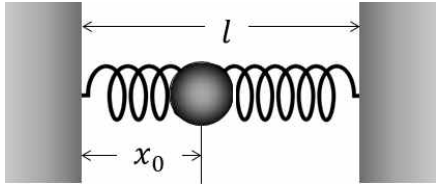


전 문 가 과 정

1. [1-3] 그림과 같이 용수철 상수가 k 이고 원래 길이가 l 인 용수철의 양 끝이 거리가 l 인 벽에 수직으로 고정되어 있고 질량 m 인 물체를 왼쪽 벽으로부터 거리가 x_0 가 되도록 용수철에 고정시켰다. 이때 퍼텐셜 에너지가 0이다. 물체를 왼쪽으로 $\frac{1}{2}x_0$ 당겨 이동시킨 후 시간 $t=0$ 에 가만히 놓았다. $0 < x_0 < \frac{2}{3}l$ 이고 중력과 물체의 크기와 용수철의 질량은 무시한다.



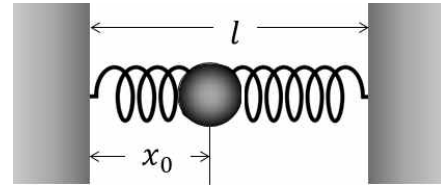
물체의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ. 물체를 놓은 직후 물체의 운동 에너지에서 퍼텐셜 에너지를 뺀 값이 최대이다.
 ㄴ. 물체를 놓은 직후 물체의 퍼텐셜 에너지가 최대이다.
 ㄷ. 물체를 놓은 직후 물체에 작용하는 힘의 크기가 최대이다.

- ① ㄱ
 ② ㄴ
 ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ
 ⑤ ㄴ, ㄷ

2. [1-3] 그림과 같이 용수철 상수가 k 이고 원래 길이가 l 인 용수철의 양 끝이 거리가 l 인 벽에 수직으로 고정되어 있고 질량 m 인 물체를 왼쪽 벽으로부터 거리가 x_0 가 되도록 용수철에 고정시켰다. 이때 퍼텐셜 에너지가 0이다. 물체를 왼쪽으로 $\frac{1}{2}x_0$ 당겨 이동시킨 후 시간 $t=0$ 에 가만히 놓았다. $0 < x_0 < \frac{2}{3}l$ 이고 중력과 물체의 크기와 용수철의 질량은 무시한다.

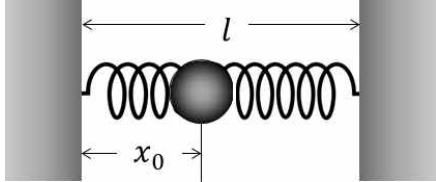


물체가 운동을 시작한 후 시간 t_1 에 처음으로 왼쪽 벽으로부터 거리가 x_0 인 지점에 도달하였다. $x_0 = \frac{1}{4}l$ 인 경우

우 $\frac{k}{4\pi^2 m}(t_1)^2$ 은?

- ① 1/128
 ② 3/256
 ③ 1/64
 ④ 5/256
 ⑤ 3/128

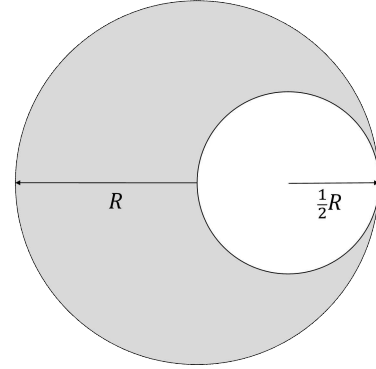
3. [1-3] 그림과 같이 용수철 상수가 k 이고 원래 길이가 l 인 용수철의 양 끝이 거리가 l 인 벽에 수직으로 고정되어 있고 질량 m 인 물체를 왼쪽 벽으로부터 거리가 x_0 가 되도록 용수철에 고정시켰다. 이때 퍼텐셜 에너지가 0이다. 물체를 왼쪽으로 $\frac{1}{2}x_0$ 당겨 이동시킨 후 시간 $t=0$ 에 가만히 놓았다. $0 < x_0 < \frac{2}{3}l$ 이고 중력과 물체의 크기와 용수철의 질량은 무시한다.



물체가 운동을 시작한 후 시간 t_1 에 처음으로 왼쪽 벽으로부터 거리가 x_0 인 지점에 도달하였다. 주어진 범위의 x_0 중에서 t_1 이 최대인 x_0 에 대해 시간 $t=0$ 부터 t_1 까지 물체의 운동 에너지의 평균을 $\langle K \rangle$ 라 할 때 $\frac{\langle K \rangle}{kl^2}$ 는?

- ① 1/16
- ② 1/8
- ③ 3/16
- ④ 1/4
- ⑤ 5/16

4. [4-6] 그림과 같이 반지름이 R 인 구에 반지름이 $\frac{1}{2}R$ 인 구형 공동이 접하고 있는 모양의 강체인 물체가 있다. 공동은 비어 있고 공동을 제외한 부분은 밀도가 균일하며 물체의 질량은 M 이다.



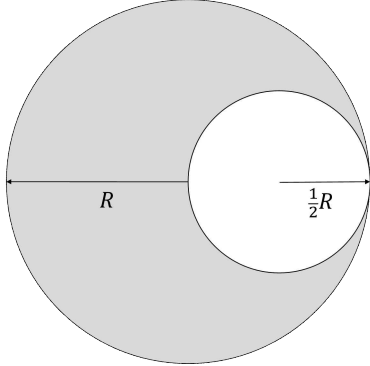
물체가 수평면에 접하고 정지해 있도록 잡고 있다가 가만히 놓았다. 물체를 가만히 놓는 순간 공동의 중심은 수평면으로부터 거리 R 만큼 떨어져 있었고 물체는 미끄러지지 않는다. 물체를 가만히 놓은 후 물체의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이다.)

< 보기 >

- ㄱ. 물체는 주기 운동을 한다.
- ㄴ. 물체의 해밀토니언은 변하지 않는다.
- ㄷ. 물체의 질량 중심에 대한 각운동량은 변하지 않는다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

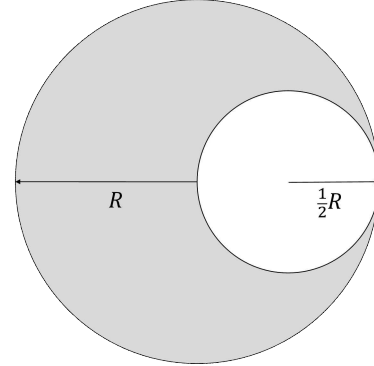
5. [4-6] 그림과 같이 반지름이 R 인 구에 반지름이 $\frac{1}{2}R$ 인 구형 공동이 접하고 있는 모양의 강체인 물체가 있다. 공동은 비어 있고 공동을 제외한 부분은 밀도가 균일하며 물체의 질량은 M 이다.



물체의 질량 중심에 대한 주관성 모멘트의 최댓값을 I_{\max} 라 할 때 $\frac{I_{\max}}{MR^2}$ 은?

- ① $2/5$
- ② $29/70$
- ③ $3/7$
- ④ $31/70$
- ⑤ $16/35$

6. [4-6] 그림과 같이 반지름이 R 인 구에 반지름이 $\frac{1}{2}R$ 인 구형 공동이 접하고 있는 모양의 강체인 물체가 있다. 공동은 비어 있고 공동을 제외한 부분은 밀도가 균일하며 물체의 질량은 M 이다.

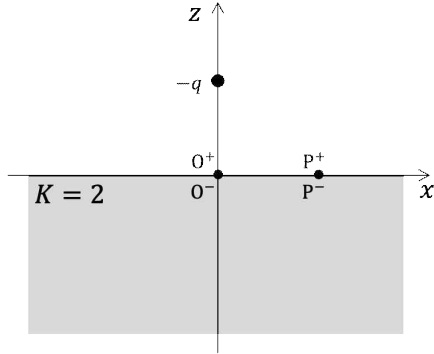


물체가 수평면에 접하고 정지해 있도록 잡고 있다가 가만히 놓았다. 물체를 가만히 놓는 순간 물체는 평형 위치 근방에 있었고 물체는 미끄러지지 않는다. 물체를 가만히 놓은 후 물체가 미소 진동할 때 각진동수가 ω 이다. $\omega^2 \frac{R}{g}$ 은? (단, g 는 중력 가속도이다.)

- ① $2/35$
- ② $5/88$
- ③ $10/177$
- ④ $5/89$
- ⑤ $10/179$

전 문 가 과 정

7. [7-9] 그림과 같이 전하량 $-q$ 의 점전하가 $(0, 0, d)$ 의 위치에 고정되어 있다. $z > 0$ 영역은 진공이고, $z < 0$ 인 영역은 유전 상수 K 가 2인 유전체이다. O_+ 와 O_- 는 각각 원점 O 에서 유전체 바로 바깥과 안, P_+ 와 P_- 는 $(d, 0, 0)$ 의 점 P 에서 유전체 바로 바깥과 안을 나타낸다. $d > 0$ 이고, 진공의 유전율은 ϵ_0 이다.



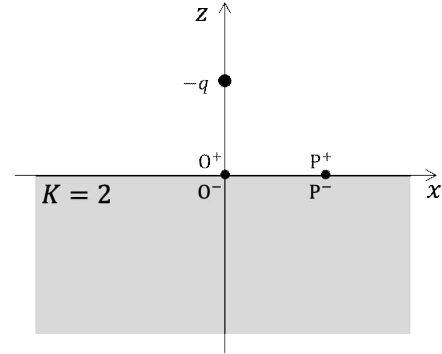
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ. 점전하가 유전체로부터 받는 힘의 방향은 $+\hat{z}$ 방향이다.
- ㄴ. 전기장의 세기는 O_+ 에서가 O_- 에서보다 크다.
- ㄷ. P_+ 에서 전기장과 $+\hat{z}$ 사이의 각은 $\frac{\pi}{4}$ 보다 작다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

8. [7-9] 그림과 같이 전하량 $-q$ 의 점전하가 $(0, 0, d)$ 의 위치에 고정되어 있다. $z > 0$ 영역은 진공이고, $z < 0$ 인 영역은 유전 상수 K 가 2인 유전체이다. O_+ 와 O_- 는 각각 원점 O 에서 유전체 바로 바깥과 안, P_+ 와 P_- 는 $(d, 0, 0)$ 의 점 P 에서 유전체 바로 바깥과 안을 나타낸다. $d > 0$ 이고, 진공의 유전율은 ϵ_0 이다.

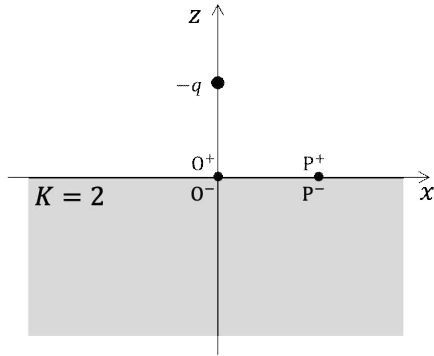


O 와 P 에서 유전체의 분극에 의한 표면 전하 밀도를 각각 σ_0 , σ_P 라 할 때, $\frac{\sigma_P}{\sigma_0}$ 는 2^α 이다. α 는?

- ① $-5/2$
- ② -2
- ③ $-3/2$
- ④ -1
- ⑤ $-1/2$

전 문 가 과 정

9. [7-9] 그림과 같이 전하량 $-q$ 의 점전하가 $(0, 0, d)$ 의 위치에 고정되어 있다. $z > 0$ 영역은 진공이고, $z < 0$ 인 영역은 유전 상수 K 가 2인 유전체이다. O_+ 와 O_- 는 각각 원점 O 에서 유전체 바로 바깥과 안, P_+ 와 P_- 는 $(d, 0, 0)$ 의 점 P 에서 유전체 바로 바깥과 안을 나타낸다. $d > 0$ 이고, 진공의 유전율은 ϵ_0 이다.

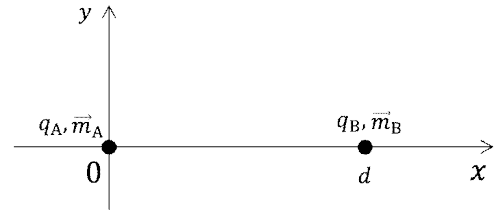


전하가 유전체로부터 받는 힘의 크기는 $\beta \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$ 이다.

β 는?

- ① 1/12
- ② 1/9
- ③ 1/8
- ④ 1/6
- ⑤ 1/4

10. [10-12] 그림과 같이 전하량 q_A 와 q_B 의 크기가 q 로 같고, 자기 쌍극자 모멘트 \vec{m}_A 와 \vec{m}_B 의 크기가 m 로 같은 입자 A, B가 x 축 상에 정지해 있다. A와 B가 각각 원점과 $(d, 0)$ 에 위치하고, $\vec{m}_A = m\hat{x}$, $\vec{m}_B = -m\hat{x}$ 일 때, A에 작용하는 힘은 0이다.



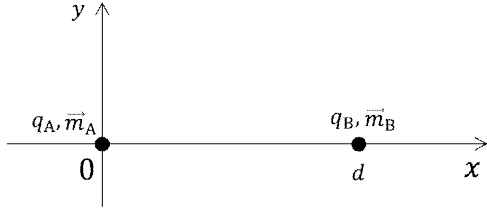
A와 B가 각각 원점과 $(d, 0)$ 에 위치할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 진공에서의 빛의 속력이며, A, B 사이의 전기력과 자기력을 제외한 힘은 없다. $d > 0$ 이다.)

< 보기 >

- ㄱ. $\vec{m}_A = -m\hat{x}$, $\vec{m}_B = m\hat{x}$ 일 때, A에 작용하는 힘은 0이다.
- ㄴ. $q_A = -q_B$ 이다.
- ㄷ. $\vec{m}_A = \vec{m}_B = m\hat{x}$ 일 때, A에 작용하는 힘의 방향은 $+\hat{x}$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

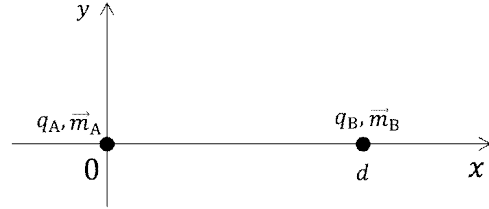
11. [10-12] 그림과 같이 전하량 q_A 와 q_B 의 크기가 q 로 같고, 자기 쌍극자 모멘트 \vec{m}_A 와 \vec{m}_B 의 크기가 m 로 같은 입자 A, B가 x 축 상에 정지해 있다. A와 B가 각각 원점과 $(d, 0)$ 에 위치하고, $\vec{m}_A = m\hat{x}$, $\vec{m}_B = -m\hat{x}$ 일 때, A에 작용하는 힘은 0이다.



A는 원점에 B는 $(d', 0)$ 에 위치하고, $\vec{m}_A = \vec{m}_B = m\hat{y}$ 일 때, A에 작용하는 힘은 0이다. $\frac{d'}{d} = 2^\alpha$ 이다. α 는?
(단, $d' > 0$ 이다.)

- ① -1
- ② -1/2
- ③ 0
- ④ 1/2
- ⑤ 1

12. [10-12] 그림과 같이 전하량 q_A 와 q_B 의 크기가 q 로 같고, 자기 쌍극자 모멘트 \vec{m}_A 와 \vec{m}_B 의 크기가 m 로 같은 입자 A, B가 x 축 상에 정지해 있다. A와 B가 각각 원점과 $(d, 0)$ 에 위치하고, $\vec{m}_A = m\hat{x}$, $\vec{m}_B = -m\hat{x}$ 일 때, A에 작용하는 힘은 0이다.



d 는 $\sqrt{\beta} \frac{m}{qc}$ 이다. β 는?

- ① 1
- ② 2
- ③ 3
- ④ 4
- ⑤ 6

전 문 가 과 정

13. [13-15] 한 입자가 3차원 양자 우물에 구속되어 있다. $0 < x < a$, $0 < y < a$, $0 < z < a$ 인 영역 I에서 퍼텐셜은 $U = V_0$ 이고, 영역 I을 제외한 $-a < x < a$, $-a < y < a$, $-a < z < a$ 인 영역 II에서 퍼텐셜은 $U = 0$ 이며, 영역 I, II를 제외한 다른 위치에서는 $U = \infty$ 이다. $V_0 = 0$ 일 때, 기저 상태 에너지는 E_0 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

ㄱ. $V_0 = 0$ 일 때, 첫 번째 여기 상태 에너지는 $2E_0$ 이다.
 ㄴ. $V_0 < 0$ 일 때, 기저 상태 에너지는 E_0 보다 작다.
 ㄷ. $V_0 < 0$ 일 때, 기저 상태의 입자가 영역 I에서 발견될 확률은 $\frac{1}{8}$ 보다 작다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14. [13-15] 한 입자가 3차원 양자 우물에 구속되어 있다. $0 < x < a$, $0 < y < a$, $0 < z < a$ 인 영역 I에서 퍼텐셜은 $U = V_0$ 이고, 영역 I을 제외한 $-a < x < a$, $-a < y < a$, $-a < z < a$ 인 영역 II에서 퍼텐셜은 $U = 0$ 이며, 영역 I, II를 제외한 다른 위치에서는 $U = \infty$ 이다. $V_0 = 0$ 일 때, 기저 상태 에너지는 E_0 이다.

$|V_0| \ll E_0$ 일 때 기저 상태 에너지를 V_0 의 1차 항까지 근사하면 $E_0 + \alpha V_0$ 이다. $|\alpha|$ 은?

- ① $1/16$
- ② $1/8$
- ③ $1/4$
- ④ $1/2$
- ⑤ 1

전 문 가 과 정

15. [13-15] 한 입자가 3차원 양자 우물에 구속되어 있다. $0 < x < a$, $0 < y < a$, $0 < z < a$ 인 영역 I에서 퍼텐셜은 $U = V_0$ 이고, 영역 I을 제외한 $-a < x < a$, $-a < y < a$, $-a < z < a$ 인 영역 II에서 퍼텐셜은 $U = 0$ 이며, 영역 I, II를 제외한 다른 위치에서는 $U = \infty$ 이다. $V_0 = 0$ 일 때, 기저 상태 에너지는 E_0 이다.

$V_0 = 0$ 일 때 첫 번째 여기 상태는 축퇴되어 있다. $|V_0| \ll E_0$ 일 때, 이 상태 사이에 나타나는 에너지 차이 ΔE_e 를 V_0 의 1차 항까지 근사하면 $\beta \frac{|V_0|}{\pi^2}$ 이다. β 는?

- ① 1/6
- ② 1/3
- ③ 2/3
- ④ 4/3
- ⑤ 8/3

16. [16-18] 판데르발스 기체 1몰이 압력 P , 부피 V , 절대 온도 T 에 대해 상태 방정식 $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$ 을 만족한다. a , b 는 상수이다.
(가), (나), (다), (라)는 이 기체에서 다음의 열역학 과정이다.

- (가) 등적 과정으로 (V_1, T_1) 에서 (V_1, T_2) 가 된다.
- (나) 등온 과정으로 (V_1, T_2) 에서 (V_2, T_2) 가 된다.
- (다) 등적 과정으로 (V_2, T_2) 에서 (V_2, T_1) 이 된다.
- (라) 등온 과정으로 (V_2, T_1) 에서 (V_1, T_1) 이 된다.

다음 중 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은?
(단, R 은 기체 상수이다. $V_1 \neq V_2$ 이고 $T_1 \neq T_2$ 이며, (가)~(라)의 과정에 상전이는 없다.)

— < 보기 > —

- ㄱ. (가)와 (다)에서 내부 에너지의 변화는 크기는 같고 부호는 반대이다.
- ㄴ. (나)와 (라)에서 헬름홀츠 자유 에너지의 변화를 더하면 0이다.
- ㄷ. (나)와 (라)에서 엔트로피의 변화는 크기는 같고 부호는 반대이다.

- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

전 문 가 과 정

17. [16-18] 판데르발스 기체 1몰이 압력 P , 부피 V , 절대 온도 T 에 대해 상태 방정식 $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V-b) = RT$ 을 만족한다. a, b 는 상수이다.

이 기체가 $T = \frac{a}{bR}$ 을 유지하며 부피가 증가한다. 부피가 $V=3b$ 에서 $V=5b$ 가 될 때의 내부 에너지 변화를 ΔU_1 이라 하고 $V=5b$ 에서 $V=7b$ 가 될 때의 내부 에너지 변화를 ΔU_2 라 할 때 $\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1}$ 는? (단, R 은 기체 상수이다.)

- ① 3/7
- ② 4/7
- ③ 5/7
- ④ 6/7
- ⑤ 1

18. [16-18] 판데르발스 기체 1몰이 압력 P , 부피 V , 절대 온도 T 에 대해 상태 방정식 $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V-b) = RT$ 을 만족한다. a, b 는 상수이다.

이 기체가 $T = \frac{a}{bR}$ 에서 등온 과정으로 $V=3b$ 에서 $V=5b$ 가 될 때의 엔트로피 변화를 ΔS 라 할 때 $\frac{|\Delta S|}{R \ln 2}$ 는? (단, R 은 기체 상수이고 \ln 은 자연로그이다.)

- ① 1/2
- ② 3/4
- ③ 1
- ④ 4/3
- ⑤ 2