**<결과 레포트>**

**4주차 폭발에서의 운동량보존/충돌에서의 운동량 보존**

|  |
| --- |
| 일반물리실험 / 9분반 |
| 담당조교 박제명 |
| 2021년 4월 6일 |
| 화공생명공학과 / 2학년 |
| 20181736 |
| 김태현 |

4-1 폭발에서 운동량 보존

1. 실험 목적

서로 밀어내는 두 글라이더의 운동량의 보존에 대하여 확인한다

1. 데이터 정리

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 질량1(g) | 질량2(g) | 위치(시작 기준점, cm) | X1(cm) | X2(cm) | X1/X2 | m2/m1 |
| 213.2 | 216.9 | 102 | 78 | 69.5 | 1.122 | 1.017 |
| 213.2 | 316.9 | 117 | 93 | 54.5 | 1.706 | 1.486 |
| 213.2 | 416.7 | 122 | 98 | 49.5 | 1.980 | 1.955 |
| 313.2 | 416.7 | 110 | 86 | 61.5 | 1.398 | 1.330 |

두 글라이더는 실험 시작 시 정지된 상태이고 외부에서 가하는 알짜힘은 없다.

두 글라이더가 동시에 트랙의 끝에 도달하도록 시작 기준점을 정하였고, 이를 통해 각 글라이더가 움직인 거리를 알 수 있으므로 각 글라이더의 이동거리의 비를 알 수 있다. 각 글라이더는 추를 꽂아서 질량을 매번 다르게 하여 측정하였고, 글라이더의 질량의 비 또한 기술하였다.

1. 결과 분석
2. 힘

힘은 질량이 있는 물체를 밀거나 당기어 물체의 속도를 변화시키는 것이다. 힘은 물질의 질량과 가속도의 곱으로 가속도가 벡터량이므로 힘 또한 벡터량이다. 물체에 작용하는 힘을 모두 벡터합한 것이 물체에 작용하는 알짜힘이다. 물체에 작용하는 알짜힘이 0이라면 물체는 가속되지 않아 움직이지 않는다.

1. 운동량 (선운동량)

운동량은 입자의 질량과 속도의 곱으로 속도가 벡터량이므로 운동량 또한 벡터량이다. 운동량의 시간변화율은 입자에 작용하는 알짜힘과 같다. 계에 작용하는 외부의 알짜힘이 0이면 운동량의 시간변화율이 0이므로 내부에서 변화가 생기더라도 계의 전체 운동량은 변하지 않는다. 즉 처음시간에서의 전체 운동량은 나중시간에서의 전체 운동량과 같다. (운동량은 선운동량과 각운동량이 존재하지만 여기서는 편의상 선운동량을 운동량으로 대체하였다.)

이번 실험에서는 정지된 두 글라이더를 분리시켜 움직이게 하고 이동거리와 질량을 통해 선운동량의 보존법칙을 알아보았다. 위에서 구했듯이 두 글라이더는 실험 시작부터 정지된 상태로 있고 알짜힘이 없다. 그러므로 글라이더들의 전체 운동량은 0이다. 나중의 두 글라이더의 운동량은 크기는 같고 방향이 반대이므로 계의 전체 운동량은 시작과 같이 0이 된다.

p=m1v1-m2v2=0

m1v1=m2v2

그러므로 글라이더의 속력 비는 글라이더의 질량비의 역수이다.

v1/v2=m2/m1

이번 실험에서는 정지 상태의 글라이더가 출발하는 지점을 두 글라이더가 동시에 트랙의 끝에 도달하는 지점으로 정했다. 그러므로 글라이더의 속력은 글라이더가 움직인 시간이 같으므로 글라이더가 움직인 거리에 비례한다

v1/v2=(X1/time)/(X2/time)=X1/X2

그러므로 글라이더의 거리의 비는 글라이더의 질량비의 역수이다.

X1/X2=m2/m1

이를 통해 실험을 통해 주어진 데이터를 정리해보자

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| X1/X2 | m2/m1 | 오차 | 오차율 |
| 1.122 | 1.017 | 0.105 | 10.3% |
| 1.706 | 1.486 | 0.220 | 14.8% |
| 1.980 | 1.955 | 0.025 | 1.28% |
| 1.398 | 1.330 | 0.068 | 5.11% |

오차율은 최대 15%로 크지 않게 나왔으므로 X1/X2가 m2/m1과 같음을 보여준다. 그러므로 이 실험은 운동량의 보존 법칙을 보여준다고 할 수 있다.

1. 질문
2. 각 경우에 대하여 거리 비와 질량 비가 같은가? 즉, 운동량이 보존되는가?

실험 결과 약간의 오차가 있었지만 거리 비와 질량 비가 같음을 확인할 수 있었다. 그러므로 외부 힘이 없을 때, 운동량은 보존된다.

1. 서로 다른 질량을 가진 글라이더가 서로 밀쳐낼 때, 어느 글라이더가 더 큰 운동량을 갖는가?

실험을 시작할 때 계의 전체 운동량은 0이었고, 외부에서 힘을 가하지 않았으므로 계의 전체 운동량은 0으로 유지된다. 그러므로 서로 다른 질량을 가진 글라이더가 서로 밀쳐낼 때, 두 글라이더는 운동량의 방향만 반대이고 운동량의 크기는 같다.

1. 서로 다른 질량을 가진 글라이더가 서로 밀쳐낼 때, 어느 글라이더가 더 큰 운동에너지를 갖는가?

두 글라이더의 운동량의 크기는 전부 같다. 운동에너지는 (mv^2)/2이므로 각 글라이더의 운동에너지에 운동량을 나눠주면 속력이 남는다. 글라이더의 속력의 비는 수레의 질량비의 역수와 같으므로, 더 가벼운 글라이더가 더 큰 운동에너지를 가진다.

1. 토의

우리는 이 실험을 통하여 외부의 힘이 없을 때 운동량이 보존됨을 알 수 있었다. 비록 약간의 오차가 있긴 하지만, 운동량 보존의 법칙에 따라 거리의 비와 질량의 비의 역수는 같음을 볼 수 있었다.

이번 실험에서는 1~15%까지 다양한 범위에서 오차가 발생하였다. 실험에서 오차가 생긴 원인은 무엇일까?

첫번째로는 글라이더 트랙의 수평 문제가 있을 수 있다. 트랙의 수평을 맞출 때 정확한 값이 아니라 글라이더가 움직이는지 보고 판단하기 때문에 어느 정도의 오차가 생길 수밖에 없다. 수평계로 트랙의 수평을 제대로 맞추면 오차가 줄어들 것이다.

두번째로는 분리기가 작동할 때의 진동이 글라이더의 움직임을 방해한 것이다. 이는 글라이더의 속도에 영향을 줘 실험의 오차를 크게 만든다.

4-2 충돌에서의 운동량 보존

1. 실험 목적

탄성 충돌과 비탄성 충돌에서의 운동량 보존에 대해 알아본다

1. 데이터 정리

추를 달지 않은 두 글라이더의 무게

글라이더 1의 질량 m1=213.2g 글라이더 2의 질량 m2=216.9g

1. 탄성 충돌
2. 질량이 같은 수레
3. 트랙의 가운데에 글라이더가 위치하고 다른 글라이더를 손으로 밀어서 정지해 있는 글라이더와 부딪히게 한다.
4. 두 글라이더를 트랙의 양끝에 놓고 시작하여 각 글라이더를 거의 같은 속도로 밀어서 서로 부딪히게 한다.
5. 두 글라이더를 트랙의 한쪽 끝에 놓고 시작하여 첫 글라이더에 낮은 속도를, 두번째 글라이더에 높은 속도를 주어 두번째 글라이더가 첫번째 글라이더와 충돌하게 한다.
6. 질량이 다른 수레
7. 트랙의 가운데에 추를 올린 글라이더가 위치하고 다른 글라이더를 손으로 밀어서 정지해 있는 추를 올린 글라이더와 부딪히게 한다.
8. 트랙의 가운데에 글라이더가 위치하고 추를 올린 글라이더를 손으로 밀어서 정지해 있는 글라이더와 부딪히게 한다.
9. 두 글라이더를 트랙의 양끝에 놓고 시작하여 각 글라이더를 거의 같은 속도로 밀어서 서로 부딪히게 한다.
10. 두 글라이더를 트랙의 한쪽 끝에 놓고 시작하여 첫번째 글라이더에 낮은 속도를, 두번째 추를 올린 글라이더에 높은 속도를 주어 두번째 추를 올린 글라이더가 첫번째 글라이더와 충돌하게 한다.
11. 두 글라이더를 트랙의 한쪽 끝에 놓고 시작하여 첫번째 추를 올린 글라이더에 낮은 속도를, 두번째 글라이더에 높은 속도를 주어 두번째 글라이더가 첫번째 추를 올린 글라이더와 충돌하게 한다.
12. 완전 비탄성 충돌
13. 두 글라이더의 끝이 바늘과 찰흙으로 서로 향하도록 하고 반대편에 범퍼를 장착한다.
14. 탄성충돌에서 한 8가지 과정을 똑같이 이행한다.

v1 = m1의 처음속력

v2 = m2의 처음속력

v1’ = m1의 나중속력

v2’ = m2의 나중속력

4-2-1)-a)-경우1

m1

m2

m1

m2

v1 = v2’

4-2-1)-a)-경우2

m1

m2

m1

m1

v1 = v2’

v2 = v1’

4-2-1)-a)-경우3

m1

m2

m1

m2

v1 = v2’

v2 = v1’

4-2-1)-b)-경우1

m1

m2+100

m1

m2+100

v1’ < v1 < v2’

4-2-1)-b)-경우2

m1+100

m2

m1+100

m2

v1’ < v1

v1’ < v2’

4-2-1)-b)-경우3

m1+100

m2

m1+100

m2

v1 = v2

v1’ < v2’

4-2-1)-b)-경우4

m1+100

m2

m1+100

m2

v2 < v1

v1’ < v2’

v1 = v2’

v2 = v1’

4-2-1)-b)-경우5

m1

m2+100

m1

m2+100

v2 < v1 < v2’

4-2-2)-a)-경우1

m1

m2

m1

m2

v1,2 < v1

4-2-2)-a)-경우2

m1

m2

m1

m1

v1 = v2

v1,2 = 0

4-2-2)-a)-경우3

m1

m2

m1

m2

v2 < v1,2 < v1

4-2-2)-b)-경우1

m1

m2+100

m1

m2+100

v1,2 < v1

4-2-2)-b)-경우2

m1+100

m2

m1+100

m2

v1,2 < v1

4-2-2)-b)-경우3

m1+100

m2

m1+100

m2

v1 = v2

v1,2 < v1

4-2-2)-b)-경우4

m1+100

m2

m1+100

m2

v2 < v1,2 < v1

4-2-2)-b)-경우5

m1

m2+100

m1

m2+100

v2 < v1,2 < v1

1. 결과 분석
2. 탄성 충돌과 비탄성 충돌

탄성 충돌은 두 물체가 충돌할 때 운동에너지가 보존되는 충돌이고 비탄성 충돌은 두 물체가 충돌할 때 운동에너지의 일부가 열에너지, 소리에너지 등의 다른 형태로 빠져나가는 것이다. 우리가 실생활에서 일어나는 모든 충돌은 비탄성 충돌이다. 완전 비탄성 충돌은 두 물체가 서로 붙어버리는 경우로 가장 큰 운동에너지 손실이 일어난다. 이번 실험의 탄성 충돌은 고무줄 범퍼로 에너지 손실을 최대한 줄였지만 약간은 비탄성이다. 탄성 충돌이나 비탄성 충돌이나 둘 다 운동량 보존 법칙을 따른다.

이번 실험은 여러가지 조건에서 글라이더를 충돌시키는 실험으로, 이를 통해 운동량의 변화를 관찰할 수 있다. 이번 실험은 정량적인 수치계산이 없으므로 각 충돌들의 특징과 운동량 보존 법칙을 이해하는 것이 더 중요했다고 생각한다. 각 충돌을 하나씩 살펴보자

탄성충돌의 경우를 먼저 보자.

a-1 충돌은 움직이는 글라이더의 운동량이 멈춰 있는 글라이더에 전달되었다. 이 충돌은 탄성 충돌이므로 운동량의 손실은 없을 것이다.

a-2 충돌은 각각의 글라이더의 운동량이 상대 글라이더에 전달되었다. 그러므로 운동량이 서로 뒤바뀐다고 볼 수 있다.

a-3 충돌은 첫 글라이더가 두번째 글라이더와 충돌하면서 운동량을 전달받아 더 빨라지고, 두번째 글라이더는 시작보다 느려졌다.

b-1 충돌은 정지해 있는 무거운 글라이더가 움직이는 가벼운 글라이더와 충돌하면서 무거운 글라이더가 움직이게 되는 것이다. 무거운 글라이더는 오른쪽으로 큰 운동량을 가지고 움직이고, 가벼운 글라이더는 왼쪽으로 작은 운동량을 가지고 움직인다. 그러므로 운동량의 합은 처음과 같아진다.

b-2 충돌은 정지해 있는 가벼운 글라이더가 움직이는 무거운 글라이더와 충돌하면서 가벼운 글라이더가 움직이는 것이다. 이때 무거운 글라이더는 왼쪽으로 작은 운동량을 가지고 움직이고, 가벼운 글라이더는 오른쪽으로 큰 운동량을 가지고 움직인다. 그러므로 운동량의 합은 처음과 같다.

b-3 충돌은 양쪽 끝에서 글라이더를 같은 속도로 밀어주는 것이다. 이때 무거운 글라이더는 충돌 후 낮은 속도로 반대편으로 움직이고, 가벼운 글라이더는 충돌 후 높은 속도로 반대편으로 움직인다. 운동량은 질량과 속도의 곱이므로 무거운 글라이더의 운동량이 가벼운 글라이더의 운동량으로 전달된 것이다.

b-4 충돌은 가벼운 글라이더를 먼저 움직인다. 더 빠른 무거운 글라이더가 가벼운 글라이더와 충돌하면 운동량이 전달되어 무거운 글라이더는 느려지고 가벼운 글라이더는 빨라진다.

b-5 충돌은 무거운 글라이더를 먼저 움직인다. 더 빠른 가벼운 글라이더가 무거운 글라이더와 충돌하면 운동량이 전달되어 무거운 글라이더는 빨라지고 가벼운 글라이더는 멈춘다.

완전 비탄성 충돌의 경우도 알아보자.

a-1 충돌에서는 글라이더가 충돌하면서 붙어 버렸고, 그 결과 접착된 글라이더들의 속도는 움직이는 글라이더의 속도보다 훨씬 느려졌다. 즉 운동량은 그대로이고 운동에너지가 손실되었다.

a-2 충돌에서는 같은 속도의 글라이더가 부딪히는데 붙어버리고는 움직이지 않는다. 두 글라이더의 운동에너지가 비탄성 충돌로 인해 사라진다. 하지만 운동량의 합은 같다.

a-3 충돌에서는 글라이더들이 충돌하면서 운동량은 그대로지만 운동 에너지가 줄어들면서 속도가 줄었다.

b-1, b-2 충돌에서는 속도가 준 대신 질량이 늘어나 운동량은 그대로이지만 크기가 속도의 제곱에 비례하는 운동에너지는 줄어들었다.

b-3 충돌에서는 무거운 글라이더가 향한 방향으로 글라이더가 낮은 속도로 이동한다. 운동량은 그대로이지만 운동에너지는 줄어든다.

b-4, b-5 충돌에서는 느린 글라이더가 운동량을 받아 붙어버린 글라이더의 속도가 조금 더 빨라지지만 운동에너지는 줄어든다.

1. 질문
2. 같은 질량과 같은 속력을 갖는 수레가 서로 충돌한 후 달라붙어서 멈추었다면 각 수레의 운동량은 어떻게 되었는가?

같은 질량과 같은 속력을 갖는 수레가 서로 충돌하는 방향으로 움직이면 각 수레의 운동량이 합해지면 0이 된다. 그리고 수레가 충돌한 후 달라붙어서 멈추면 수레는 속력이 0이므로 운동량이 0이다. 즉 운동량은 충돌 전후 보존된다. 완전 비탄성 충돌에서도 운동량 보존 법칙은 적용된다.

1. 같은 질량과 같은 속력을 갖는 수레가 서로 충돌한 후 탄성적으로 튕겨져 나갔다면 수레의 나중의 총 운동량은 얼마인가?

같은 질량과 같은 속력을 갖는 수레가 충돌한 후 탄성적으로 튕겨져 나가면 각 수레는 속력은 같고 운동방향이 반대로 되어 반대편으로 움직인다. 그러므로 충돌 후의 운동량 역시 0이다. 즉 운동량은 충돌 전후 보존된다. 탄성 충돌에서도 운동량 보존 법칙은 적용된다.

1. 토의

이 실험에서 운동량 보존 법칙과 탄성, 비탄성 충돌의 관계를 가장 정확히 보여주는 실험은 a-2 충돌이다. 탄성 충돌에서는 a-2 충돌에서 글라이더들이 움직이던 방향의 반대로 같은 속도로 움직이며 운동량은 똑같이 0 이고 운동에너지가 보전되는 것을 볼 수 있다. 완전 비탄성 충돌에서는 a-2 충돌에서 글라이더들이 충돌 후 움직이지 않는 것을 볼 수 있는데, 운동량은 질량과 속도의 곱이므로 운동량은 똑같이 0이다. 하지만 운동에너지는 0으로 줄어든다. 탄성 충돌이나 비탄성 충돌이나 운동량 보존 법칙은 똑같이 적용된다. 그러나 탄성 충돌에서는 운동에너지가 보존되고, 비탄성 충돌에서는 운동에너지가 보존되지 않는다.

이러한 탄성 충돌과 비탄성 충돌은 실생활 속에서도 쉽게 찾아볼 수 있다. 당구를 예로 들면, 당구공은 다른 당구공과 탄성에 가까운 충돌을 하여 움직인다. 당구 선수들은 큐에 초크를 발라 마찰을 줄여서 큐와 당구공이 최대한 탄성에 가까운 충돌을 하도록 한다.

1. 참고문헌

일반물리학실험 매뉴얼, 서강대학교 물리학과

할리데이외 2명, 일반물리학, 범한서적주식회사, 10판, 2014, p253~271