

PHY101-104 Design & Build Lab. Report (DBL Report)
Design & Build Lab
전자기포 고안 및 제작 연구

By

이재용 (POSTECH, 20100132)

최성진 (POETECH, 20100404)

허성훈 (POSTECH, 20100206)

Date of Research : From October 4, 2010

To December 3, 2010

Instructor : 조경현 교수님

Lab. Assistant : 박준범 조교님

Presentation : December 9, 2010

- 실험 개요와 목적

-

이번 실험은 (대학교육역량강화/일반물리개선사업)취지아래 이루어진 Design & Build Lab 프로그램 하에 진행한 Electromagnetic Cannon 고안 및 제작실험이다.

-

Electromagnetic Cannon란, 전자기력을 사용하여 쇠구슬을 발사시키는 장치로써 솔레노이드에 걸리는 자기장의 세기차이로 탄환(쇠구슬)에 힘을 가해 발사한다. 쇠구슬을 멀리 나아가게 하는데 어떤 변인이 영향을 미치는지를 솔레노이드의 자기장 측정, 인덕턴스 측정, 발사거리를 비롯한 실험을 통해 확인했다.

- 가. 솔레노이드 자기장

- 솔레노이드의 외부에서는 자기장의 세기가 일정하지 않아, 수식으로 표현하기가 쉽지 않다. 하지만 외부에서의 자기장도 n 과 i 에 비례한다고 생각한다.

- 나. 강자성체

- 이번 실험에서 사용되는 쇠구슬 역시 강자성체이다. 위치에 따라 자기장의 세기가 달라지는 공간에 강자성체가 있다면, 알짜 힘을 받아 가속될 것이다.

- 다. RC, LC회로

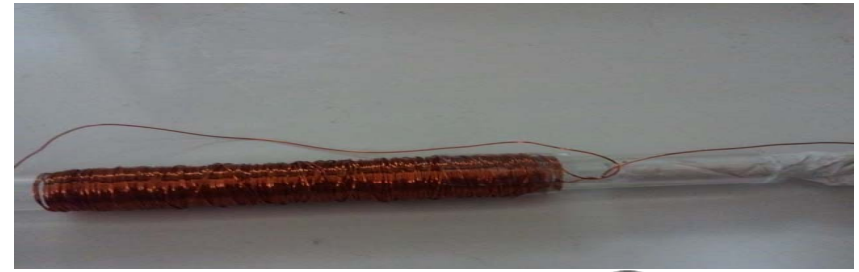
- RC 회로는 직류 전원과 저항, 축전기가 연결된 회로이다.
- LC 회로는 솔레노이드와 축전기가 연결된 회로이다

- 라. 인덕터, 인덕턴스

- 인덕터의 인덕턴스는 단위 전류를 흘렸을 때의 자기선속 값으로 정의한다.

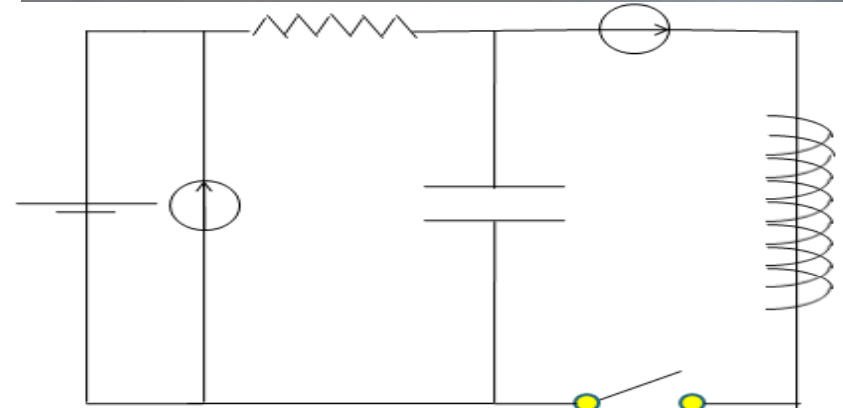
- 가. 솔레노이드제작

에나멜선을 PVC관에 감았다. 이때 사용한 에나멜선의 지름은 0.2 mm를 이용하였다. 솔레노이드는 100번, 200번, 300번을 겹치지 않고 감은 것과 1000번을 250번씩 4회 감은 것과 200번씩 5회 감은 것 총 5개의 솔레노이드를 제작하였다.



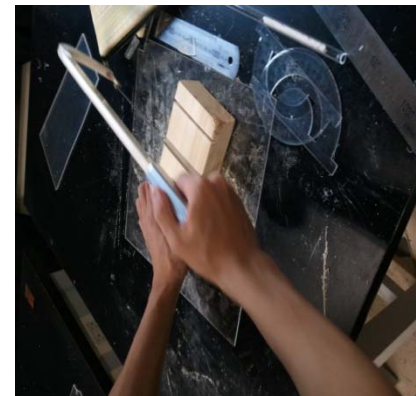
- 나. 회로제작

회로를 제작하는 과정에서 축전기는 1000 용 2개와 680 2개를 이용하여 병렬로 연결하였다. 회로에 저항을 연결할 때는 1000 옴 2개 병렬연결하였다. 이렇게 충전 회로를 제작한다. 위의 회로도에서 볼 수 있듯이 다이오드를 충전회로와 방전 회로에 두 개를 연결 하였다. 다음으로 방전회로에 스위치를 연결하여 회로도를 완성시킨다. 마지막으로 제작한 솔레노이드는 추가 실험을 위하여 회로도에 납으로 연결하지 않았다.



- 다. 발사대 제작

발사대의 나무판을 밀판으로 이용하였고 나무판에 두 개의 홈을 만들어 그 사이에 자가 움직일 수 있도록 하였다. 아크릴 판을 이용하여 제작한 회로도가 밖으로 나오지 않도록 칸막이를 제작하였다.

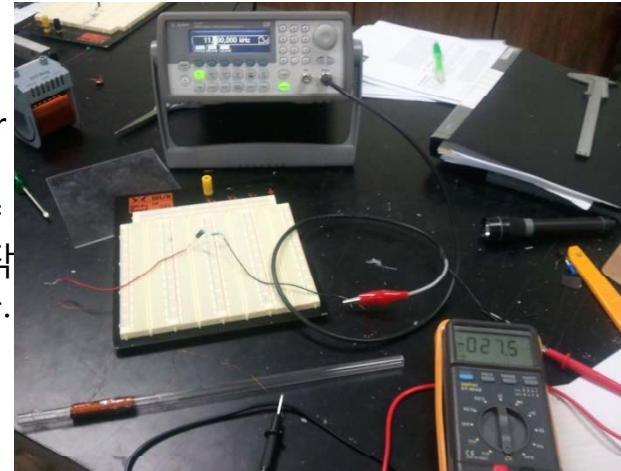


A. 자기장 측정

솔레노이드 별로 위치에 따른 자기장을 측정해 보았다. power supply로 100V전압을 걸고 스위치를 닫아 전류를 흘렸을 때 측정되는 최대 자기장의 크기를 tesla meter의 hold기능을 이용해 측정하였다. 이때, 측정기가 솔레노이드 가운데에 위치하도록 유의한다.

• B. 인덕턴스 측정

솔레노이드의 인덕턴스를 측정하는 과정에서 RLC회로를 구성한 뒤 회로에 멀티미터를 직렬연결 하였다. Function Generator로 진동수를 변화 시키면서 멀티미터의 최대 전류가 측정될 때의 진동수를 측정한다. RLC회로를 구성할때 축전기의 전기용량은 3.3을 이용하였으며 저항은 200을 이용하였다. 앞에서 제작한 5개의 솔레노이드를 각각 이용하여 공명 진동수를 측정한다.



• 발사거리에 미치는 요인 분석 실험

• 가. 저항에 따른 발사거리

- 이론적으로는 발사거리에 저항은 영향을 미치지 않는다고 생각했으나 실제로는 저항이 높을수록 전류가 낮을 수 있다는 조원의 우려에 따라 저항의 크기에 따른 발사거리를 측정해 보았다. 100V, 100번 감은 솔레노이드를 30도로 유지하며 1000 저항을 병렬 연결해 200까지 저항을 변화시켜가며 3회씩 발사 실험하였다.

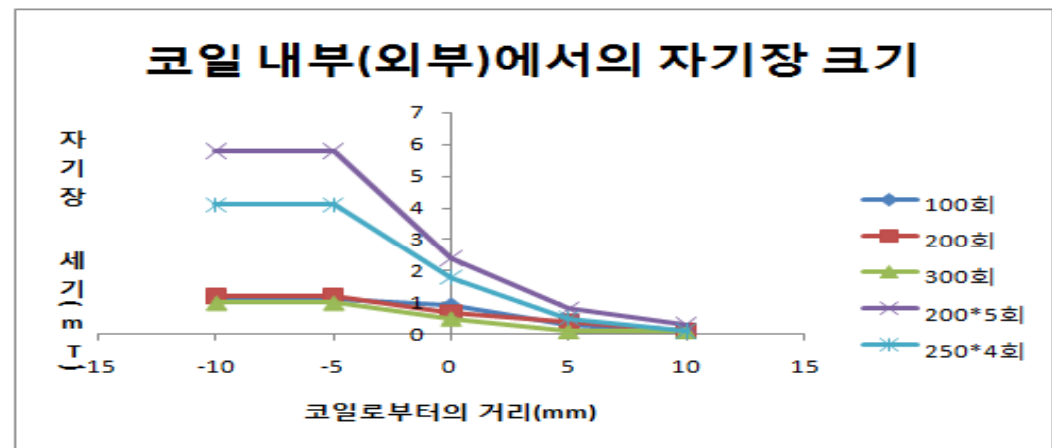
• 나. 공의 위치에 따른 발사거리

- 강자성체인 쇠구슬은 자기장 세기차에 의한 힘으로 발사된다. 그러므로 쇠구슬이 솔레노이드에서 어느 위치에 있느냐에 따라서 받는 힘은 차이가 난다. 150V로 축전기를 충전시키고 쇠구슬이 솔레노이드 내(5mm), 솔레노이드 끝부분(0mm), 그리고 솔레노이드밖에 있을 때(-5mm)의 발사거리를 측정해보았다.

- 다. 코일에 따른 발사거리
- 자기장의 세기는 코일의 길이가 무한대일 때 단위 길이 당 감은 수에 직접적인 영향을 받는다. 하지만, 무한대 길이가 아닌 코일이 자기장의 세기가 감은 수, 겹친 횟수에 의한 어떤 영향을 받는지에 대한 영향을 확인하고, 그에 따라 어느 상황에서 쇠구슬이 최대의 힘을 받을 수 있는지 알아보았다.
- 라. 관 길이에 따른 발사거리
- 쇠구슬이 전자기력에 의해 날아갈 때 관내부의 마찰력이 존재한다. 관의 길이를 줄여가며 관의 마찰력이 발사거리에 어느 정도의 영향을 미치는지 알아보았다.
- 실험 결과

• A. 자기장 측정

실험 결과 자기장은 솔레노이드 내부에 균일하게 생성되었다. 자기장 세기는 솔레노이드 밖으로 벗어나는 순간 급격히 감소하였으며, 1cm만 벗어나도 세기가 거의 0mT에 이르렀다. 이를 통해, 자기장 세기 차는 솔레노이드 끝 부분에서 최대이다.

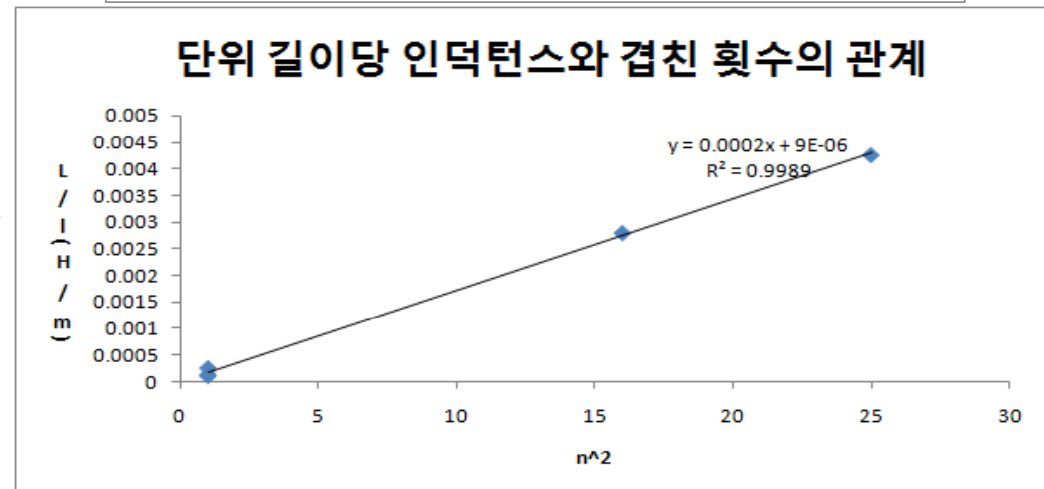
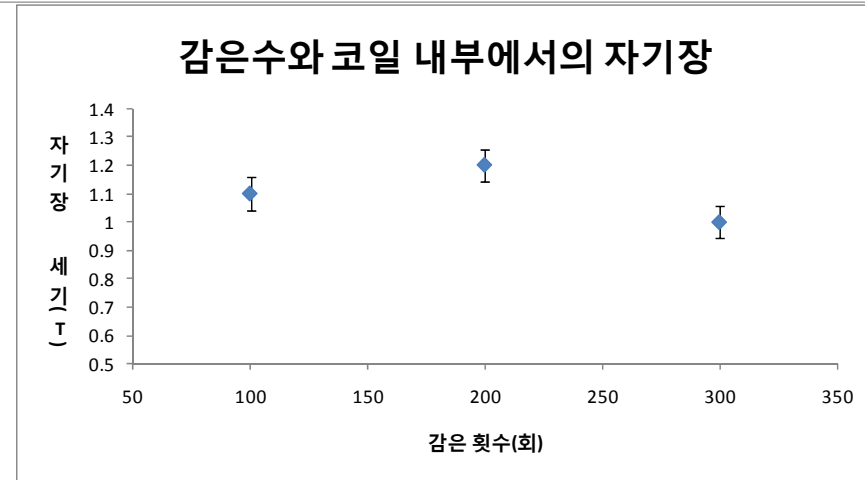
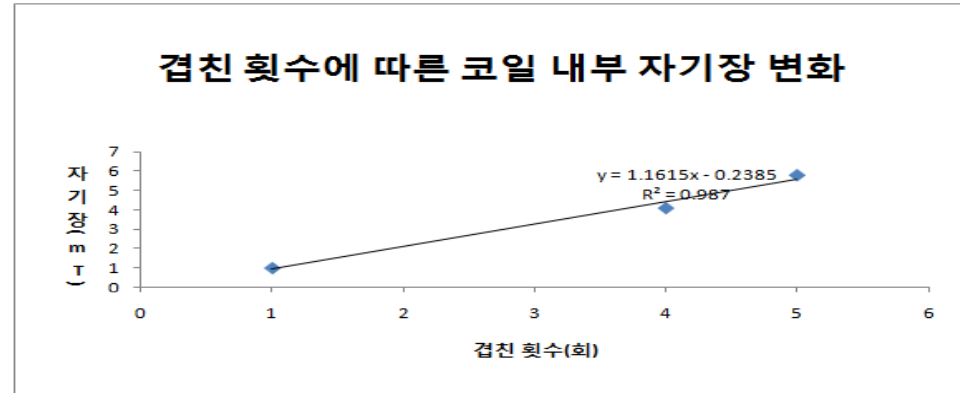


이론적으로 자기장의 세기 전류세기와 단위 길이 당 감은 수(n)에 비례한다. 실험에서 사용한 도선의 굵기와 전류의 세기는 동일해서 에나멜선을 겹친 횟수와 자기장의 세기는 비례관계가 있음을 예측할 수 있었으며, 실험을 통해 이를 검증할 수 있었다.

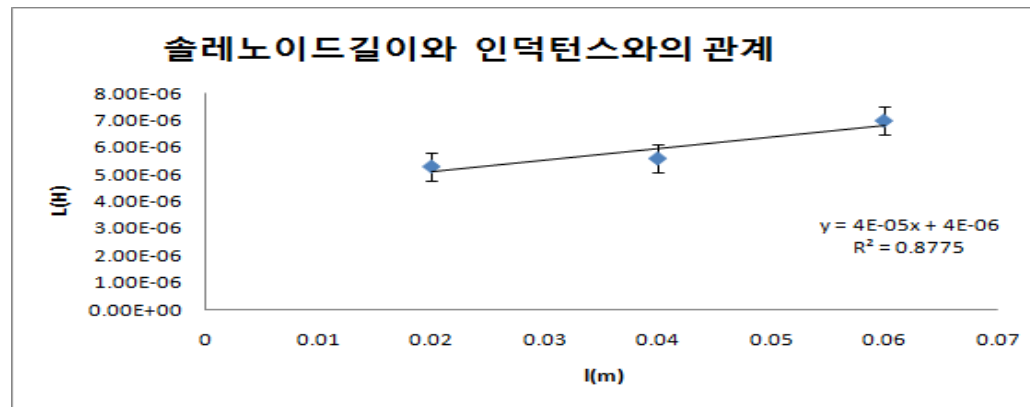
솔레노이드의 자기장 세기는 도선의 단위 길이 당 감은 수(n)에 비례하며, 전체 감은 횟수에는 무관하다. 하지만, 실험을 통해 알아본 결과 감은횟수에 따라 약간의 오차가 있었다. 이는, 공식이 무한대 길이의 솔레노이드에만 성립하는 것이라는 것과 자기장 측정 오차 등이 원인이 되었을 것으로 생각한다.

• B. 인덕턴스 측정

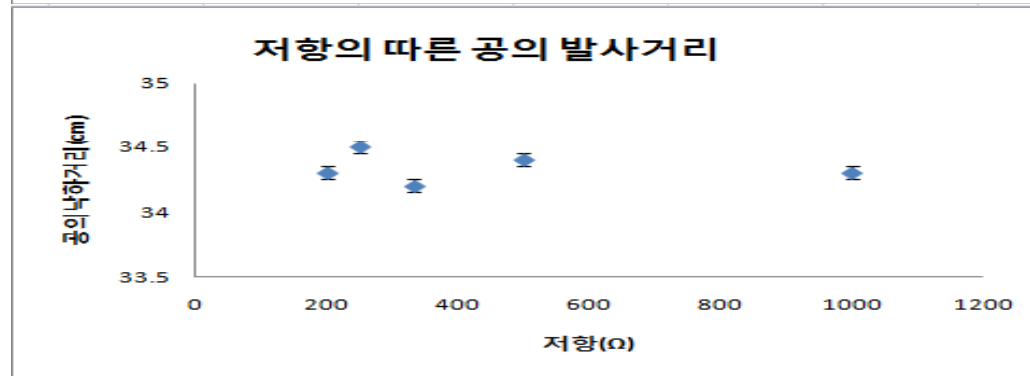
단위 길이 당 인덕턴스는 A가 일정하므로 단위길이 당 감은 수의 제곱에 비례해야 한다. 실험결과는 이와 잘 일치한다.



총 감은 수 100번, 200번, 300번의 경우 길이 당 감은 횟수는 모두 동일하므로 이 3개의 솔레노이드가 가지는 인덕턴스의 값은 솔레노이드의 길이에 비례해야 한다. 위의 그래프는 솔레노이드의 길이와 인덕턴스의 관계가 서로 비례관계라는 것을 보여준다. 이 값들은 RLC 회로에서 측정하기에 너무 작아서 오차가 매우 크게 측정되었다.



- 가. 저항에 따른 발사거리
저항별로 발사거리가 1cm내외의 차이로 저항은 발사거리에 영향을 주지 않음을 확인하였다.



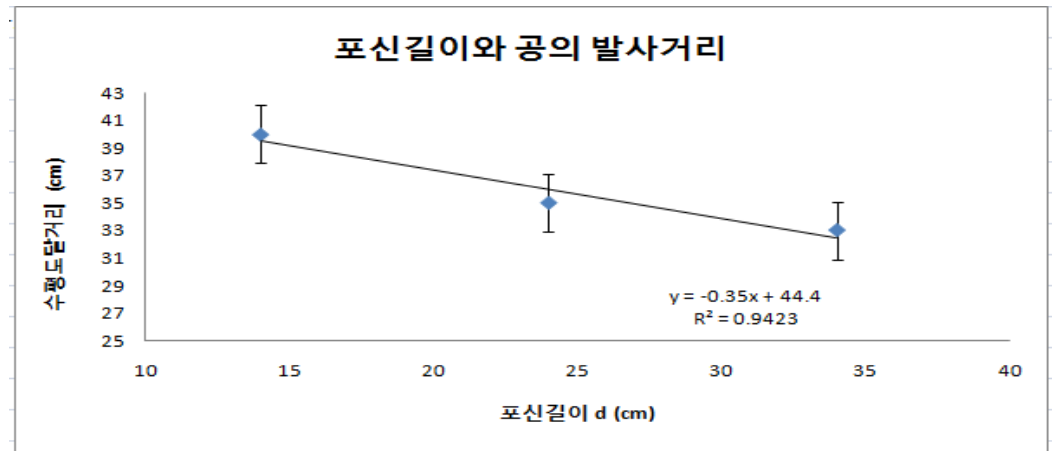
나. 공의 위치에 따른 발사거리

강자기성인 쇠구슬이 자기장 속에서 받는 힘은 위치에 따른 자기장 세기차가 최고인 곳에서 최대가 된다. 자기장 측정결과 솔레노이드 끝에서 자기장의 변화가 최대였다. 그러므로 발사거리도 그곳에서 최대임을 추측할 수 있다. 실험 결과, 쇠구슬은 전반적으로 솔레노이드 끝에 위치시켜 발사시킬 때 가장 멀리 날아갔다. 200번, 300번 감은 솔레노이드에서의 공의 발사거리는 측정에 의한 오차의 영향으로 생각된다. 솔레노이드 밖에서(-5mm) 공이 발사되지 않는 이유는 공이 날아가기 위한 충분한 에너지를 받기 이전에 교류전류의 방향이 바뀌어 다이오드의 영향으로 전류가 흐르지 않기 때문이다.

공의 위치 (mm)	감은 횟수 (번)	0(솔레노이드 끝)	-5 (솔레노이드 밖)
100	23	33	발사위치로부터 2cm
200	11	10	발사위치로부터 1cm이하
300	9	5	발사위치로부터 1cm이하
1000(250*4회)	30	45	발사위치로부터 25cm까지 올라옴
1000(200*5회)	발사위치로부터 11cm위로 올라옴	5	발사위치로부터 9cm위로 올라옴

다. 관 길이에 따른 발사거리

10cm씩 관을 잘라가면서 발사해보았다. 그 결과 관의 길이가 짧을수록 발사거리는 길다는 것을 실험을 통해서 확인할 수 있었다. 이는 관속에서의 마찰력으로 에너지를 잃는다는 가정에 부합하는 결과였다.

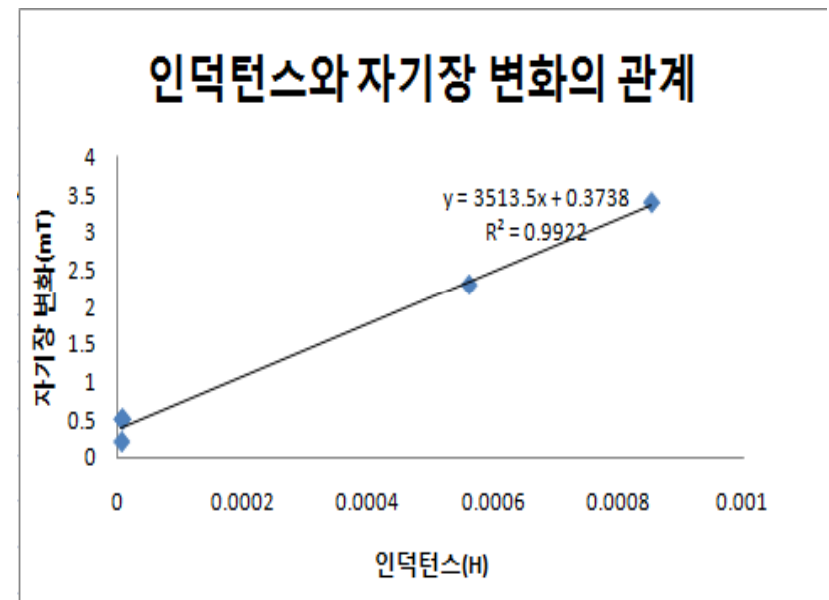


라. 코일에 따른 발사거리

100번, 200번, 300번 감은 솔레노이드에서 100번이 가장 멀리 날아갔다. 그 이유는 200, 300회의 솔레노이드에서는 공이 날아가기 이전에 전류가 다 흐르지 못해서 다시 당기는 인력이 작용했기 때문이다.

1000번(200*5회) 감은 솔레노이드는 5개의 솔레노이드 중에서 자기장의 세기도 가장 컸고, 거리에 따른 자기장 세기차도 가장 컸었다. 하지만 예상과는 달리 멀리 날아가지 못했는데, 쇠구슬이 솔레노이드를 벗어난 후에도 전류가 계속해서 흘러 인력을 받았기 때문이다.

***위의 그래프에서 확인 할 수 있듯이 인덕턴스가 클수록 솔레노이드 밖에서 자기장의 거리 당 변화 값이 더 크다는 결과를 얻을 수 있었다. 여기서 100번, 200번, 300번의 인덕턴스 값들은 1000번(250*4회, 200*5회)에 비해 매우 작기 때문에 여기서 3개의 점들이 한점으로 표시되었지만, 결과적으로 인덕턴스가 크면 자기장의 변화가 크다는 경향성을 보일 수 있었다.



- 결론
- 강자성체인 쇠구슬이 가장 힘을 많이 받는 구간은 자기장의 세기가 가장 급격하게 변하는 솔레노이드 끝부분(그래프 1)이었다. 겹친 횡수와 자기장 세기는 비례관계이며(그래프 2), 감은수와 코일 내부에서의 자기장은 큰 관련이 없음을 알 수 있었다(그래프 3). 단위 길이당 인덕턴스와 겹친 횡수는 비례하였으며(그래프 4), 솔레노이드 길이와 인덕턴스 또한 비례하였다(그래프 5). 그리고 우려하였던 저항은 발사거리에 무관함을 확인하였다(그래프 6). 솔레노이드 끝-자기장의 세기변화가 최대인 곳-에서 가장 멀리 날아갔으며(표 1), 관의 길이가 짧을수록 발사거리는 길었다(그래프 7). 자기장의 세기 변화는 인덕턴스 크기(그래프 8)와 비례함을 알 수 있었다.
- 하지만, 코일에 따른 발사거리 실험을 통해 단위 길이 당 감은 횡수만 발사 거리에 영향을 미치는 것이 아니라는 것(표 1)을 알게 되었다. 그 변인에는 솔레노이드의 길이와 단위 길이 당 감은 수, 그리고 포신 길이가 있었으며 이들이 적절하게 균형을 맞출 때 최대의 발사거리를 구할 수 있을 것이다.
- 아쉽게도 전류의 주기와 발사시간에 따라 가장 최적의 솔레노이드 길이 및 감은 횡수를 구하지 못했고, 저항과 에나멜선을 통해 발생하는 열에너지 문제를 해결하지 못해 다음 실험을 진행하기가 힘들었다. 이 부분에 대해서 기회가 주어지면 계속해서 연구해보고 싶다.