

모의 논술고사 문제지(자연계 I)

접수번호

성명 (

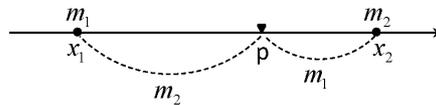
)

<유의사항>

1. 제목은 쓰지 마시고 특별한 표시를 하지 마시오.
2. 제시문 속의 문장을 그대로 쓰지 마시오.
3. 답안작성과 정정은 반드시 본교에서 지급한 필기구를 사용하시오.
4. 본교에서 지급한 필기구를 사용하지 않았거나, 답안지에 특별한 표시를 한 경우에는 감점 또는 0점 처리합니다. (예: 감사합니다. 등)
5. 답안 정정 시에 수정액 등을 사용한 경우에는 감점 처리합니다.

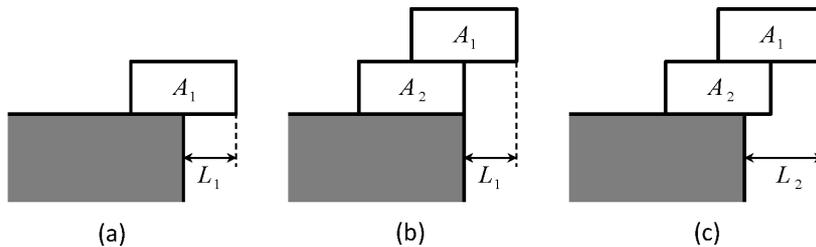
<문제 I> 다음 제시문을 읽고 문제에 답하시오.

[가] 여러 물체로 이루어진 계(system)의 물리적 현상을 분석할 때 이 물체들 전체의 질량이 어떤 한 점에 집중되어 있는 것처럼 취급하면 편리할 때가 많다. 이 점을 그 계의 질량중심(또는 무게중심)이라 하는데, 특히 질량이 각각 m_1, m_2 인, 크기를 무시할 수 있는 두 개의 물체로 이루어진 계의 질량중심은 아래 그림처럼 두 물체를 연결하는 선분을 $m_2 : m_1$ 으로 내분하는 위치에 있다. (즉, $\overline{x_1 p} : \overline{p x_2} = m_2 : m_1$) 이것은 두 물체를, 질량을 무시할 수 있는 막대로 연결할 경우 이 막대의 균형을 유지하게 하는 받침점의 위치와 같다.



질량이 각각 m_1, m_2, m_3 인 세 개의 물체로 이루어진 계의 질량중심은, 먼저 질량이 $m_1 + m_2$ 인 물체가 m_1 과 m_2 의 질량중심에 위치하는 것으로 생각하고 이 물체와 m_3 와의 질량중심으로 구하여 전체 계의 질량중심을 구할 수 있다.

[나] 질량중심을 이용하여 다음의 벽돌쌓기 문제를 해결해 보자. 벽돌의 조성이 균질하다고 가정하면 그 질량중심은 벽돌의 한가운데에 위치할 것이고, 하나의 벽돌을 그림 (a)와 같이 책상의 모서리에서 가장 길게 내밀 수 있는 한계는 벽돌의 질량중심이 모서리와 같은 수직선상에 위치할 때이다. 그렇다면 동일한 벽돌 두 장을 쌓아서 모서리로부터 가장 길게 내밀려면 어떻게 해야 할까? 이 문제는 다음과 같은 순서로 생각해 볼 수 있다. 먼저 벽돌 A_1 의 수평 위치를 유지한 채 벽돌 A_2 를 그림 (b)처럼 놓는다. 그 다음 벽돌 A_1 이 미끄러지지 않게 벽돌 A_2 를 조심스럽게 모서리 쪽으로 밀면, 두 벽돌 전체의 질량중심이 모서리를 지나치지 않는 한 이 탑은 무너지지 않을 것이다. (그림 (c))



[다] 뉴턴의 운동법칙에 따라 물체에 힘이 가해지면 가속 운동을 하여 속도가 변한다. 이를 일과 에너지 관점에서 기술하면, 힘이 한 일이 물체의 운동에너지 변화를 이끌어낸다고 할 수 있다. 일정한 크기의 힘(F)을 물체에 일정한 방향으로 가할 때 이 힘이 물체에 한 일(W)은 힘과 힘의 방향으로 물체가 이동한 변위의 곱으로 정의된다. 다시 말하면, 이동 변위가 d 이고, 이동 변위와 힘과의 각도가 θ 라 할 때, 힘이 한 일은 $W = Fd \cos \theta$ 이다. 이 정의로부터 힘의 방향이 물체의 이동방향과 같을 때는 양의 일을 하고 반대일 때는 음의 일을 함을 알 수 있다. 질량 m 의 물체가 속력 v 로 움직이고 있을 때 이 물체의 운동에너지는 $K = \frac{1}{2}mv^2$ 으로 기술된다. 따라서 한 물체가 한 지점(A)로부터 다른 지점(B)으로 이동하는 동안, 물체에 작용한 알짜힘이 한 일은 물체의 운동에너지의 변화량과 같다는 일-에너지 정리는 $W = K_B - K_A$ 라 쓸 수 있다.

[라] 힘이 한 일이 출발과 도착 지점 위치에만 의존하고 물체의 이동 경로와 상관없다면 이 힘을 보존력이라 한다. 따라서 보존력에 대해서는 각 위치마다 위치에너지를 정의하여 힘이 한 일의 음의 값을 위치에너지를 변화량으로 볼 수 있다. 그리고 일-에너지 정리에 따라, 운동에너지와 위치에너지를 합으로 정의되는 역학적 에너지는 보존된다. 자연계의 기본 힘인 중력과 전기력이 보존력에 해당된다. 이와 달리 힘이 한 일이 물체의 이동경로에 따라 달라지는 힘을 비보존력이라 하고, 마찰력이나 공기항력 등이 이에 해당된다. 비보존력이 작용하는 경우 역학적 에너지 중 일부는 열 등의 내부에너지로 변환된다. 보존력이든 비보존력이든 상관없이 일-에너지 정리는 항상 성립하나, 비보존력이 하는 일만큼 역학적 에너지가 감소하면서 감소한 에너지가 열 등의 내부에너지로 변환된다.

[마] 하늘에서 떨어지는 비는 지상 수 km에서 형성된다. 만일 빗방울이 중력에 의해서 순수하게 가속운동을 한다면 지표면에 도달할 때의 빗방울의 속력은 초당 수백 미터에 달해 동식물 등에게 큰 피해를 줄 것이다. 하지만 실제로는 공기 같은 유체 속을 낙하하는 경우 운동 반대방향으로 공기항력을 받는다. 공기항력(F_D)은 근사적으로 공기의 밀도(ρ)와 물체의 단면적(A)에 비례하고 물체의 속력(v)의 제곱에 비례하여, $F_D = \frac{1}{2} C \rho A v^2$ 로 주어진다. 여기서, 상수 C 는 물체의 모양에 의해 결정된다. 낙하하는 물체에는 중력이 작용하기 때문에 운동방향으로 가속되어 낙하 속력이 커지지만 공기항력 역시 속력이 증가함에 따라 커진다. 따라서 어느 순간 공기항력과 중력의 크기가 같아지고 물체에 작용하는 알짜힘이 0이 되어 등속도 운동을 하는데 이때의 속도를 종단속도라 한다.

<문제 I-1> 제시문 [가],[나]를 참조하여 다음의 질문에 답하십시오.

- (1) 제시문 [가]에서 두 물체의 직선 위의 위치를 각각 x_1, x_2 라 할 때 질량중심의 위치 p 를 구하십시오.
- (2) 한 직선 위에 질량이 m_1, m_2, \dots, m_k 인 물체들이 각각 x_1, x_2, \dots, x_k 의 위치에 있을 때 물체들 전체의 질량중심을 제시문 [가]와 수학적 귀납법을 이용하여 구하십시오.
- (3) 제시문 [나]에서 벽돌 하나의 길이가 2 라면 그림 (c)처럼 A_1 의 끝에서부터 책상 모서리까지의 수평 거리의 최댓값 L_2 는 얼마인가?
- (4) 제시문 [나]와 같은 방식으로 k 개의 벽돌을 쌓아 탑을 만들 때 꼭대기 벽돌의 끝에서부터 책상 모서리까지의 수평거리의 최댓값 L_k 를 구하여라.

<문제 I-2> 제시문 [다]-[마]를 참조하여 다음 물음에 답하십시오.

지상 200 m 높이에서 정지해있는 열기구에서 크기와 모양이 같은 금 구슬과 합금 구슬을 떨어뜨렸다. 바람이 불지 않아 두 구슬 모두 지면에 수직하게 낙하하였고 땅에 떨어지기 전에 공기와의 마찰로 인해 종단속도에 도달하였다고 한다. 또한, 낙하하는 동안 구슬이 회전하거나 모양이 변하지 않았다. 두 구슬의 질량은 각각 1 kg, 0.25 kg이고, 중력가속도는 $g = 10\text{m/s}^2$ 로 놓는다.

- (1) 땅에 떨어지기 직전 금 구슬에 가해지는 공기항력의 크기를 구하고, 그렇게 생각한 이유를 설명하십시오.
- (2) 금 구슬이 땅에 떨어지기 직전 속력이 40m/s라 할 때, 합금 구슬이 땅에 떨어지는 순간의 속력을 추정하고, 그렇게 생각한 이유를 설명하십시오.
- (3) 금 구슬의 온도가 낙하하기 시작하여 땅에 떨어지는 동안 2°C만큼 상승하였다고 할 때, 공기항력이 한 일 중 몇 %가 구슬의 온도 상승에 기여하였는지 추정하십시오. 여기서 금의 비열은 120J/kg°C이고, 구슬로부터 공기로의 열전도는 없다고 가정한다.
- (4) 우주탐사선이 임무를 마치고 대기권에서 자유낙하를 하여 지구로 귀환하고자 한다. 우주탐사선이 지상에 안전하게 착륙하도록 하고자 할 때 고려해야 할 점을 제시문에 근거하여 논술하십시오.

< 끝 >