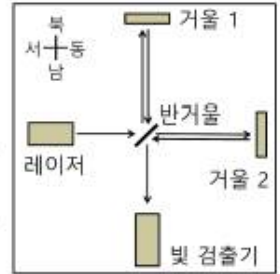


※다음 제시문을 읽고 아래 질문에 답하시오.

[가] 아인슈타인은 가속하고 있는 좌표계에 있는 관측자가 관측하는 것과 중력장에서 관측하는 것을 서로 구별할 수 없다는 등가 원리로부터 중력이 공간의 굽어짐과 관련이 있다는 일반 상대성 이론을 제안하였다. 질량이 큰 물체들이 심하게 상호작용하여 움직이면 물체 주위의 시공간의 굽어짐이 교란이 되어 퍼져 나가게 된다.

[나] 두 파동이 서로 만나 중첩되면, 두 파동이 합쳐져서 원래의 파동보다 진폭이 더 커지는 보강 간섭이 일어나거나 진폭이 작아지거나 없어지는 상쇄 간섭이 일어난다.

[다] 오른쪽 그림은 레이저에서 나온 빛이 반거울을 통해 나누어져 수 km 떨어진 거울 1과 거울 2에서 반사된 후 다시 모여 빛 검출기에 들어가도록 만든 간섭 실험 장치이다. 레이저에서 나오는 빛의 파장은 600 nm이며, 거울 1과 거울 2, 반거울의 높이는 레이저에서 나오는 빛이 수직으로 비추는 높이에 비하여 매우 크다. 거울 1과 거울 2는 입사하는 빛을 모두 반사하고, 반거울은 입사하는 빛의 절반을 통과시키고 절반을 반사한다.



[간섭 실험 장치]

[라] 전자기파는 전기장과 자기장의 세기가 커졌다가 작아지는 것을 반복하면서 공간을 전파하여 나가는 파동이다. 전자기파 중에서 사람의 눈으로 관찰할 수 있는 것을 가시광선 또는 빛이라고 한다. 진공 중에서 진행하는 빛의 속도는 관찰자나 광원의 속도와 관계없이 일정하다. 진동수가 f 인 빛은 hf 의 에너지를 가지는 광자의 흐름으로 생각할 수 있으며, 파장이 λ 인 광자 하나의 운동량은 $\frac{h}{\lambda}$ 이다.

[마] 큰 에너지의 빛이 물질을 통과하면서 전자와 양전자를 생성하는 쌍생성 현상은 에너지가 질량으로 변하는 현상이다. 한편 방사성 원소인 우라늄 235는 핵분열할 때 질량이 감소하면서 감소한 질량이 에너지로 변하며, 수소와 같은 작은 원자핵들이 융합하여 더 큰 원자핵으로 변하는 핵융합 반응에서도 질량이 감소하면서 감소한 질량이 에너지로 변한다.

[바] 절대온도가 T 인 흑체 표면의 단위 넓이에서 단위 시간당 방출되는 복사 에너지는 σT^4 이며, 파장 $\lambda = \frac{2.9 \text{ mm} \cdot \text{K}}{T}$ 에서 단위 파장당 방출되는 복사 에너지가 가장 크다.

[표 1] 물리 상수

전자의 정지질량	기본 전하량	아보가드로 수	만유인력 상수	진공에서의 광속
$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	$N_A = 6.0 \times 10^{23} \text{ 개/mol}$	$G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$	$c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$
중력가속도	슈테판-볼츠만 상수	볼츠만 상수	양성자의 질량	플랑크 상수
$g = 10 \text{ m/s}^2$	$\sigma = 5.7 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$	$k_B = 1.4 \times 10^{-23} \text{ J/K}$	$m_p = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

1. 각각 질량 M 인 두 물체가 자전하지 않고 중력에 의해 서로 끌어당기면서 반지름이 $5000 \times GM/c^2$ 인 원궤도로 운동하고 있었다. 시간이 지난 후 두 물체가 합쳐져 질량이 $1.999 \times M$ 인 하나의 물체가 되면서 정지하였다. 한 물체로 합쳐진 이후에도 자전하지 않는 경우에, 이 과정에서 방출된 에너지의 크기에 대해 논하시오. [10점]
2. 중력가속도가 g 인 공간에 질량 10 kg 인 똑같은 평면 거울 두 개를 각각 끈에 매달아 평행하게 마주 보도록 설치하였다. 두 거울 사이의 거리는 5 km 이고, 두 끈의 길이는 각각 8 m 이며, 거울 자체의 높이는 끈의 길이에 비하여 매우 작다. 파장이 600 nm 인 광자 10^{23} 개가 두 거울의 사이에서 계속 왕복 운동하고 있을 때, 각각의 거울이 받는 평균 힘에 대해 논하고, 끈이 연직선과 이루는 각도에 대해 논하시오. 두 거울은 계속 평행을 유지하며 광자는 거울에 수직으로 입사하여 모두 반사된다고 가정한다. 끈의 질량은 거울의 질량보다 매우 작다. [10점]
3. 제시문 [다]의 간섭 실험 장치에서 레이저에서 나오는 빛이 반거울을 통해 나누어져 거울 1과 거울 2에서 반사된 후 다시 모여 빛 검출기에 들어갈 때 상쇄 간섭이 일어나도록 거울 1과 거울 2의 위치를 조정하였다. 이후에 거울 1과 거울 2가 각각 외력을 받아서, 거울 1의 위치는 남북 방향으로 진동하게 되었고 거울 2의 위치는 동서 방향으로 진동하게 되었다. 각 거울의 진폭이 $10 \mu\text{m}$ 이고 진동수가 5 Hz 인 경우에 빛 검출기에 나타날 수 있는 신호에 대해 논하시오. [10점]
4. 제시문 [다]의 간섭 실험 장치에서 거울 1과 거울 2의 위치를 조정하여 반거울로부터 빛 검출기 쪽으로 진행하는 빛의 세기가 11.4 W/m^2 가 되게 하고, 빛 검출기 위치에 구형의 흑체를 놓았다. 레이저를 켜기 전에 흑체의 온도는 $27 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 일정하였다. 레이저를 켜 후에 흑체의 온도가 더 이상 변하지 않게 되었을 때, 흑체의 온도에 대해 논하고, 흑체에서 방출되는 복사 에너지의 파장 분포에 대해 논하시오. 단, 흑체 표면의 온도는 모두 같다고 간주하며, 흑체 표면의 높이는 레이저에서 나오는 빛이 수직으로 비추는 높이에 비하여 매우 작다. [10점]

