**등가속도 운동**

**& 가속도 측정과 뉴턴의 제 2법칙**

**& 뉴턴의 제 2법칙**

20021781 강민창

**2-1. 등가속도 운동**

1) 실험 목적

: 이 실험에서 글라이더는 일차원 가속도 운동을 조사하는데 사용된다. 글라이더는 경사면 에어트랙 위에서 미끄러져 내려오게 된다.

우리는 이 실험에서 글라이더의 가속도가 일정한지 아닌지를 확인할 수 있을 것이다. 초기에 글라이더의 가속도가 일정한 상수라고 가정하고 실험한 후, 이 실험 결과가 가정과 일치하는지를 확인함으로써, 글라이더의 가속도가 상수인지의 여부를 알 수 있다.

2) 실험데이터 정리

(1) 글라이더의 무게(M): 175.9g / 경사면의 기울기: 약4.7° (빗변의 길이와 트랙의 높이를 알고 있으므로, sin값과 arcsin값을 통해 경사면의 기울기를 알 수 있다.)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 회수 | *d*(cm) | *t*(sec) | | | | *t2* |
| 측정값1 | 측정값2 | 측정값3 | 평균값 |
| 1 | 60 | 1.27 | 1.25 | 1.26 | 1.26 | 1.5876 |
| 2 | 70 | 1.38 | 1.37 | 1.37 | 1.37 | 1.8769 |
| 3 | 80 | 1.47 | 1.45 | 1.47 | 1.46 | 2.1316 |
| 4 | 90 | 1.58 | 1.56 | 1.58 | 1.57 | 2.4649 |
| 5 | 100 | 1.65 | 1.65 | 1.66 | 1.65 | 2.7225 |
| 6 | 110 | 1.73 | 1.73 | 1.76 | 1.74 | 3.0276 |
| 7 | 120 | 1.81 | 1.82 | 1.81 | 1.81 | 3.2761 |
| 8 | 130 | 1.88 | 1.91 | 1.88 | 1.89 | 3.5721 |
| 9 | 140 | 1.91 | 1.98 | 1.96 | 1.95 | 3.8025 |
| 10 | 150 | 2.00 | 2.02 | 2.02 | 2.01 | 4.0401 |

(d는 수레가 에어트랙을 따라 이동한 거리이고, *t*값은 반올림하여 소수점 둘째 자리까지만 구하였다.)

(2) 시간 증가에 따른 거리 변화 그래프

3) 결과 분석

: 첫 번째 그래프에서 언뜻 보면 일차함수 개형으로 보이나, 자세히 보면 그래프가 곡선형임을 알 수 있다. 하지만 이 사실만으로 t-s 그래프가 이차함수 개형을 나타낸다고 하기에는 무리가 있고, 자세한 것은 아래 토의에서 서술하겠다.

두 번째 그래프, 즉 t2-s 그래프는 대체로 일차함수 개형을 보여 등가속도 운동 이론에 부합하는 결과를 나타낸다.

정지상태에서 시작하는 등가속도 운동 공식인 로부터 를 유도할 수 있다. 이를 이용하여 각 회수의 가속도를 구해 표로 나타내고, 이론적인 가속도인 과 비교해보자.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 회수 | 2*d*(cm) | *t2* | 가속도a  (cm/s2) | 이론적인 가속도  (cm/s2) |
| 1 | 120 | 1.5876 | 75.59 | 80.36 |
| 2 | 140 | 1.8769 | 74.59 |
| 3 | 160 | 2.1316 | 75.06 |
| 4 | 180 | 2.4649 | 73.03 |
| 5 | 200 | 2.7225 | 73.46 |
| 6 | 220 | 3.0276 | 72.66 |
| 7 | 240 | 3.2761 | 73.26 |
| 8 | 260 | 3.5721 | 72.79 |
| 9 | 280 | 3.8025 | 73.64 |
| 10 | 300 | 4.0401 | 74.26 |

(가속도 값은 반올림하여 소수점 둘째 자리까지만 표기하였고, 중력 가속도 는 로 하였다.)

등가속도 운동 이론에 따라 각 회수의 가속도는 동일할 것으로 예상했으나, 실제 결과값은 그러지 않았다. 하지만 어느 정도 비슷한 값이 나오기는 하였다. 또, 이론적인 가속도 값과 일치하지 않았는데, 이는 오차가 발생한 것으로 보여지고 자세한 것은 아래 토의에서 서술하겠다.

4) 토의

(1) 실험을 통해 t2-s 그래프가 일차함수 개형을 나타냄을 알 수 있었고, 이는 등가속도 이론에 부합하는 결과이다. 허나 t-s 그래프와, 가속도는 이론과 맞지 않는 부분이 있었다.

(2-1) t-s 그래프를 살펴보자. 우선 시간을 측정하는 과정에서 오차가 발생했을 가능성이 있다. 시간의 측정값이 소수점 둘째 자리까지만 주어졌지만 실제와 차이가 날 수 있기 때문이다. 또, 시간의 측정값이 아닌 평균값을 사용한 것이 오차의 원인일 수도 있다.

오차의 가능성을 배제하고 생각해보았을 때, t-s그래프가 이차함수 개형을 나타내지 않는 가장 큰 원인으로는 시간 t의 구간이 너무 짧다는 점을 꼽을 수 있다. 실제로 이차함수에서 구간은 짧게 설정하고, 그 부분을 크게 확대하면 일차함수와 비슷한 모양이 나오기 때문이다. 따라서 측정하는 d의 구간이 60cm ~ 150cm에서 60cm ~ 300cm으로 늘어난다면 t의 구간도 늘어나, 유의미한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

(2-2) 가속도에서 발생한 오차에 대해 생각해보자. 위에선 중력가속도 의 값을 로 하였는데, 이는 정확한 중력가속도의 값과 약간 다르다. 또, 지구가 완벽한 구형이 아니기 때문에 측정하는 위치에 따라 중력가속도 값은 차이 날 수 밖에 없다. (2-1)에서 서술한 시간의 오차가 가속도에서 발생한 오차의 원인이 될 수도 있고, 빗면의 길이와 높이를 통해 경사각을 알아내는 과정에서 반올림을 한 것이 오차의 원인이 될 수도 있다.

(3) 자유낙하 운동도 등가속도 운동이므로, 글라이더를 이용한 실험대신 쇠구슬을 자유낙하 시키고 시간을 측정하는 방법의 실험으로도 비슷한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

5) 참고 문헌

: 위키백과, 중력가속도,

https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%A4%91%EB%A0%A5\_%EA%B0%80%EC%86%8D%EB%8F%84

: 할리데이, 일반물리학, 범한서적주식회사, 10판, 2015, p27 ~ p35

**2-2. 가속도 측정과 뉴턴의 제 2법칙**

1) 실험 목적  
: 떨어지는 질량과 글라이더의 가속도가 같음을 이용하여 뉴턴의 제 2법칙을 이해한다.

2) 실험데이터 정리

(1)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 회수 |  | 시간 (sec) | | | |
| 측정값1 | 측정값2 | 측정값3 | 평균값 |
| 1 | 20 | 1.52 | 1.48 | 1.49 | 1.50 |
| 2 | 40 | 1.16 | 1.10 | 1.13 | 1.13 |
| 3 | 60 | 0.93 | 0.96 | 0.93 | 0.94 |
| 4 | 80 | 0.86 | 0.80 | 0.83 | 0.83 |
| 5 | 100 | 0.77 | 0.78 | 0.74 | 0.76 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 1.50 | 53.33 | 51.92 | 2.72 |
| 1.13 | 93.98 | 95.56 | 1.65 |
| 0.94 | 135.81 | 139.19 | 2.43 |
| 0.83 | 174.19 | 182.82 | 4.72 |
| 0.76 | 207.75 | 226.45 | 8.26 |

(모든 값은 반올림하여 소수점 둘째 자리까지만 표기하였다)

(중력 가속도 값은 으로 하였다.)

(2) 무게 증가에 따른 시간변화 그래프

(3) 무게 증가에 따른 속도변화 그래프

(위 그래프의 속도는 거리를 평균시간으로 나눈 평균속도 값을 반올림하여 소수점 둘째 자리까지만 표기했다.)

3) 결과 분석

: 추걸이에 매다는 추의 질량, 즉 m이 증가할수록 시간의 평균값이 줄어든다. 시간의 평균값이 줄어들수록 평균속도는 증가하므로 m이 증가할수록 평균속도는 증가함을 알 수 있다.

정지상태에서 시작하는 등가속도 운동 공식인 로부터 를 유도할 수 있다. 이를 이용하여 각 회수의 가속도를 구할 수 있고, 이론적인 가속도는 를 통해 구할 수 있다. 이 값들을 가지고 오차율을 구해 실험의 정확도를 평가할 수 있다.

오차율은 5번의 측정 모두 한자리 수로 실험이 꽤나 높은 정확성을 가지고 있음을 보여준다. m이 증가할수록, 즉 평균 시간이 짧아질수록 대체로 오차율이 커지는 경향을 보이는데 이에 관해선 아래 토의에서 서술하겠다.

4) 토의

(1) 오차율이 한자리 수인 것으로 미루어보아 꽤나 이론값에 근접한 실험 결과, 즉 정지상태에서 시작한 등가속도 운동 이론에 부합하는 실험 결과를 얻었음을 알 수 있다.

(2-1) 그렇다면 이런 오차는 왜 생겼는지 한번 생각해보자. 우선 이상적인 등가속도 운동의 상황을 가정해볼 필요가 있다. 이상적인 등가속도 운동에서는 마찰력이 작용하지 않고, 가속도가 일정해야 한다. 하지만 위 실험에서는 에어트랙과 글라이더 사이의 아주 작은 마찰력이 존재할 가능성도 있고, 에어트랙에서 나오는 바람으로 인해 장력이 일정하지 않을 수도 있다. 또, 도르래를 이용하기 때문에 실과 도르래 사이의 마찰력도 오차의 원인이 될 수 있다.

(2-2) 위 실험에서 m이 증가할수록 오차율이 커지는 경향이 있다. 허나 이는 예상과는 다른 결과로 보여진다. 왜냐하면 실이 에어트랙에 의해 방해 받는 정도는 추의 무게가 증가할수록 적어질 것으로 예상해 m이 증가할수록 오차도 적어질 것으로 예상했다. 하지만 이와 반대되는 결과가 나온 것으로 미루어보았을 때, 오차가 발생한 데에는 여러 요인이 작용했음을 짐작할 수 있다.

(3) 실험 2-2에서는 실험 2-1과 달리 글라이더의 가속도가 매 회수마다 변한다. 즉, 통제변인은 전체 무게 이고 조작변인은 추걸이에 다는 추의 무게라고 판단할 수 있다. 따라서 이와 비슷한 결과를 얻으려면 경사면 위에서 쇠구슬을 굴리되 매 회수마다 경사각을 다르게 하여, 각 회수의 가속도가 다르게 나오도록 하는 방법의 실험을 하면 좋을 것 같다,

5) 참고 문헌

: 할리데이, 일반물리학, 범한서적주식회사, 10판, 2015, p27 ~ p35

: 일반물리학 실험 매뉴얼, 서강대학교 물리학과

:

ㅍ D .Holiday , 일반물리학 , ILn Wi ky & Sons , 10판 . 2017 . P15 ~ 30

**2-3. 뉴턴의 제 2법칙**

1) 실험 목적

: 뉴턴의 제 2법칙 을 확인한다.

2) 실험데이터 정리

(1) 글라이더의 이동거리 d

|  |  |
| --- | --- |
| 초기 해방 위치 | 80 (cm) |
| 최종 위치 | 140 (cm) |
| 전체 거리 d | 60 (cm) |

(2) 표 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 글라이더의 총 질량 | 매달린 질량 (g) | 시간 (sec) | | | 평균시간(sec) |
| 측정값1 | 측정값2 | 측정값3 |
| 425.4 | 23.8 | 1.51 | 1.53 | 1.51 | 1.52 |
| 425.4 | 43.8 | 1.15 | 1.13 | 1.16 | 1.15 |
| 425.4 | 63.8 | 0.96 | 1.00 | 0.97 | 0.98 |

(평균시간은 반올림하여 소수점 둘째 자리까지만 표기하였다.)

(매달린 질량= 추걸이(3.8g) +추의 무게) (글라이더의 총 질량=글라이더+블레이드+O형고리+범퍼+추200g)

(3) 표 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 글라이더의 총 질량 | 가속도 |  |  |  |
| 425.4 | 0.52 | 233.58 | 233.24 | 0.15 |
| 425.4 | 0.91 | 426.97 | 429.24 | 0.53 |
| 425.4 | 1.25 | 611.5 | 625.24 | 2.20 |

(모든 값은 반올림하여 소수점 둘째 자리까지만 표기하였고, 중력 가속도 는 으로 계산하였다.)

3) 결과 분석

: 매달린 질량m2가 커질수록 평균시간이 줄어들고, 가속도가 증가함을 알 수 있다. 글라이더와 추에 관한 운동 방정식을 세워봤을 때, 글라이더에 작용하는 실의 장력 이다. m2가 커지면 글라이더에 작용하는 장력 T가 증가하고, 이에 따라 a도 증가한다. 따라서 뉴턴의 제 2법칙을 만족하는 결과를 얻었음을 알 수 있다. 또, 정지상태에서 시작하는 등가속도 운동 공식인 로부터 를 유도할 수 있는데, 이를 통해서도 t가 감소할 때 a가 증가함을 알 수 있다.

오차율이 거의 0에 가까운 것으로 보아, 정확성이 아주 높은 실험이라고 평가할 수 있다.

4) 질문

(1) 이 실험의 결과가 임을 증명했나?

: 알짜힘이 가속도와 비례한다는 뉴턴의 제 2법칙을 3)결과 분석에서 서술한대로 증명했다고 볼 수 있다. 또, 오차율이 다른 실험에 비해 아주 적은 것으로 미루어보았을 때 꽤나 유의미한 실험 결과를 얻었음을 알 수 있다.

(2) 에서 질량m이 글라이더의 질량과 왜 같지 않나?

: 글라이더와 실, 추걸이, 추를 하나의 계로 설정했기 때문이다. 이때 은 로 위 실험데이터 정리의 표 1에서 서술한 것과 같이이고, 이기 때문에 m은 글라이더의 질량과 같지 않다.

(3) 질량과 중력가속도의 곱을 이용하여 글라이더에 작용하는 힘을 계산할 때, 글라이더의 질량을 왜 포함하지 않았나?

: 글라이더와 실, 추걸이, 추를 하나의 계로 설정했기 때문에, 계에 작용하는 알짜힘은 로 보아야 한다. 글라이더에 작용하는 장력, 중력 등은 설정한 계 안에서는 내력(internal force)이기 때문에 힘의 합이 0이 된다.

5) 토의

(1) 실험을 통해 오차 값이 아주 적은 유의미한 결과를 얻을 수 있었다. 뉴턴의 제 2법칙을 실험적으로 증명했다고 볼 수 있다.

(2) 실험 결과에서 생긴 약간의 오차는 이상적인 등가속도 운동 상황을 만족하지 못하였기 때문으로 보인다. 에어트랙과 글라이더 사이의 마찰력이 완전한 0이 되기는 힘들고, 에어트랙에서 나오는 바람으로 인해 실의 장력이 일정하지 않을 수 있기 때문이다.

(3) 도르래의 양쪽에 무게가 다른 추를 실을 이용하여 매단 후, 손으로 잡고 있다가 놓아 시간과 이동한 거리를 측정하면 위 실험과 유사한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

6) 참고 문헌

: 일반물리학 실험 매뉴얼, 서강대학교 물리학과

: 두산백과, 외력과 내력,

https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1075619&cid=40942&categoryId=32229