

PART

09

열역학

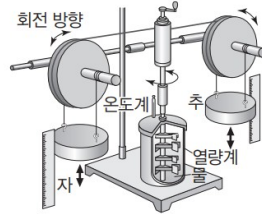
PHYSICS CODE

최상위 0% 집단의 물리학 알고리즘 정리본

정리 줄의 실험 장치와 에너지 전환

개념1 줄의 실험 장치

영국의 물리학자인 줄(Joule)은 외부와 열의 이동이 없도록 차단한 용기에 있는 물에 역학적으로 일을 해주었을 때 물의 온도가 변하는 것을 보여줌으로써 열이 에너지의 한 형태라는 것을 증명하였다.



개념2 줄의 실험 장치에서 에너지 전환

물의 온도가 증가하는 이유는 용기와 연결된 실이 한 일(=장력이 한 일)이 역학적 에너지로 전환되기 때문이다. 따라서 무턱대고 추의 중력 퍼텐셜 에너지 변화를 대입해 답을 구하지 말자.

$$Th = cm\Delta T \times J$$

개념3 열의 일당량

J 는 열의 일당량이다. $1cal = 4.2J$ 을 만족한다.

암기 둘 다 4개의 글자이다.

개념4 열을 받으면 무조건 온도가 증가한다.

열역학 제 1법칙은 에너지 보존 법칙으로 $Q = W + \Delta U$ 를 만족한다.

여기까지 학습한 학생에게 그럼 어떤 기체에 열에너지를 가하면 무조건 온도가 증가하니? 라고 질문을 한다면 선뜻 답하지 못한다.

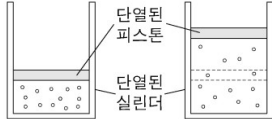
정답은 열역학 제 2법칙에 의해서 기체가 열에너지를 받을 때 기체가 외부에 한 일은 $0 < W < Q_+$ 사이에 있다.

따라서 열에너지를 받으면 무조건 기체가 한 일은 양수이고, 온도 증가량도 양수가 된다.

반대로 열에너지를 빼앗기면 무조건 기체가 한 일은 음수이고, 온도 증가량도 음수가 된다.

예제1

그림 (가)는 일정량의 기체가 들어 있는 실린더에 피스톤이 정지해 있는 실린더에 피스톤이 정지해 있는 모습을, (나)는 (가)의 기체에 25cal의 열을 서서히 가하였더니 피스톤이 이동하여 평형을 이루며 정지한 모습을 나타낸 것이다. (가)→(나) 과정에서 기체가 한 일은 42J이다.



(가)→(나) 과정에서 기체의 내부 에너지 변화량은? (단, 열의 일당량은 4.2J/cal이고, 피스톤의 마찰은 무시한다.)

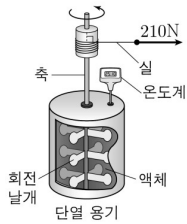
- ① 21J
- ② 42J
- ③ 63J
- ④ 105J
- ⑤ 147J

해설

답이 J의 형태이므로 J의 형태로 바꿔서 풀자.
 기체에 가한 열은 $25\text{cal} = 25 \cdot 4.2\text{J} = 105\text{J}$ 이고,
 기체가 외부로 한 일은 42J이므로 기체의 내부 에너지 변화량은 63J이다.

예제2

그림과 같이 줄의 실험 장치에서 실을 수평 방향으로 크기가 210N인 힘으로 0.2m만큼 잡아 당겼더니 힘이 한 일이 모두 액체의 온도 변화에 사용되어 액체의 온도가 0.1°C만큼 증가하였다. 액체의 질량은 0.1kg이고, 열의 일당량은 4.2J/cal이다.



액체의 비열(cal/kg·°C)은?

- ① 1000
- ② 1200
- ③ 1400
- ④ 1600
- ⑤ 1800

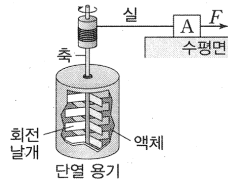
해설

계수만 고려하여 문제를 해결하자.
 (사실 예제1도 계수만 고려해서 풀면 빠르다.)

장력이 한 일은 $210 \cdot 0.2 = 42\text{J}$ 이다.
 기체의 내부 에너지 변화량은 $c \cdot 0.1 \cdot 0.1 \cdot 4.2$ 에서
 비열은 바로 10이 들어간 1번이다.

예제3

그림과 같이 줄의 실험 장치에서 실과 연결되어 마찰이 없는 수평면에 정지해있던 질량이 2kg 인 물체 A에 수평 방향으로 크기가 F 인 일정한 힘을 작용시켜 A가 등가속도 직선 운동을 시작한다. $t=0$ 일 때 액체의 온도는 20.00°C 이고, 회전 날개가 멈추고($t=1$ 초) 충분한 시간이 지난 후 액체의 온도는 20.05°C 이다. 액체의 질량은 0.1kg 이고, 비열은 $4200\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}$ 이다.



$t=4$ 초일 때 이동 거리가 2.1m 일 때 F 의 크기는? (단, 힘이 A에 한 일은 A의 운동 에너지 증가량과 액체가 받은 에너지의 합과 같다.)

해설

액체가 받은 열은 $cm\Delta T=4200\cdot 0.1\cdot 0.05=21\text{J}$ 이다.
장력이 한 일은 $Ts=2.1T=21$ 에서 $T=10\text{N}$ 이다.

등가속도 공식 ② $2.1=\frac{1}{2}a\cdot 1^2$ 에서 $a=4.2\text{m/s}^2$ 이다.

운동 방정식 $F-10=8.4$ 에서 $F=18.4\text{N}$ 이다.