

prof. 최희동

2006학년도 1학기

응용핵물리기초

중간고사 문제지

2006. 4. 24. (月)



아이~

아이~

원자핵공학과

§ 문 1 - 10 (총 50점)까지는 답 만을, 문 11 - 14 (소문항 당 각 5점)는 풀이과정과 답을 작성하시오.

1. 다음 중 가속된 좌표계(accelerated reference frame)에서 Newton의 법칙을 적용할 때 나타나는 가상힘 (fictitious force)에 해당되지 않는 것은?

- ① 관성력 ② 전향력 ③ 원심력 ④ 복원력

2. 다음 중 각운동량이 보존되는 경우가 아닌 것은?

- ① 등속직선 운동 ② 러더포드 산란 ③ 가속각속도 원운동 ④ zero-torque 운동

3. 원자 질량 단위 u의 기준이 되는 것은?

- ① ^{16}O 원자 ② 자연존재비의 산소원자 ③ ^{12}C 원자 ④ 자연존재비의 탄소원자

4. 이상기체의 내부에너지 $U = (3/2)nRT$ (n : mole수, R : 기체상수, T : 기체절대온도)일 때 이 내부에너지란?

- ① 기체분자들의 총 병진(translational) 운동에너지이다.
 ② 기체분자들의 총 진동(vibrational) 운동에너지이다.
 ③ 기체분자들의 운동에너지와 위치에너지의 합이다.
 ④ 기체 내부의 복사(radiation) 에너지이다.

$$U = \frac{2}{3} nRT = nRT$$

$$= \frac{1}{3} n m \overline{v^2}$$

$$= \frac{1}{3} n m v_{rms}^2$$

5. Maxwell의 속력분포법칙에서 최빈속력(most probable speed) v_m , 평균속력 $\langle v \rangle$, 평균자승평균속력 (root-mean-square speed) v_{rms} 간의 크기 관계는? (절대온도 $T \neq 0$)

- ① $v_{rms} > v_m > \langle v \rangle$ ② $v_{rms} > \langle v \rangle > v_m$ ③ $v_m > v_{rms} > \langle v \rangle$ ④ $v_m > \langle v \rangle > v_{rms}$

6. 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

Faster means shorter

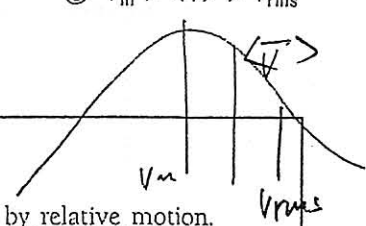
Measurements of lengths as well as of time intervals are affected by relative motion. The length L of an object in motion with respect to an observer always appears to the observer to be shorter than its length L_0 when it is at rest with respect to him. This contraction occurs only in the direction of the relative motion. (The length L_0 of an object in its rest frame is called its proper length. (We note that in Fig. 1.5 the clock is moving perpendicular to v , hence $L = L_0$ there.)

The length contraction can be derived in a number of ways. Perhaps the simplest is based on time dilation and the principle of relativity. Let us consider what happens to unstable particles called muons that are created at high altitudes by fast cosmic-ray particles (largely protons) from space when they collide with atomic nuclei in the earth's atmosphere. A muon has a mass 207 times that of the electron and has a charge of either $+e$ or $-e$; it decays into an electron or a positron after an average lifetime of $2.2 \mu\text{s}$ (2.2×10^{-6} s).

Cosmic-ray muons have speeds of about 2.994×10^8 m/s (0.998c) and reach sea level in profusion—one of them passes through each square centimeter of the earth's surface on the average slightly more often than once a minute. But in $t_0 = 2.2 \mu\text{s}$, their average lifetime, muons can travel a distance of only

$$v t_0 = (2.994 \times 10^8 \text{ m/s})(2.2 \times 10^{-6} \text{ s}) = 6.6 \times 10^2 \text{ m} = 0.66 \text{ km}$$

before decaying, whereas they are actually created at altitudes of 6 km or more.



$$L = L_0 \sqrt{1-\beta^2} \quad 2.2 \mu s \times 10$$

대기권 상층부에서 우주선에 의해 발생하는 muon은 지상에 상당비율로 도착한다고 한다. 그러나 위의 제시문에서와 같이 muon의 평균이동거리는 660 m 밖에 되지 않으므로 그 발생고도를 6 km로 잡을 경우 지상에 도달한다는 것은 겉보기 상 모순이 된다. 이를 설명하기 위한 다음의 상대론적인 고려사항 중 적절하지 못한 것은? (아래에서, $\beta = v/c$ 를 의미한다.)

0.66 km
 $2.494 \times 10^{12} m/c$

- ① muon이 이동하는 거리는 muon 좌표계에서는 $\sqrt{1-\beta^2} \sim 0.06$ 배로 감소한다
- ② muon의 평균수명은 muon 좌표계에서 2.2 μs 이나 지상정지좌표계에서는 $1/\sqrt{1-\beta^2} \sim 16$ 배만큼 증가한다.

③ muon 좌표계에서 muon이 이동하는 거리는 $\sqrt{1-\beta^2}$ 0.06배로 감소하고, 평균수명은 $1/\sqrt{1-\beta^2} \sim 16$ 배만큼 증가한다.

④ muon이 지상에 도달한다는 것은 어느 좌표계에서나 $(vt) = L$ (=지상까지의 이동거리)임을 의미한다.

$$E^2 = (m_0 c^2)^2 + p^2 c^2 = (0.511^2 + 2^2) MeV^2$$

전자의 정지질량은 $m_0 c^2 = 0.511 MeV$ 이며, 그 운동량이 2 MeV/c이라면 총 (상대론적) 에너지는? (가장 가까운 답을 고르시오.)

- ① 2.064 MeV
- ② 2.511 MeV
- ③ 7.828 MeV
- ④ 8.339 MeV

8. 국제선 비행기가 1080 km/h의 속력으로 직선비행한다. 특수상대론을 적용하면 이 비행기의 시계와 지상의 시계가 1 s 시간차가 나려면 상호 시계를 일치시킨 후 대략 얼마동안 비행하여야 하는가? (가장 가까운 답을 고르시오.)

- ① 6.34 일
- ② 63.4 일
- ③ 63.4 년
- ④ 63400 년

9. 다음 중 빛에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 에너지와 운동량을 가진다.
- ② 스핀 각운동량을 가진다.
- ③ 좌표계의 운동에 무관하게 그 속도는 광속(c)으로서 불변이다.
- ④ 그 전장(E)·차장(B) 벡터로써, $E \times B$ 또는 $B \times E$ 의 방향으로 전파된다.

10. 빛의 양자 즉 광양자(light quantum)의 이름은?

- ① black-body radiation
- ② photon
- ③ phonon
- ④ lepton

11. 파장 350 nm의 UV light를 $1 W/m^2$ 의 intensity로 cesium 표면에 쬐인다. ($hc = 1.24 \times 10^{-6} eV \cdot m$, Cs의 work function = 1.9 eV)

- a) 방출되는 광전자의 최대 에너지를 eV 단위로 구하시오.
- b) 입사 광자의 1%가 광전자를 방출한다면, 세슘의 쬐이는 영역의 $1 cm^2$ 일 때 초당 방출되는 전자수는?

Handwritten calculations for problem 11b:

$$S = \frac{0.01}{t-1} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

$$S(1-\beta) = \frac{1}{1+\beta}$$

$$\frac{1 W/m^2}{1.0 cm^2} \times \frac{1}{1.0 cm^2} = \dots$$

(계속)

12. 초기 에너지 T 인 α -입자가 원자번호 Z 인 표적핵에 입사한다. ($1/4\pi\epsilon_0 = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$)

a) 이때 다가갈 수 있는 최단거리 R_{\min} 을 T, Z 와 물리상수들을 이용하여 표현하라.

b) α -입자의 에너지가 5.5 MeV , 표적핵이 금($Z=79$)인 경우 a)에서 구한 최단거리를 fm 단위로 계산하라.

13. 수소원자 스펙트럼을 관찰하여 얻은 선스펙트럼의 파장은 실험식

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad m, n: \text{자연수 } (m < n)$$

으로 요약되었다. 다음 물음에 답하시오.

a) R 은 무엇인가? *Rydberg constant*

b) Bohr의 수소원자모형의 결과로서 수소원자의 에너지 준위는

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2}, \quad n: \text{자연수}$$

로 표시된다. (2)식으로부터 (1)식에 나타나는 R 값을 구하여 m^{-1} 단위로 표시하시오.

c) Bohr의 수소원자모형에서 결과적으로 나타난 양자화된 양을 세 가지 이상 제시하시오.

14. Rutherford의 산란 모형에 관해 다음 물음에 간략히 답하라.

a) Impact parameter b 란 무엇인가? 또 측정가능한 량인가?

b) Impact parameter b 와 산란단면적 σ 와의 관계는?

c) Impact parameter b 와 미분산란단면적 $d\sigma/d\Omega$ 와의 관계는?

$F.M. = \frac{F \cdot m}{w}$
 $\frac{F \cdot m}{w} = m$ (1)
 $\frac{F \cdot m}{w} = m$ (2)

energy (eV) angular momentum
 $\frac{f \cdot m}{L}$
 $\frac{1}{L}$

(풀)

$G = \frac{2\pi s m_0 d_0}{\pi b^2} = \frac{2\pi s m_0 d_0}{\pi b^2}$
 $\frac{db}{dz} = \frac{q^2}{4} \frac{w \sin^2 \frac{\theta}{2}}{\sin^2 \frac{\theta}{2}}$
 $\frac{db}{dz} = \frac{\pi q^2}{2} \frac{b db}{dz}$
 $b = a \sin \frac{\theta}{2}$
 $b db = \frac{d b}{2\pi}$
 $\frac{b db}{\sin^2 \theta d\theta}$
 $\frac{d b}{d z} = \frac{q^2}{4}$
 $\frac{d b}{d z} = \frac{\pi q^2}{2} \frac{b db}{d z}$
 $b db = \frac{d b}{2\pi}$
 $M \cdot \frac{M v r}{n}$