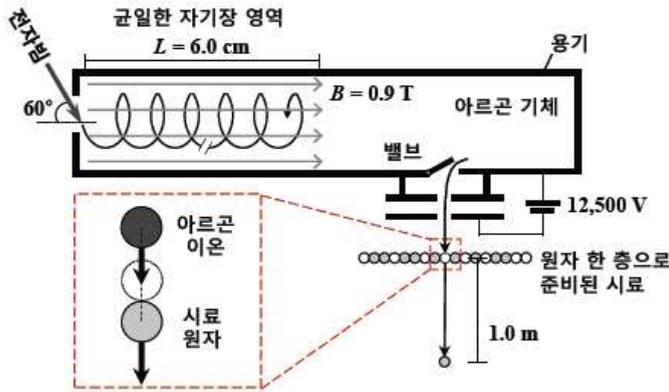


※다음 제시문은 구성 원소를 모르는 시료를 분석하기 위해 고안한 장치에 관한 설명이다. 제시문을 읽고 아래 질문에 답하시오.

[그림1] 실험 개요



[표1] 주기율표

주기율표 읽는 법

원자번호 ← 1 H → 원소기호
 수소 → 원소이름
 1 m_u → 원자의 질량

1 H 수소 1 m_u	2 He 헬륨 4 m_u						
3 Li 리튬 7 m_u	4 Be 베릴륨 9 m_u	5 B 붕소 11 m_u	6 C 탄소 12 m_u	7 N 질소 14 m_u	8 O 산소 16 m_u	9 F 플루오린 19 m_u	10 Ne 네온 20 m_u
11 Na 나트륨 23 m_u	12 Mg 마그네슘 24 m_u	13 Al 알루미늄 27 m_u	14 Si 규소 28 m_u	15 P 인 31 m_u	16 S 황 32 m_u	17 Cl 염소 35 m_u	18 Ar 아르곤 40 m_u

[표2] 물리 상수 및 단위 변환

원주율 π	3.0
기본 전하량 e	1.6×10^{-19} C
전자의 질량 m_e	9.0×10^{-31} kg
원자의 질량 단위 m_u	1.6×10^{-27} kg
에너지 단위 변환	$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19}$ J

[가] [그림1]과 같이 아르곤 기체가 채워진 용기에 전자빔을 입사시켰다. 용기 안으로 입사된 전자가 아르곤 원자와 충돌하면 아르곤 원자는 아르곤 이온(Ar^+)이 된다. 이 때, 질량 변화는 없다고 하자. 아르곤 원자의 이온화 확률을 높이기 위해서는 전자와 아르곤 원자 간의 충돌 확률을 높여야 한다. 이를 위해 [그림1]과 같이 자기장이 균일하게 형성된 영역을 만들었다. 균일한 자기장 영역으로 입사된 전자는 로런츠 힘에 의해 나선형 경로로 운동한다.

[나] 위 과정을 통해 용기 내 모든 아르곤 원자가 이온화된다고 가정하자. 용기 아래쪽에는 순간적으로 여닫을 수 있는 밸브가 있다. 이 밸브를 이용하여 아르곤 이온을 하나씩 내보낼 수 있다고 하자. 용기 밖으로 나온 아르곤 이온은 12,500 V의 전위차로 가속되어, 준비된 시료의 원자와 충돌한다. 이 때, 아르곤 이온의 가속 전 속도는 무시할 만큼 작고, 아르곤 이온 하나는 항상 시료 원자 하나와 [그림1]에 점선 박스로 표시된 확대 부분과 같이 일직선상에서 정면으로 탄성 충돌한다. 충돌 전 정지해 있던 시료 원자는 충돌 후 연직 아래로 직선 운동한다.

[다] 시료 원자가 시료를 출발하여 연직 아래 1.0 m만큼 떨어진 위치에 도달하는 시간을 t 라 하자. 시료 원자의 질량에 따라 운동 속도가 다르므로 같은 거리를 이동하는 데 걸리는 시간에 차이가 발생한다. 따라서 역으로 t 를 측정하면 시료의 구성 원소를 알아낼 수 있다.

단, 중력, 공기 저항, 지구 자기장의 효과는 무시하고, 물리 상수 및 단위 변환은 [표1]과 [표2]의 값을 사용한다.

1. [그림1]과 같이 전자가 균일한 자기장 방향에 대하여 60° 의 각도로 입사한다. 이 때 입사하는 전자의 운동에너지는 180 eV, 자기장 영역의 길이 L 은 6.0 cm, 자기장의 세기 B 는 0.9 T이다. 전자가 아르곤 원자와 충돌 없이 이 자기장 영역을 통과할 때, 나선 운동을 하며 회전한 총 횟수를 구하시오. [10점]

2. 아르곤 이온과 시료 원자를 크기가 같고 질량이 다른 쇠공이라고 가정하자. 운동하는 아르곤 이온이 정지해 있던 시료 원자와 일직선상에서 정면으로 탄성 충돌한다([그림1]에 점선 박스로 표시된 확대 부분 참고). 만약 아르곤 이온과 충돌한 원자가 마그네슘(Mg)이라면, 충돌 전 아르곤 이온의 속도(v_{Ar})에 대한 충돌 후 마그네슘 원자의 속도(v_{Mg})의 비($v_{\text{Mg}}/v_{\text{Ar}}$)가 얼마인지 구하시오. [10점]

3. 제시문과 같이 아르곤 이온은 12,500 V의 전위차로 가속되어 시료 원자와 충돌한다. 이 충돌로 인해 운동을 시작한 시료 원자 하나가 시료로부터 연직 아래 1.0 m만큼 떨어진 위치에 도달하는 시간을 t 라 하자. 시료를 구성하는 어떤 두 원자의 질량 차이가 $1.0 m_u$ 일 때, 두 원자의 도달 시간 차이 Δt 를 구하시오. [10점]

4. 미지의 시료가 어떤 원소로 구성되어 있는지 분석하기 위해 제시문에 설명된 시간 t 를 측정하는 실험을 3,000 번 반복하였다. 그 결과, 오른쪽 [그림2]와 같이 $t = 2.8 \times 10^{-6}$ 초에 도달한 시료 원자가 2,000 개, $t = 3.4 \times 10^{-6}$ 초에 도달한 시료 원자가 1,000 개로 나타났다. 주어진 그래프와 주기율표를 바탕으로 미지의 시료가 무엇인지 추론하시오. 단, 그래프에 나타난 결과 이외에 다른 시간 t 에 도달한 시료 원자는 없다. [10점]

[그림2] 측정 결과

