

2018학년도 일반논술 전형 의예과(물리)

제시문 및 출제의도

=====

【문제 2】 아래의 제시문을 읽고 다음 질문에 답하시오.(40점)

(가) 한 물체가 다른 물체에 힘을 작용하면 동시에 다른 물체도 그 물체에 같은 크기의 힘을 반대방향으로 작용한다. 이를 뉴턴의 운동 제3법칙 또는 작용 반작용 법칙이라고 한다. 나룻배를 타고 노를 저으면, 노를 저을 때 힘을 작용하는 방향과 반대 방향으로 배가 힘을 받아 나아간다. 또 인공위성과 지구처럼 서로 떨어진 물체 사이에도 힘이 작용한다. 인공위성과 지구 사이에는 만유인력이라는 상호 작용이 있다. 지구가 인공위성을 잡아당기는 힘(만유인력)과 인공위성이 지구를 잡아당기는 힘(만유인력)은 크기가 같고 방향이 반대이다.

(나) 물체에 연결된 줄을 팽팽하게 잡아당기면 줄은 물체에서 멀어지려는 방향으로 줄을 따라 물체를 잡아당긴다. 이때 줄이 팽팽히 당겨진 긴장 상태에 있기 때문에 이러한 힘을 장력이라고 한다. 줄에 걸린 장력은 물체에 작용하는 힘의 크기와 같다. 일반적으로 장력은 T 로 표시한다.

(다) 상대속도는 운동하고 있는 관찰자가 다른 물체의 운동을 관찰한 속도이다. 상대 속도는 상대방의 속도에 대한 관찰자의 속도 차를 구하여 얻는다. 물체 A의 운동에 대한 물체 B의 상대 속도 v_{AB} 는 다음과 같다.

$$v_{AB} = v_B - v_A$$

달리는 자동차를 타고 가면서 창밖으로 지나가는 사람이나 다른 자동차를 볼 때 상대방의 속도가 실제와 다르게 보이는 것은 상대 속도의 예이다.

(라) 운동하는 물체의 질량(m)과 속도(v)에 비례하는 물리량을 운동량(p)이라 하고, 물체의 질량(m)과 속도(v)의 곱 ($p = mv$)으로 나타낸다.

여러 물체 사이에 생기는 다양한 상호작용 (탄성충돌, 비탄성충돌 등)이 발생해도 알짜힘이 0일 때, 운동량의 합은 항상 보존이 되며 이것을 운동량 보존 법칙이라고 한다.

(마) 물체에 일을 하면 물체는 운동을 하거나 위치가 바뀐다. 물체가 운동함으로써 운동 에너지를 가지며, 물체의 위치가 달라짐으로써 퍼텐셜 에너지가 달라진다. 역학적 에너지는 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합으로 정의된다. 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지는 운동하는 동안 서로 전환된다. 그러나 그 합, 즉 역학적 에너지는 늘 일정하다. 이것을 역학적 에너지 보존 법칙이라고 한다.

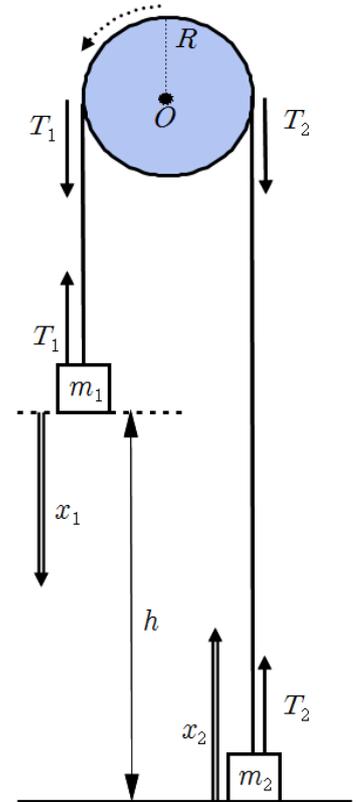
(바) 물체가 원운동을 할 때 원의 중심방향으로 구심 가속도가 생긴다. 원운동 하는 물체에

서 구심 가속도가 생기게 하는 힘을 구심력이라고 한다. 뉴턴의 운동 제2법칙에 따르면, 가속도는 물체에 가해지는 힘과 같은 방향으로 작용한다. 따라서 구심력의 방향은 구심 가속도의 방향과 같고, 구심력의 크기 F 는 뉴턴의 운동 제2법칙에 따라 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F = m \frac{v^2}{r}, \quad m \text{ 은 원운동 하는 물체의 질량, } r \text{ 은 원운동의 반지름, } v \text{ 는 속도}$$

※ 아래의 문제에서 중력가속도는 g 이고, 공기의 저항 및 물체의 크기는 무시한다. 단, (문제 2-3) 에서 질량 M 을 가지는 물체의 경우 크기와 모양은 <그림 3> 과 같다.

(문제 2-1) <그림 1> 처럼 질량이 없고 반지름이 R 인 원형 도르래의 중심이 O 점에 고정되어 있다. 시간 $t=0$ 일 때 도르래의 표면위로 질량이 없고 늘어나지 않는 줄의 양쪽에 질량이 각각 $m_1 = 2m$ 과 $m_2 = m$ 인 두 물체가 지표면으로부터 높이 h 와 지표면에 매달려 있다.



<그림 1>

(가) 질량이 m_2 인 물체가 h 까지 올라간 후 계속 수직 상방 운동을 하여 올라갈 수 있는 최고 높이 H 와, 그 때까지 걸리는 시간 t_H 를 각각 구하라.

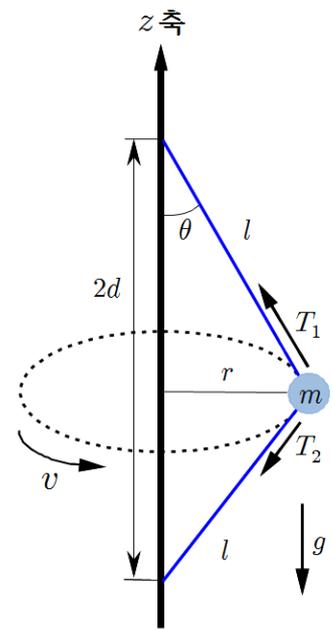
(나) 질량이 m_2 인 물체가 H 까지 올라갔다가 다시 h 까지 내려와서 지표면에 멈춰있던 m_1 을 움직이게 한 직후 m_1 의 속도 V 를 구하라.

(다) 지표면에 있던 m_1 이 m_2 의 운동에 의해 다시 올라갈 수 있는 최고 높이 H' 를 구하라.

(문제 2-2) <그림 2>와 같이 질량이 m 인 물체가 길이가 l 이고 질량이 없으며 늘어나지 않는 줄 2개의 끝에 연결되어 있고, 두 줄의 다른 쪽 끝은 z 축 기둥에 간격 $2d$ 만큼 떨어진 채로 연결되어 있다. (단, $d < l < 2d$)

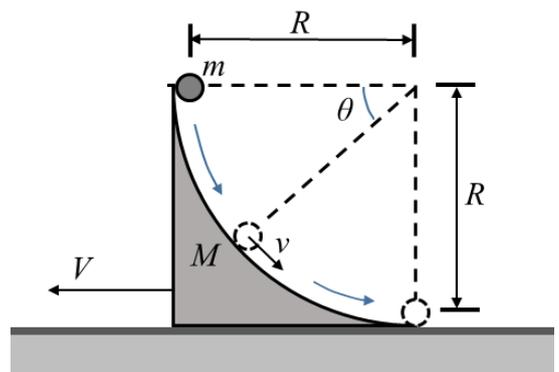
(가) 두 줄을 팽팽하게 만들며 지표면과 수평인 평면에서 원운동을 할 수 있는 최소 속도 v_c 를 m, g, l, d 를 사용하여 기술하라.

(나) 질량이 m 인 물체가 v_c 보다 큰 속도로 원운동을 하는 도중 아래쪽 줄을 끊어서 m 이 속도 $v = \sqrt{3gl/2}$ 로 수평 원운동을 유지할 때 위쪽 줄과 z 축이 이루는 각 ϕ 를 구하라.



<그림 2>

(문제 2-3) <그림 3>과 같이 질량이 m 인 물체가 중력에 의해 질량이 M 인 물체의 구형 면을 따라 내려온다. 질량이 M 인 물체는 바닥면과 마찰이 없이 자유롭게 움직일 수 있다. 시작점에서는 $\theta = 0$ 이고 바닥에 도착했을 때는 $\theta = \pi/2$ 이다. 두 물체 사이에 마찰은 없으며 질량 m 인 물체는 회전하지 않는다. 두 물체의 초기 속도는 모두 0이다.



<그림 3>

(가) 질량이 m 인 물체가 바닥에 도착했을 때 ($\theta = \pi/2$), m 의 속도 v 와, M 의 속도 V 를 각각 구하라.

(나) 운동량 보존/역학적 에너지 보존 법칙 및 상대 속도 개념을 사용하여, 질량이 m 인 물체가 각도 θ 만큼 내려왔을 때, 바닥에 멈춰 서있는 관찰자가 보는 m 의 속도의 제곱(v^2)을 g, R, m, M, θ 로 기술하라.

1. 출제의도

이 문제는 고등학교 교과 과정에서 중요하게 다루고 있는 물체에 작용하고 있는 알짜힘 (중력을 포함한)과 알짜힘의 변화에 의한 물체의 가속도와 속도 및 움직인 거리의 관계, 운동량의 개념 및 운동량 보존 법칙, 물체에 가해진 일과 운동에너지 및 위치에너지를의 관계, 장력, 그리고 원운동의 개념을 이해하고 논리적으로 유추할 수 있는지 평가하는 문제이다.

2. 문항분석

(문제 2-1) 위치에너지와 운동에너지 관계를 이해하고 역학적 에너지가 보존되는 조건 및 운동량이 보존되는 조건을 이해하여 문제를 해결한다.

(문제 2-2) 회전 운동에 필요한 구심력을 이해하고 이를 줄이 당기는 장력에 적용하여 문제를 해결한다. 중력, 장력, 구심력의 관계를 정확히 이해하여 문제를 해결한다.

(문제 2-3) 위치에너지와 운동에너지 관계를 이해하고 역학적 에너지가 보존되는 조건 및 운동량이 보존되는 조건과 함께 상대 속도 개념을 이해하고 활용하여 문제를 해결한다.