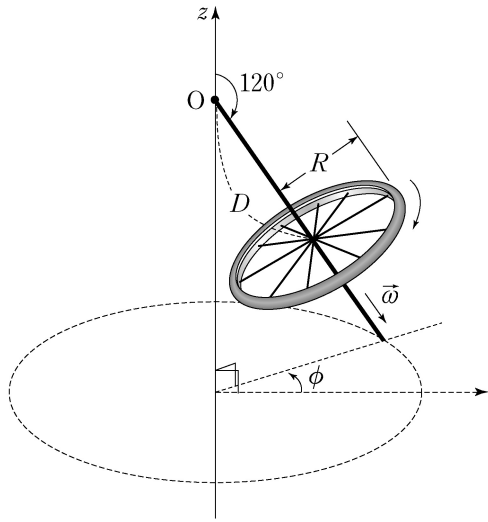


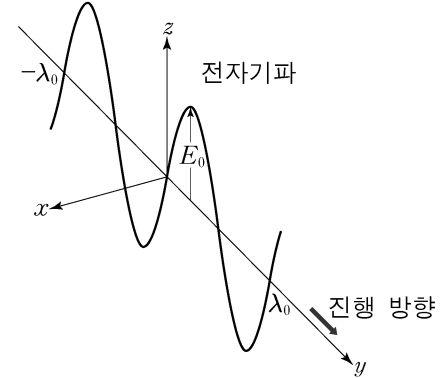
3. 그림과 같이 일정한 각속력 ω 로 회전하는 질량 m 인 바퀴가 세차 운동을 하고 있다. z 축과 바퀴 축의 사잇각이 120° 로 일정하게 유지된다. 바퀴 축의 위쪽 끝은 원통좌표계 (ρ, ϕ, z) 의 원점 O 에 연결되어 있고, 아래쪽 끝의 방위각은 ϕ 이다. O 부터 질량 중심까지의 거리는 D 이다.



O 에 대하여, 총 각운동량의 시간 변화율 $\frac{d\vec{L}}{dt}$ 의 크기와 방향을 구하고, 세차 운동의 각속도 $\vec{\omega}_p$ 의 크기와 방향을 구하시오. (단, 중력 가속도는 $\vec{g} = -g\hat{z}$, 바퀴 축에 대한 바퀴의 관성 모멘트는 mR^2 이고, 바퀴살과 축의 질량, 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

[4점]

4. 그림은 전류와 전하가 없는 진공에서 $+\hat{y}$ 방향으로 진행하는 전자기파의 전기장 성분을 나타낸 것이다. 전기장은 yz 평면에 있으며, 전기장의 진폭은 E_0 이고 파장은 λ_0 이다.



<자료>를 참고하여 전류와 전하가 없는 진공에서 전자기파의 전기장 \vec{E} 에 대한 파동 방정식을 풀이 과정과 함께 구하시오. 그림으로부터 전자기파의 전기장 $\vec{E}(y, t)$ 를 수식으로 표현하고, 자기장 $\vec{B}(y, t)$ 를 구하시오. [4점]

<자 료>

○ 전류와 전하가 없는 진공에서 전기장 \vec{E} 와 자기장 \vec{B} 에 대한 맥스웰 방정식은

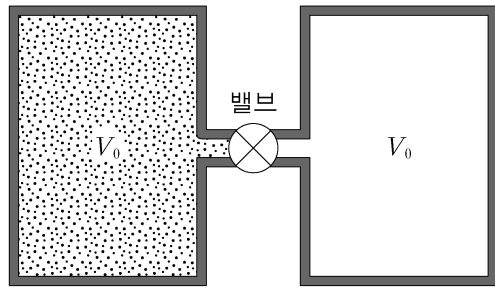
$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 0 \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad \vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

이다. 여기서 ϵ_0 과 μ_0 은 각각 진공의 유전율과 투자율이다.

○ 임의의 벡터 \vec{F} 에 대해 $\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{F}) = \vec{\nabla} (\vec{\nabla} \cdot \vec{F}) - \nabla^2 \vec{F}$ 이다.

5. 그림과 같이 부피가 모두 V_0 인 2개의 단열 용기가 밸브를 통해 연결되어 있다. 왼쪽 용기에는 1몰의 반데르발스 기체가 채워져 있고, 오른쪽 용기는 진공 상태이다.



잠겨 있던 밸브를 열었더니 기체가 자유롭게 팽창하여 부피가 $2V_0$ 이 되고 평형 상태에 도달하였다. 이 과정에서 기체는 일을 하지 않는다.

기체의 내부 에너지 변화 ΔE 를 구하고, <자료>를 참고하여 기체의 온도 변화 ΔT 를 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 용기와 밸브의 비열은 무시하며, 팽창하는 동안 기체의 정적 비열 C_V 는 일정하다고 가정한다.) [4점]

<자 료>

- 1몰의 반데르발스 기체의 상태 방정식은 다음과 같다.

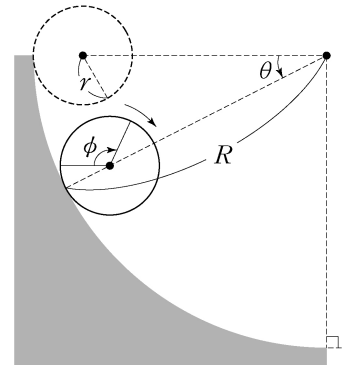
$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V-b) = RT$$

a 와 b 는 상수, p 는 기체의 압력, V 는 기체의 부피, T 는 기체의 절대 온도, R 는 기체 상수이다.

- 기체의 내부 에너지 E 의 미소 변화는 다음과 같다.

$$dE = C_V dT + \left[T \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V - p \right] dV$$

6. 그림과 같이 지면에 고정되고 반지름이 R 인 사분원 궤도의 최고점($\theta=0$)에 정지해 있던 질량 m , 반지름 r 인 원반이 사분원 궤도를 따라 미끄러짐 없이 굴러 내려오고 있다. θ 와 ϕ 는 각각 사분원 궤도와 원반에서의 각변위이다. 원반의 운동에 대한 구속 조건은 $(R-r)\dot{\theta} = r\dot{\phi}$ 이다.



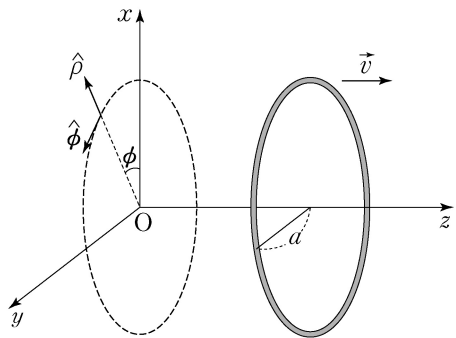
$\theta=0$ 을 중력 퍼텐셜 에너지가 0인 기준으로 할 때, 이 원반에 대한 라그랑지안(Lagrangian)을 쓰고, 라그랑주 방정식을 이용하여 θ 에 대한 원반의 운동 방정식을 구하시오. <자료>를 참고하여 $\dot{\theta}$ 를 구하고, 이를 이용하여 $\theta = \frac{\pi}{2}$ 에서 원반의 질량 중심의 속력을 구하시오. (단, 원반의 자전 중심축에 대한 관성 모멘트는 $I = \frac{1}{2}mr^2$, 중력 가속도의 크기는 g 이고, 공기 저항은 무시한다.)

[5점]

<자 료>

$$\ddot{\theta} = A \cos \theta \text{ 일 때, } \dot{\theta} d\dot{\theta} = A \cos \theta d\theta \text{ 이다.}$$

7. 그림과 같이 원형 금속 고리가 자기장 $\vec{B} = \frac{B_0}{2\pi a}(-\rho\hat{\rho} + 2z\hat{z})$ 인 공간에서 속도 $\vec{v} = v\hat{z}$ 로 수평 운동하고 있다. 고리는 질량이 m , 반지름이 a , 전기 저항이 R 이며, 고리의 중심축은 z 축과 일치한다. $\hat{\rho}$, $\hat{\phi}$, \hat{z} 는 각각 원통좌표계의 단위 벡터이다.



고리의 속력이 v 일 때 도선에 유도되는 기전력 \mathcal{E} , 고리에 흐르는 유도 전류 I , 고리가 받는 힘 \vec{F} 를 구하시오. 고리의 중심이 원점 O 를 지날 때 속력이 v_0 이었다면 원점에서부터 고리가 정지할 때까지 이동하는 거리 L 을 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 고리는 면이 xy 평면과 나란한 상태로 운동하고, 변형되지 않으며, 고리의 두께, 공기 저항, 중력의 효과는 무시한다. B_0 은 양의 상수이다.)

[5점]

8. 다음은 교사가 수업 전에 조사한 [학습 환경]과 ‘물체의 가속도에 영향을 주는 요인’에 대한 [수업 계획]을 나타낸 것이다. [학습 환경]을 고려하여, 교사가 사용하고 있는 교수·학습 전략을 물리 학습 이론 관점에서 <작성 방법>에 따라 논하시오. [10점]

[학습 환경]

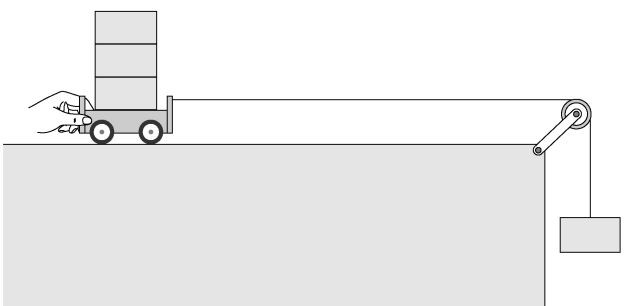
- 학생은 과학에 대한 흥미가 적어 수업에 적극적으로 참여하지 못하는 경향이 있다.
- 여러 변인들을 고려하여 실험을 설계하는 수준에 도달하지 못한 학생이 많다.
- 학생은 힘과 가속도의 관계에 대한 여러 가지 오개념을 가지고 있다.

[수업 계획]

[준비물] 역학 수레(500 g) 1개, 추(500 g) 4개, 도르래, 실, 동영상 촬영 장치, 컴퓨터

1. 일상생활에서 경험할 수 있는 여러 가지 물체의 운동이 포함된 동영상을 제시한다. 이를 통해 다양한 물체의 운동이 무엇에 영향을 받는지 생각해 보게 한다.
2. 학생에게 물체의 가속도에 영향을 주는 변인이 무엇이 있는지 찾고 가설을 세우도록 한다.
3. 학생은 자신이 세운 가설을 검증하기 위한 실험을 설계한다.
※ 실험 설계에 어려움이 있는 학생에게는 다음과 같은 실험 방법을 안내한다.

- 가설: (㉠)
- ① 그림과 같이 실험 테이블에 도르래를 설치하고 실의 양 끝에 역학 수레와 추를 연결한다. 이때 역학 수레 위에 추 3개를 올려 놓는다.



- ② 손을 놓아 역학 수레의 운동을 동영상으로 촬영하고, 이로부터 가속도를 구한다.
- ③ 역학 수레에 있는 추를 1개씩 반대쪽 추에 연결한 후 ②의 과정을 반복한다.
4. 학생은 실험 설계에 따라 실험을 수행하고 그 결과를 기록한 후 결과를 정리한다. 이때 실험 결과를 그래프로 나타낸다.
5. 학생은 실험을 통해 얻은 자료를 해석하여 가설이 성립하는지 판단한다.
6. 힘과 가속도의 관계를 다양한 운동에 적용해 본다.

<작성 방법>

- 교사가 사용한 교수·학습 모형을 설명하고, 이때 괄호 안의 ㉠에 해당하는 가설을 제시할 것.
- 학생이 수업을 통해 새로운 과학 개념을 획득하는 과정을 피아제(J. Piaget)의 ‘인지발달 이론’을 이용하여 설명할 것.
- 학생이 경험할 수 있는 일상생활 소재를 제시하는 이유를 오수벨(D. Ausubel)의 ‘유의미학습 이론’의 ‘심리적 유의미가’를 이용하여 설명할 것.
- 학생이 변인 통제를 통해 실험을 설계하는 부분에서 어려워하는 것을 피아제의 ‘인지발달 단계’를 이용하여 설명할 것.
- 교사가 제시한 실험 설계에서 조작변인, 종속변인, 통제 변인을 제시하고, 새로운 추를 추가하여 연결하지 않고 역학 수레에 있는 추를 반대쪽으로 하나씩 옮겨 가면서 실험을 수행하는 이유를 설명할 것.
- 글을 짜임새 있게 구성하여 논술할 것.

<수고하셨습니다.>