 - 예시 : 주기율표 - 주기율표는 100개가 넘는 원소를 어떻게 정리하고 분류할 것이냐는 고민에서부터 태어난 정리표이며, 연역법을 통해 밝혀내지 못한 원소의 특성을 예측해가며 차근차근 완성해 나갔음.
- o 귀납법

- 개념 : 구체적 사실로부터 일반적 사실을 이끌어내는 것
- 예시 : 원자의 구조 변천
 - 1) 돌턴 공 : “단단한 공 모형일 것이다.”
 - 2) 톰슨 푸딩 : “음의 전하를 가진 전자를 발견했다. 음의 전하를 가진 전자가 존재하니 양의 전하 또한 존재할 것이라 추측할 수 있다.”
 - 3) 러더퍼드 행성 : “핵은 가운데 고정되어 있고 그 주위를 전자들이 돌고 있다.”
(문제 : 전자는 가속운동을 하면 빛을 냄. 빛을 낸다는건 힘을 잃는다는 소리고 힘을 잃은 전자는 원자로 점점 다가가 결국 사라져야 하는데 그렇지 않잖아?)
 - 4) 보어 궤도 : “전자는 가운데 고정되어 있는 핵을 중심으로 일정한 궤도로 돈다.”
(문제 : 보어 모델로는 수소 원자만 설명이 가능함.)
 - 5) 현대 전자구름 : “전자는 불확실성의원리에 따라 확률분포로만 존재할 뿐, 정확히 어디에 있는지 알 수 없다.”
- o 과학자란? : 과학자는 집요한 집념으로 과학을 발전시켜 왔으며, 다수 과학자들의 경험이 쌓이고 쌓여 위대한 성과가 나타나는 것이지 혼자만의 힘으로는 과학을 발전시킬 수 없음.
(예시 : 산란실험 - 얇은 금박을 통과한 방사능 물질의 입자 중 10만분의 1만이 산란을 한다는 것을 발견했는데 이게 바로 핵임. 이 10만분의 1 입자가 핵이라는 것을 찾아내기 위해 과학자는 집요한 집념을 발휘했음.)

□ 분자와 분자성 화학 결합

- o 분자 : 단원분자를 제외한 모든 분자는 두 개 이상의 원자가 화학결합에 의해 일정한 형태로 결합한 것임
 - o 분자성 화학 결합
 - 전자는 물질의 성질을 결정하며, 분자는 전자 8개일 때 가장 안정적임.
 - 화학 결합을 통한 분자의 특성 구분
 - 금속성 : 단위세포가 전자구름 내의 금속 이온으로 존재함. 무른 것부터 굳은 것까지 다양한 형태이며, Li, K, Ca, Cu, Cr, Ni 등이 있음.
 - 이온성 : 단위세포가 음이온과 양이온 형태로 존재하며, 정전기적 인력과 굳고 부서지기 쉬운 성질을 가짐. NaCl, CaBr₂, K₂SO₄ 등이 있음.
 - 분자성 : 단위 세포 입자가 분자 형태이며, 대체적으로 무름. CH₄, P₄, O₂, H₂O, S₈ 등이 있음.
 - 공유 결합성 : 단위 세포 입자가 원자 형태로 존재하며 공유 결합을 통해 인력을 유지함. 매우 굳으며 C와 SiO₂ 등이 있음.
 - o 분자
 - 정의 : 두 개 이상의 원자가 화학결합에 의해 일정한 형태로 결합한 것(단원분자 제외)
 - 특징 : 분자의 극성, 모양, 분자량에 따라 분자간의 힘이 작용함.
- ☞ 분자의 특징에 따른 물질의 상(화학적 조상 및 물리적 상태가 균일한 물질 형태) 변화

[에너지vs엔트로피, 열역학의 법칙들]

□ 열과 열에너지

- 열 : 뜨거운 곳에서 차가운 곳으로, 온도가 같은 상태인 열 평형에 도달할 때까지 이동함.
- 열에너지 : 온도로 표현됨. 열(방향성X) 또는 일(방향성O)로 표현 가능.
 - 열 : 뜨거운 곳에서 차가운 곳으로, 온도가 같은 상태인 열 평형에 도달할 때까지 이동함.
 - 온도 : 뜨겁고 차가운 정도를 나타내는 수치. 입자의 운동에너지나 물질의 복사 정도로 측정.
 - 온도계 : 열역학 제0법칙을 사용해 시스템의 온도를 결정함
 - 온도 단위 : 섭씨(C) - 물의 어는점 0도 끓는점 100도
화씨(F) - 물의 어는점 32도 끓는점 212도, 미국만 사용
절대온도(K) - 이상기체의 부피가 사라질 때 0도 물의 어는점 273.16도, 양의 값만 존재하며 과학자들이 주로 사용
 - 힘 : 작용한 힘 X 그 힘의 방향으로 움직인 거리
 - ☞ 작용한 힘의 방향과 움직인 방향이 수직인 경우 일의 크기는 0임.
 - 적은 힘으로 같은 일을 하려면 멀리 가야함.

□ 열역학 법칙

- 열역학 제0법칙 : A와 B는 열 평형상태다. B와 C도 열 평형상태다.
그렇다면 이 때, A와 C도 열 평형상태일 것이다. ($A=B, B=C, \text{Then } A=C$)
- 열역학 제1법칙 : 에너지보존법칙 (에너지는 보존된다.)
 - 에너지는 만들어지지도 사라지지도 않음. 형태만 바뀔 뿐임. 따라서, 총 에너지는 변하지 않음.
 - 빅뱅과 핵발전소에서 사용 가능한 $E=mc^2$ 공식으로 질량-에너지 보존 법칙 설명 가능
- 열역학 제2법칙 : 엔트로피법칙 (자연계는 엔트로피가 증가하는 방향으로 변한다.)
 - 엔트로피 : 물리계의 무질서한 정도. 엔트로피가 증가했다는 얘기는 무질서해졌다는 뜻임.
- 열역학 제1법칙+제2법칙 : 에너지의 총량은 보존되지만 우리가 사용할 수 있는 에너지의 양은 줄어듦.

[과학과 문명]

□ 전자기력

- 전기장 : 전하 주위에 전기력이 작용하는 공간
- 전기력 : 전하를 가진 물체가 서로 밀고 당기는 힘 (cf. 중력은 당기는 힘 밖에 없음)
- 전류 : 전하(전자)의 흐름. 전류가 흐르려면 폐회로가 있어야함.
- 응용 예시 : 디지털신호와 트랜지스터(전기력을 스위치로 조절. 전기력 보내면1, 보내지 않으면 0)

□ 도체, 반도체, 부도체의 전기적 특성

- 도체 : 전기가 잘 통하는 물질 (ex. 철, 구리, 알루미늄 등)
- 부도체 : 전기가 잘 통하지 않는 물질 (ex. 유리, 플라스틱, 고무 등)
- 반도체 : 도체와 부도체 중간 정도의 전도도. 전류를 조절할 수 있는 상태의 물질을 뜻함.
 - 원소 반도체 : 최외각 전자가 4개인 원소 (ex. Si, Ge 등)
 - 화합물 반도체 : 최외각 전자가 3개와 5개인 원소의 화합. 공유결합에서 최외각 전자가 8개

일 때가 가장 안정된 상태임!!!

- p-형 불순물 반도체 (Positive형) : 소량의 3족 원소에 의해 전자가 비어있는 상태. (3족 원소를 의도적으로 끼워 넣은거임) 양의 전하를 가지며 정공이 생성됨.
- n-형 불순물 반도체 (negative형) : 소량의 5족 원소에 의해 전자가 남는 상태. (5족 원소를 의도적으로 끼워 넣은거임) 음의 전하를 가지며 잉여전자가 발생함.

□ 자기력

- o 자기장 : 자석이나 전류 주위에 자기력이 작용하는 공간
- o 자기력 : 자성을 가진 물체가 서로 밀고 당기는 힘. 전류가 흐르면 자기력이 생긴.
지구의 자기(지자기) 방향은 계속 바뀜.

□ 초전도체와 자기부상열차

- o 전기저항 : 전하의 흐름을 방해하는 정도. 저항이 클수록 열이 많이 발생함.
- o 초전도체 : 임계온도 이하에서 전기저항이 0이 되는 물질.
(ex. 수은 : 영하 269도 이하에서는 전기저항이 0임)
- o 자기부상열차
 - 작동 원리 : 열차에 설치된 초전도 전자석에 전력을 공급하여 발생한 자기력이 철로에서 발생한 자기력과 서로 밀어내는 힘이 작용. 작은 전력으로 강한 자기장 발생을 위해 초전도 전자석이 필요함.

□ 전자기파

- o 정의 : 전기장과 자기장이 공간적으로 진동하면서 진행하는 파동
cf. 빛은 인간의 눈으로 감지 가능한 전자기파임.
- o 종류 : 적외선, 가시광선, 자외선
- o 응용 예시 : 전자렌지(물 분자를 흔들어서 열을 냄),
디스플레이(R,G,B 세가지 색깔의 빛을 원하는 세기만큼 방출)