

2015년 제2차 한국 중학생 물리대회

문제지

제 1 교시

13:30 ~ 15:10

총 12 쪽 (표지포함)

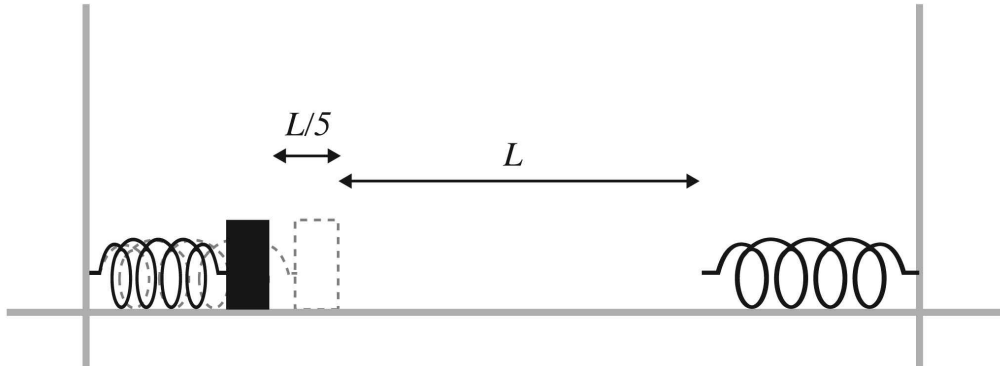
수험번호	
학교명	
성명	

- 가. 문제지와 답안지에 수험번호, 학교명, 성명을 정확히 표기한다.
- 나. 부정행위시 모든 답안은 '0점' 처리한다.
- 다. 문제지와 수험표는 답안지와 함께 회수한다. 회수 후 문제지의 훼손 또는 손상이 발견된 경우 그로 인한 모든 불이익은 수험생 본인이 감수하여야 한다.
- 라. 문제"지"를 외부로 유출하려는 시도는 모두 부정행위로 간주한다. (이번 대회부터 대회 당일이나 그 다음 날에 홈페이지에 문제를 공개할 예정임.)
- 마. 답안지는 반드시 「컴퓨터용 사인펜」으로 작성하여야 한다. 답안을 잘못 작성함으로써 발생하는 모든 불이익은 수험생 본인이 감수하여야 한다.
- 바. 답안지를 구겨거나 더럽혀서는 안 되며, 답 이외에 다른 어떤 형태의 표기도 하여서는 안 된다.
- 사. 한번 표기한 답은 수정액이나 수정테이프 등을 사용하여 고칠 수 없으므로 붉은색 예비마킹으로 답안 작성 오류를 방지한다.
- 아. 모든 사항은 감독관의 지시에 따르며, 답안지를 교환하고 싶거나 질문이 있을 때에는 앞은 자리에서 손을 들고 감독관을 기다린다.
- 자. 답안지 교환은 시험 종료 10분전까지만 가능하다.
- 차. 각 문제의 배점은 1점으로, 오답은 -0.25점, 미기입은 0점으로 처리한다.
- 카. 답이 둘 이상일 경우 모두 표기하여야 정답으로 인정하며, 일부만 맞아도 오답으로 처리한다.
- 타. 중력가속도 g 는 10 m/s^2 으로 계산한다.

시험 시작 전에 문제지를 넘기지 마시오.

(본 저작물의 모든 저작권은 한국물리학회에 있으며, 사전 허가를 받지 않은 상업적인 사용을 금합니다.)

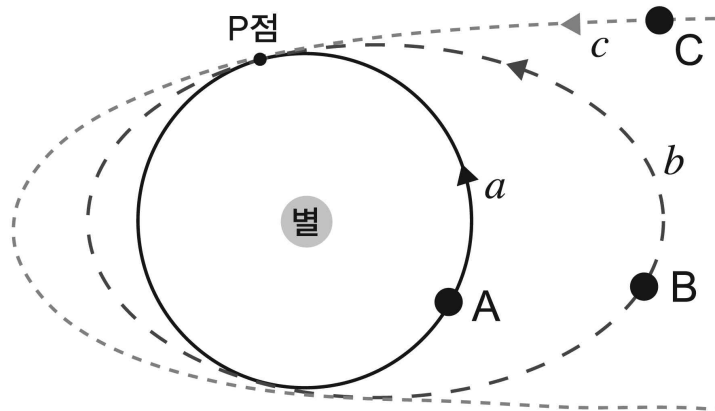
【문제1】 어떤 용수철에 질량 m 인 물체를 매달았더니 용수철이 원래 길이에서 $\frac{L}{2}$ 만큼 늘어났다. 이 용수철 두 개를 그림과 같이 벽에 각각 고정하고 왼쪽 용수철을 $\frac{L}{5}$ 만큼 압축시킨 후 놓았더니 질량 m 인 물체가 용수철에서 분리되어 L 만큼 떨어진 오른쪽 용수철을 압축시켰다. 물체와 바닥의 운동 마찰 계수는 0.02이다.



오른쪽 용수철이 최대 압축되는 길이는? (단, 용수철의 질량과 물체의 크기는 무시하고, 물체는 용수철의 평형점에서 분리된다. 또한 물체는 두 용수철을 잇는 일직선상에서 운동한다.)

- ① $\frac{-1+\sqrt{161}}{100}L$ ② $\frac{-1+\sqrt{171}}{100}L$ ③ $\frac{-1+\sqrt{181}}{100}L$ ④ $\frac{-1+\sqrt{191}}{100}L$ ⑤ $\frac{-1+\sqrt{201}}{100}L$

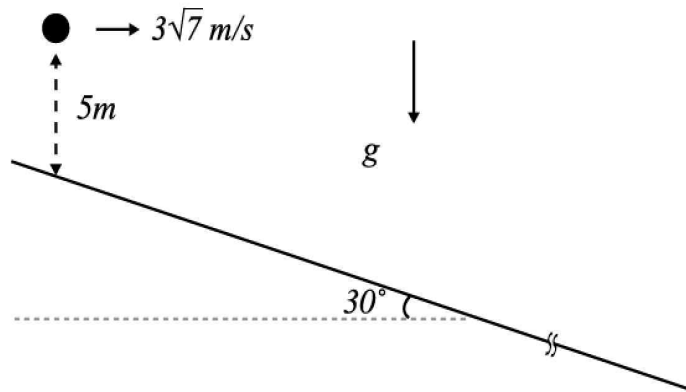
【문제2】 그림은 어떤 별 주위를 돌고 있는 동일한 질량의 행성 A, B, C의 궤도 a, b, c를 나타낸 것이다.



다음 중 옳은 것만을 있는 대로 고르시오. (단, 행성의 크기와 행성 간의 중력은 무시한다.)

- ① 세 행성의 총 역학적 에너지는 모두 0보다 크며, 그 크기는 $A < B < C$ 이다.
 ② 세 행성의 주기는 $A < B < C$ 이다.
 ③ P점에서 세 행성의 속도는 모두 같다.
 ④ P점에서 각 행성에 작용하는 원심력의 크기는 같다.
 ⑤ B와 C가 P점에서 탄성 충돌을 하면 두 궤도 b와 c는 서로 맞교환될 수 있다.

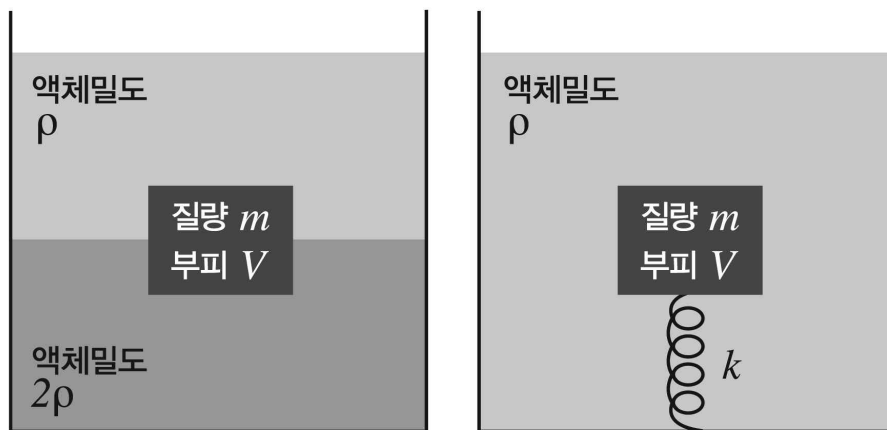
【문제3】 그림과 같이 경사각 30° 인 빗면의 한 지점으로부터 5 m 높이에서 $3\sqrt{7}\text{ m/s}$ 의 속력으로 공을 수평 방향으로 던진다.



공이 빗면과 처음 충돌할 때까지 걸린 시간은? (단, 공의 크기는 무시한다.)

- ① $\frac{11 + \sqrt{21}}{10}\text{ s}$ ② $\frac{12 + \sqrt{21}}{10}\text{ s}$ ③ $\frac{13 + \sqrt{21}}{10}\text{ s}$ ④ $\frac{14 + \sqrt{21}}{10}\text{ s}$ ⑤ $\frac{15 + \sqrt{21}}{10}\text{ s}$

【문제4】 왼쪽 그림은 밀도가 $\rho, 2\rho$ 인 두 액체 속에 넣은 질량 m 인 물체가 정확히 두 액체의 중앙에서 평형을 이룬 모습을 나타낸 것이다. 오른쪽 그림은 밀도가 ρ 인 액체 속의 용수철 위에 얹힌 이 물체가 평형을 이룬 모습을 나타낸 것이다.



물체에 의해 용수철이 압축된 길이는? (단, 용수철 상수는 k 이고, 용수철의 질량은 무시한다.)

- ① $\frac{mg}{12k}$ ② $\frac{mg}{6k}$ ③ $\frac{mg}{3k}$ ④ $\frac{2mg}{3k}$ ⑤ $\frac{mg}{4k}$

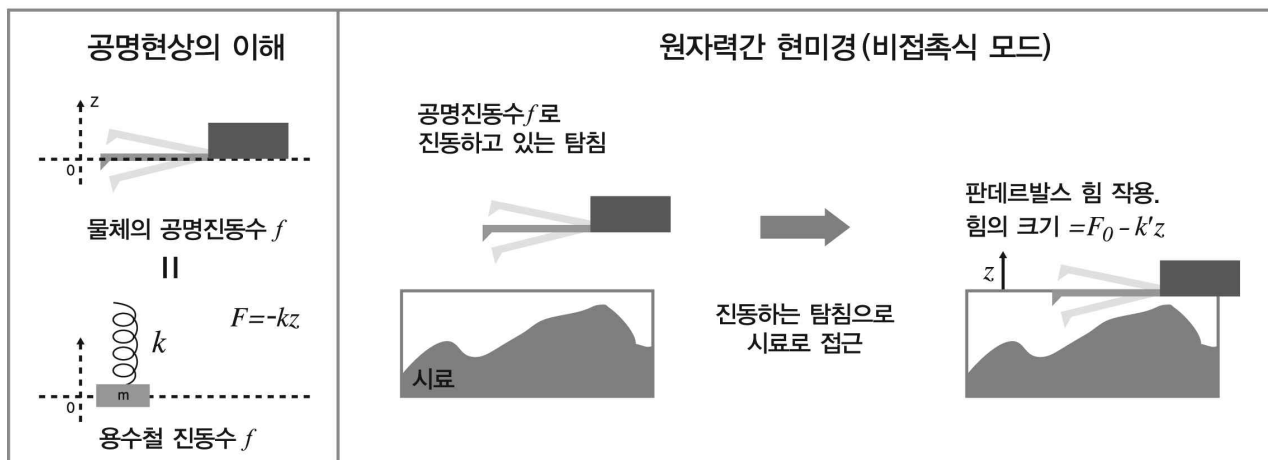
【문제5】 다음은 공명 현상을 이용하는 원자힘 현미경(Atomic Force Microscope, AFM)에 대한 어느 백과사전의 설명이다.

<어느 백과사전의 설명>

공명 현상은 어떤 특정한 진동수로 물체에 주기적인 외력을 가할 때 물체가 아주 큰 진폭으로 떠는 현상을 말하는데, 이 현상은 용수철에 매달린 물체 모형으로 이해할 수도 있다. 모든 공명 현상이 이러한 용수철 모형으로 설명될 수는 없지만 국소적인 측정에서 조건을 잘 맞추면 용수철 모형으로도 오차가 적은 결과를 얻기 때문에 많은 측정 실험에서 활용되고 있다. 용수철 모형으로 이해할 수 있는 예로는 원자힘 현미경을 들 수 있는데, 공명 진동수로 진동하는 탐침을 시료에 접근시키면 공명 진동수의 변화로 인해 진폭이 감소하게 된다.

원자힘 현미경은 탐침의 원자와 실험 시료 사이에 작용하는 판데르발스(Van der Waals) 힘을 검출하여 이미지를 얻는 표면 이미지 장치이다. 판데르발스 힘은 모든 물질 사이에 작용하기 때문에 다양한 환경에서 실험 시료를 자연에 가까운 상태로 측정할 수 있다. 원자힘 현미경은 탐침과 시료의 접촉 유무에 따라 비접촉 모드와 접촉 모드로 구분된다. 비접촉 모드에서는 탐침의 원자와 시료 사이의 인력(판데르발스 힘)을 검출하고, 접촉 모드에서는 원자 사이의 척력을 검출한다.

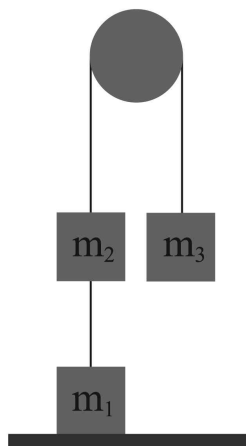
왼쪽 그림은 진동하는 질량 m 인 탐침을 복원력이 $F=-kz$ 이고 공명 진동수가 f 인 용수철 모형으로 모식적으로 나타낸 것이고, 오른쪽 그림은 이 탐침이 시료에 접근할 때 탐침과 시료 사이에 판데르발스 힘이 작용하는 것을 나타낸 것이다.



탐침이 시료에 가까워질수록 서로 끌어당기는 판데르발스 힘이 강해지고 멀어질수록 약해질 것이다. 이 힘의 크기를 $F_0 - k'z$ 로 근사할 때, 공명 진동수로 가장 가까운 것은? (단, F_0 는 0보다 큰 상수이고 z 는 평형점에서 위쪽 방향으로 켄 탐침의 변위이며 $|z| < \frac{F_0}{k'}$ 인 작은 진동만 고려한다.)

- ① $f\sqrt{\frac{k'}{k}}$ ② $f\sqrt{1-\frac{k'}{k}}$ ③ $f\sqrt{\frac{k}{k'}+1}$ ④ $f\sqrt{\frac{k'}{k}+1}$ ⑤ $f\sqrt{1-\frac{k'}{k}}$

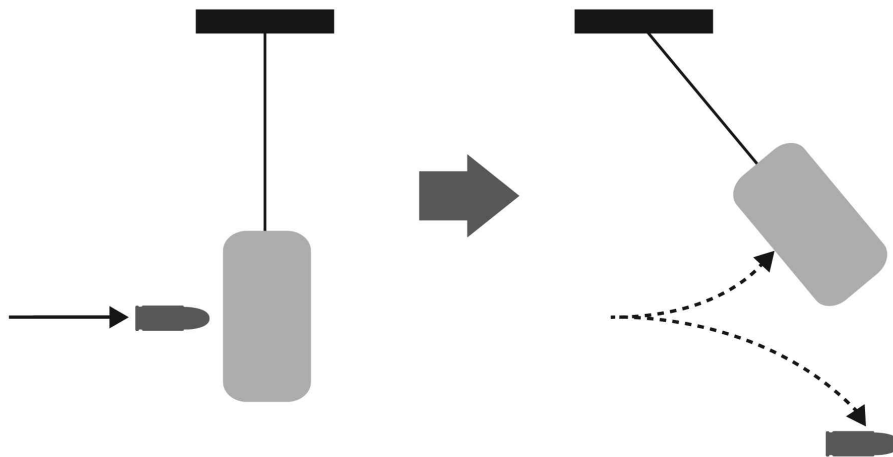
【문제6】 그림과 같이 세 개의 물체가 고정 도르래에 연결되어 있다. m_1 이 지면에 닿은 채 세 물체가 힘의 평형을 이루고 있다.



세 물체의 질량 사이의 관계로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오.

- ① $m_2 \leq m_3$ ② $m_3 \geq \frac{2m_1m_2}{m_1+m_2}$ ③ $m_1 \geq m_3 - m_2$ ④ $m_3 \geq \frac{m_1+m_2}{2}$ ⑤ $m_1 \geq m_2$

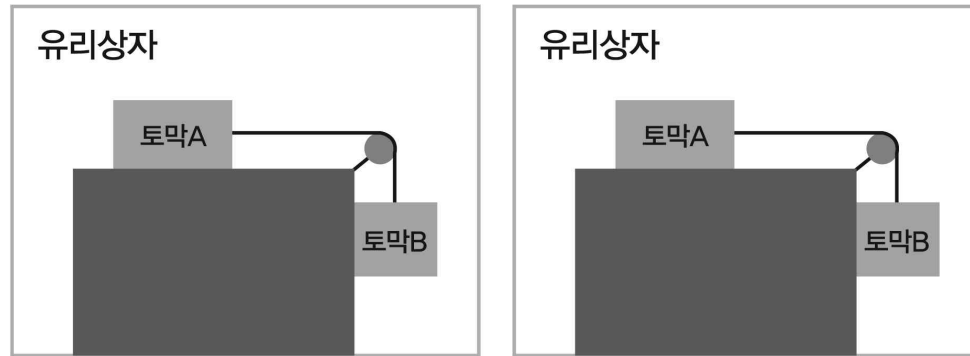
【문제7】 그림과 같이 질량 10 g인 총알이 500 m/s로 날아와 지상에서 5 m 위에 위치한 200 g의 모래주머니를 뚫고 날아가 바닥에 떨어졌다.



모래주머니가 올라간 최대 높이가 80 cm일 때, 총알이 모래주머니가 처음에 있던 위치에서 수평 방향으로 날아간 거리로 가장 적절한 것은? (단, 총알과 모래주머니는 동일 수직면에서 운동하며, 총알이 모래주머니를 통과하는 시간, 총알과 모래주머니의 크기, 모래의 손실은 모두 무시한다.)

- ① 400 m ② 420 m ③ 440 m ④ 460 m ⑤ 480 m

【문제8】 대기 중에서 낙하하는 물체는 공기 저항력 때문에 종단 속도에 도달한다. 그림은 철수와 영희가 가지고 있는 동일한 유리 상자를 나타낸 것으로, 상자 안에는 토막 A와 B가 도르래를 통해 연결된 장치가 들어있다. 스카이다이빙 중인 철수가 유리 상자 안의 토막 A를 놓는 순간 지상에 있던 영희도 동시에 토막 A를 놓았다.

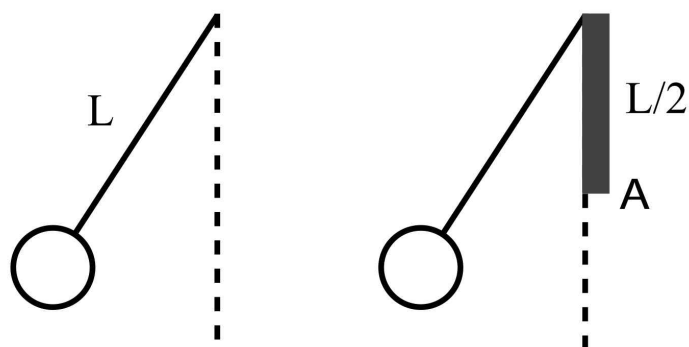


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 토막과 바닥 사이의 마찰, 도르래의 마찰, 줄과 도르래의 질량은 모두 무시한다.)

- <보기>—————
- ㄱ. 철수가 종단 속도에 도달하기 전에 토막 A를 놓으면, 철수의 토막 B는 영희의 토막 B보다 늦게 유리 상자에 떨어진다.
 - ㄴ. 철수가 종단 속도에 도달한 이후에 토막 A를 놓으면, 철수의 토막 B는 영희의 토막 B와 동시에 떨어진다.
 - ㄷ. 철수가 종단 속도에 도달한 이후에 토막 A를 놓으면, 철수와 영희의 토막 B는 모두 시간당 속도 변화율이 일정하다

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

【문제9】 그림과 같이 두 개의 동일한 진자를 같은 높이에서 가만히 놓았다.

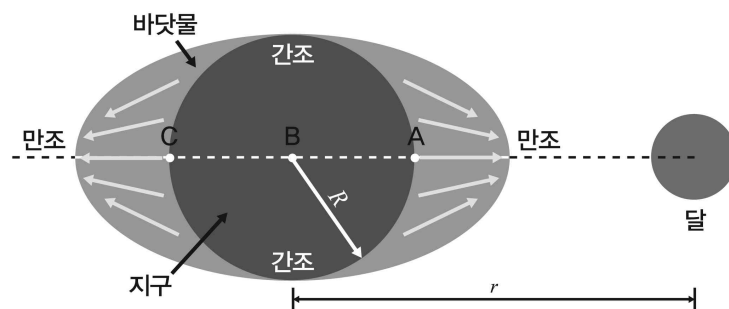


진자의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고르시오. (단, 오른쪽 진자의 처음 위치는 장애물 A보다 아래에 있다.)

- ① 두 진자의 진폭은 같다.
- ② 두 진자는 동일한 최고 높이까지 올라간다.
- ③ 왼쪽 진자의 주기가 오른쪽보다 길다.
- ④ 왼쪽 진자의 진동수는 질량에 무관하지만 오른쪽 진자의 진동수는 질량에 따라 달라진다.
- ⑤ 매 순간 왼쪽 진자의 장력과 오른쪽 진자의 장력은 서로 같다.

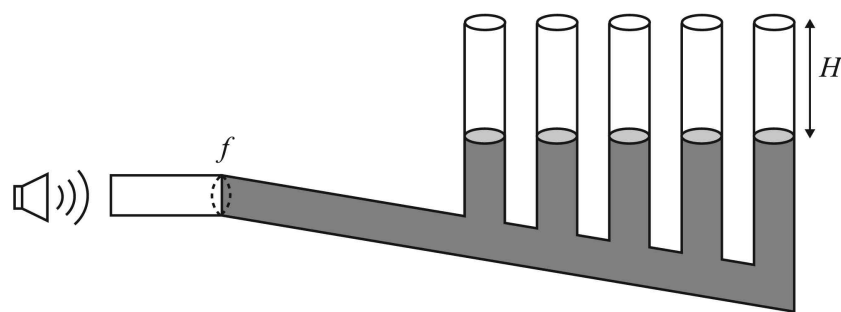
【문제10】 질량이 M 이고 반지름이 R 인 행성에 질량이 m 이고 반지름이 R_a 인 혜성이 접근하고 있다. 혜성의 모양이 유지되지 못하고 표면이 파괴되기 시작한다면 그 때 행성 중심과 혜성의 중심 사이의 거리는? 아래의 설명을 참조하여 답을 구하라. (단, 혜성은 혜성의 자체 중력으로 모양을 유지하고 있다고 가정한다.)

다음 그림은 지구와 달 사이의 중력으로 인해 바닷물에 조수 간만의 차이가 생기는 원리를 보여준다. 달과 지구 중심을 잇는 직선을 그렸을 때 달에 가까운 쪽의 지표면과 만나는 점을 A, 지구 중심을 B, 먼 쪽의 지표면과 만나는 점을 C라 하자. 그러면 달에 의한 중력은 A에서 상대적으로 가장 크고 C에서 가장 약할 것이다. A, B, C에 각각 질량이 m_s 인 가상의 입자가 있다고 생각하면 A에서의 중력과 B에서의 중력 차이 근사적으로 $\frac{2GM_m m_s R}{r^3}$ 이고 B에서의 중력과 C에서의 중력 차이도 마찬가지로 주어진다. 여기에서 M_m 은 달의 질량, R 은 지구 반지름, r 은 달의 중심에서 지구 중심까지의 거리이다.



- ① $R_a \sqrt[3]{\frac{2M}{m}}$ ② $R_a \sqrt[3]{\frac{2m}{M}}$ ③ $R \sqrt[3]{\frac{2m}{M}}$ ④ $R \sqrt[3]{\frac{2M}{m}}$ ⑤ $R \sqrt[3]{\frac{M+m}{m}}$

【문제11】 독일 올텐부르크시의 청각공원에는 귀의 와우(달팽이관)를 모사하여 그림과 같이 물을 담고 있는 유리관들이 연결된 구조물이 설치되어 있다. 이 구조물에는 진동수 f 를 변화시키며 물을 좌우로 흔들어주는 장치가 있다.

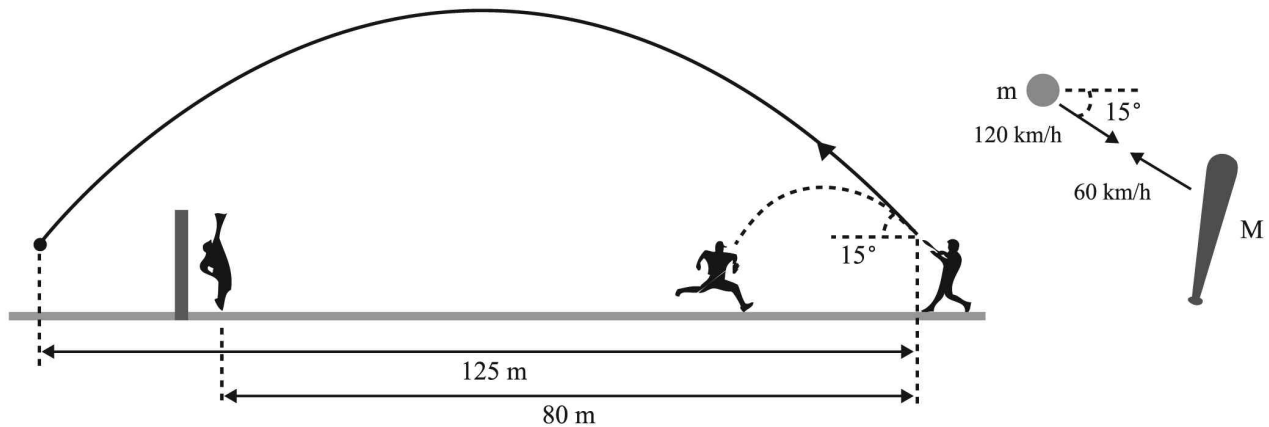


이에 대한 설명으로 적합한 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보기> —
- ㄱ. 진동수가 높아질수록 더 오른쪽에 있는 유리관이 공명한다.
 - ㄴ. 공명 진동수는 수면으로부터의 유리관 높이 H 에 무관하다.
 - ㄷ. 공명 진동수는 중력에 무관하다.
 - ㄹ. 물의 밀도가 커지면 공명 진동수가 낮아진다.

- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄷ ④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

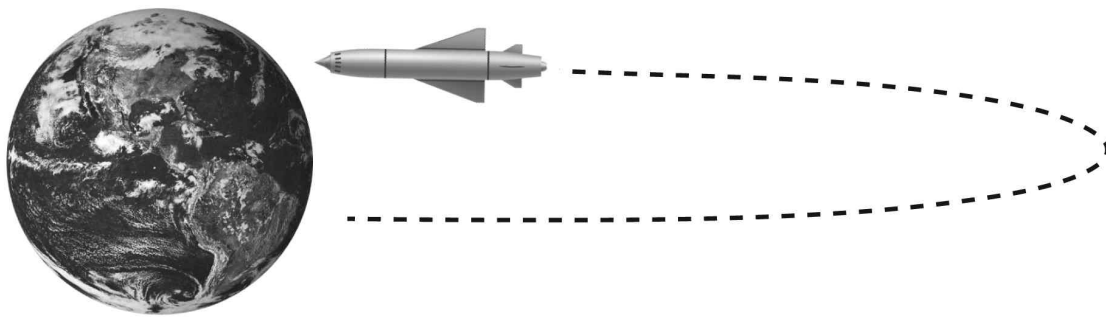
【문제12】 그림은 투수가 던진 공을 타자가 받아치는 모습과, 타자에게 날아오는 공과 타자가 친 공의 방향을 나타낸 것이다. 투수가 던진 공은 수평면에 대해 15° 아래로 타자에게 날아오고, 타자가 친 공은 15° 위로 날아가며, 타격 이후 야구배트는 60 km/h 의 일정한 속력으로 움직인다.



120 km/h 의 속력으로 날아오는 공을 타자가 받아쳐 날아간 거리 125 m 의 홈런이 되었다면, 날아간 거리가 80 m 로 중견수에게 잡혔을 때는 타자에게 날아온 공의 속력이 대략 얼마였겠는가? (단, 공기 저항은 무시한다. 그리고 어떤 각도 θ 에 대해 $2\sin\theta\cos\theta = \sin 2\theta$ 이다.)

- ① 66 km/h ② 75 km/h ③ 82 km/h ④ 88 km/h ⑤ 90 km/h

【문제13】 그림은 철수가 10살 되던 해에 빛의 속력의 80% 로 움직이는 우주선을 타고 우주여행을 한 후 지구로 되돌아오는 모습을 나타낸 것이다. 철수가 우주여행을 하는 동안 철수의 쌍둥이인 영희는 지구에 머물러 있었는데, 철수가 지구에 도착했을 때 영희의 나이가 40살이 되었다.

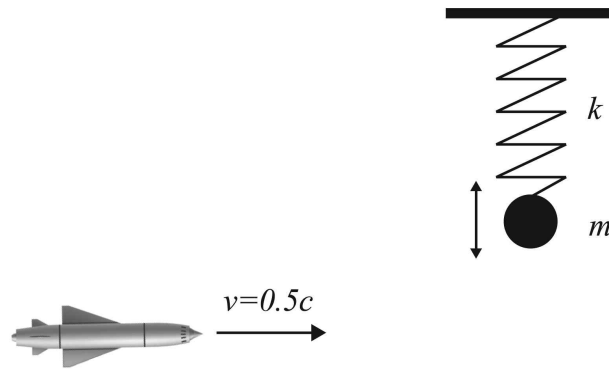


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구의 움직임과 중력은 무시한다.)

- <보기>—————
- ㄱ. 영희는 자신보다 젊은 28살의 철수를 만나게 된다.
 ㄴ. 도착 직전까지 영희에 비해 나이를 덜 먹고 있던 철수는 우주선 문이 열리는 순간 40살이 된다.
 ㄷ. 영희의 입장에서는 특수 상대성이론을 적용하여 철수의 나이를 이해할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

【문제14】 그림과 같이 정지 질량이 m 인 물체가 한쪽 끝이 천장에 고정된 용수철에 매달려 진동하고 있다. 용수철의 용수철 상수는 k 이다. 우주선이 이 진자의 운동 방향과 직각으로 $0.5c$ 의 속도로 움직인다.

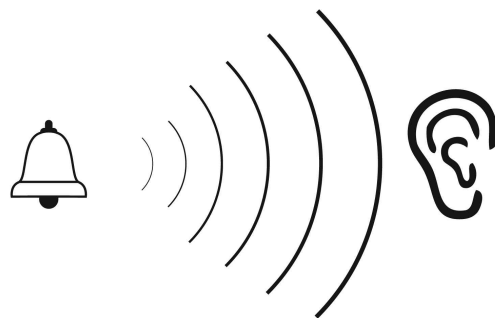


우주선에서 본 진자의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 진자의 운동은 빛의 속도(c)에 비해 매우 느리다.)

- <보기>—
- ㄱ. 훅(Hooke)의 법칙이 성립한다.
 - ㄴ. 정지 질량이 m 보다 크다.
 - ㄷ. 용수철 상수가 k 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

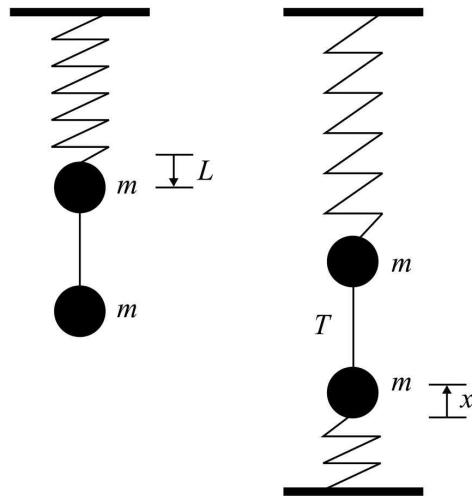
【문제15】 그림은 일정한 크기의 종소리를 듣는 귀의 모습을 나타낸 것이다. 소리에 의해 고막이 진동하는데, 사람이 들을 수 있는 가장 큰 소리가 들릴 때 고막의 진폭은 $1.1 \times 10^{-5} \text{ m}$ 정도이고, 가장 작은 소리가 들릴 때 고막의 진폭은 $1.1 \times 10^{-11} \text{ m}$ 정도로 매우 작다.



종소리가 가장 작은 소리로 들릴 때 종과 귀 사이의 거리는 종소리가 가장 큰 소리로 들릴 때 종과 귀 사이의 거리의 몇 배인가?

- ① 10 배 ② 10^3 배 ③ 10^6 배 ④ 10^9 배 ⑤ 10^{12} 배

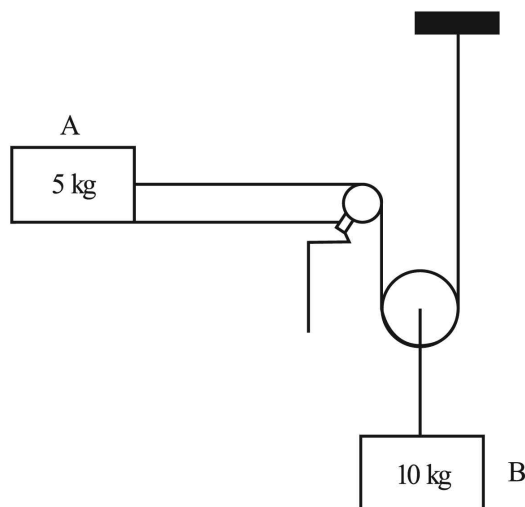
【문제16】 왼쪽 그림은 질량 m 인 두 물체를 실로 연결하여 용수철에 매달았더니 용수철이 원래 길이에서 L 만큼 늘어난 채 평형을 이룬 것을 나타낸 것이다. 동일한 특성의 용수철을 절반으로 잘라서 오른쪽 그림처럼 아래쪽 물체에 추가로 연결하고 바닥에 고정시켰다.



오른쪽 그림에서 두 물체를 연결한 실의 장력 T 가 $4mg$ 일 때, 아래쪽 용수철의 늘어난 길이 x 는?

- ① $\frac{1}{2}L$ ② $\frac{3}{4}L$ ③ L ④ $\frac{3}{2}L$ ⑤ $2L$

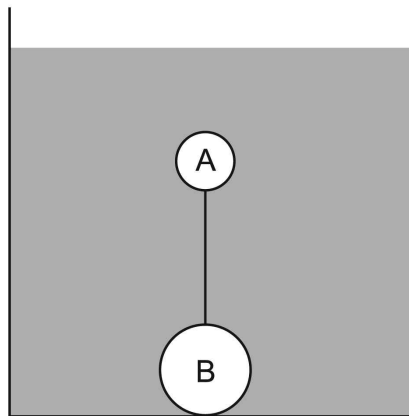
【문제17】 그림과 같이 질량 5 kg 인 물체 A 를 묶은 실이 고정 도르래와 움직도르래를 지나 천장에 연결되어 있고, 질량 10 kg 인 물체 B 가 움직도르래에 연결되어 있다. 물체 A 와 바닥의 운동 마찰 계수는 0.4 이다.



물체 B 가 아래로 움직이고 있을 때 B 의 가속도는? (단, 실과 도르래의 질량, 도르래의 마찰은 무시한다.)

- ① 1 m/s^2 ② 2 m/s^2 ③ 3 m/s^2 ④ 4 m/s^2 ⑤ 5 m/s^2

【문제18】 그림과 같이 부피 100 cm^3 , 밀도 0.5 g/cm^3 인 물체 A 와 부피 200 cm^3 , 밀도 1.5 g/cm^3 인 물체 B 가 가느다란 실로 연결되어 4°C 의 물이 들어있는 용기에 잠겨 정지해 있다.



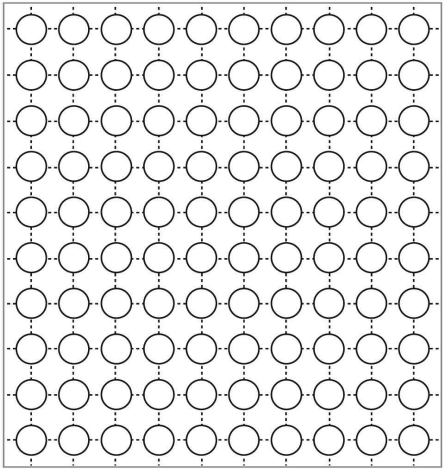
용기 바닥이 물체 B 에 작용하는 수직 항력의 크기는? (단, 4°C 물의 밀도는 1 g/cm^3 이다.)

- ① 0.1 N ② 0.5 N ③ 1.0 N ④ 5.0 N ⑤ 10 N

【문제19】 한 사람이 동쪽을 향해 2 km/h 의 속력으로 걸어갔더니 바람이 정북 쪽에서 불어오는 것으로 느껴졌다. 걷는 속력을 2배로 올렸더니 바람이 정북 쪽에서 45° 방향인 북동쪽에서 불어오는 것처럼 느껴졌다. 이 사람이 걸음을 멈추었을 때 느끼는 바람의 방향과 속력은?

- ① 북동풍, 2 km/h ② 북동풍, $2\sqrt{2}\text{ km/h}$ ③ 북동풍, $4\sqrt{2}\text{ km/h}$
 ④ 북서풍, $2\sqrt{2}\text{ km/h}$ ⑤ 북서풍, $4\sqrt{2}\text{ km/h}$

【문제20】 그림과 같이 한 변의 길이가 10 cm인 정사각형의 2차원 틀 안에 쇠구슬 100개가 강한 선에 부착되어 고르게 분포되어 있다. 이 정사각형 틀 안에 수직인 방향으로 같은 크기의 쇠구슬을 무작위로 던질 때 쇠구슬끼리 충돌할 확률이 $\frac{\pi}{100}$ 라면 이 쇠구슬의 지름은?



- ① 0.5 mm
- ② 1.0 mm
- ③ 1.5 mm
- ④ 2.0 mm
- ⑤ 2.5 mm

1교시 문제는 여기까지입니다.