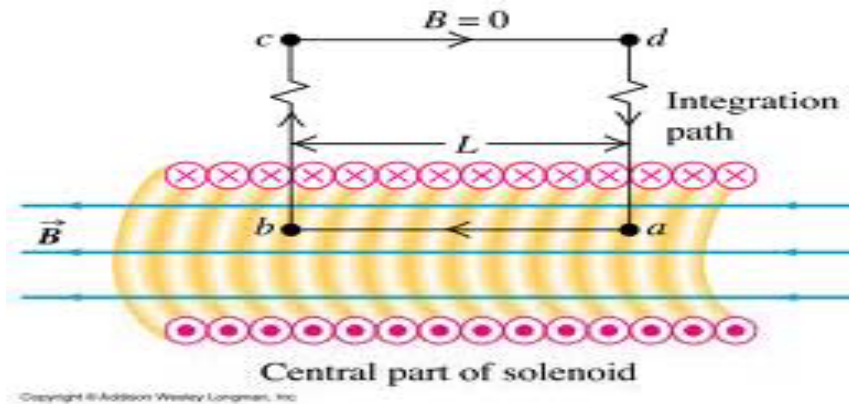


이번 실험은 **전자기 현상**을 이용하여 구슬이 발사되는 원리를 알아보고 조원 각자가 힘을 모아 전자기 대포를 만드는 것이다. 또 만드는 것에만 그치지 않고 코일 감는 수 등을 달리하면서 가장 멀리 날아가는 전자기 대포를 설계하는데 목적을 두고 있다.

실험 이론

<솔레노이드에서의 자기장 유도>

전류가 흐르는 도선 주변에 철가루를 떨어뜨리면 특정한 모양을 만드는 모습에서 자기장을 가진다는 것을 알 수 있다. 암페르법칙에 의해서 유도된다.



$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enc} = \mu_0 N_1 I = Bl$$

$$B = \frac{N_1}{l} \mu_0 I = n_1 \mu_0 I$$

<인덕턴스의 유도>

$$\Phi_B \propto I \quad , \quad \Phi_B = LI$$

자기선속과 전류가 비례관계를 가질 때 비례상수를 인덕턴스라 한다.

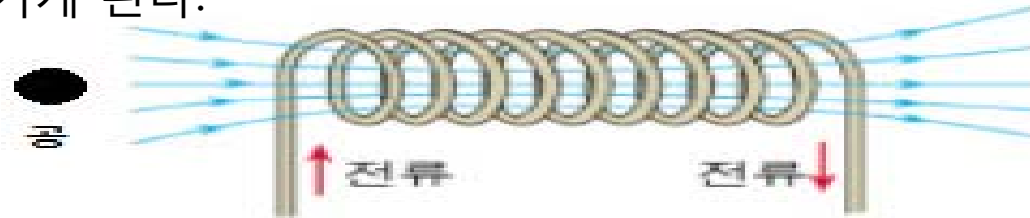
$$L = \frac{\Phi_B}{I} = \frac{1}{I} \int B \cdot dA \quad , \quad \Phi_B = nI BA = nI (\mu_0 n I) A = \mu_0 n^2 A l I$$

$$L = \mu_0 n^2 A l$$

n : 단위길이당 감은 횟수. l : 솔레노이드 길이

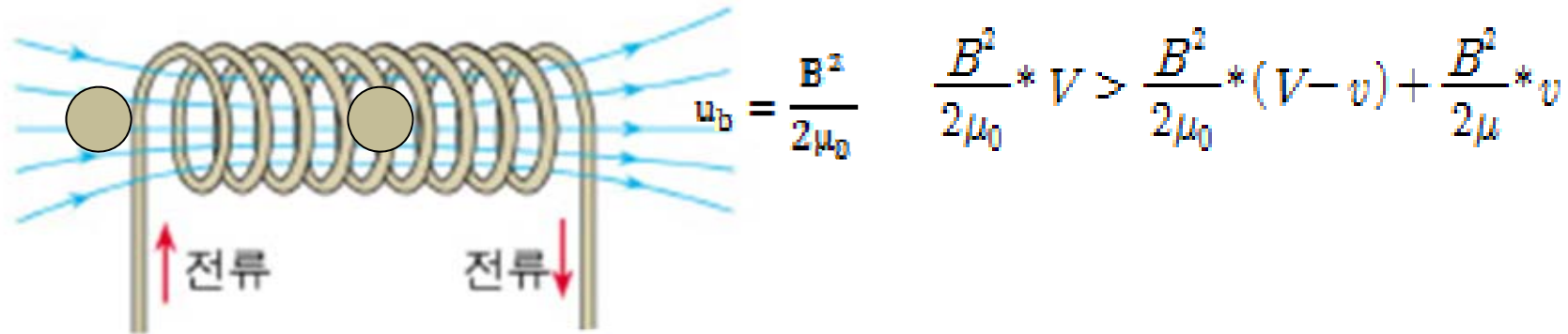
<금속구가 발사되는 원리>

금속구는 자기장 하가 아닐 때 중성을 띠다가 자기장 하에 일정한 방향으로 자성이 유도된다. 이 때 자기 모멘트에 의해서 코일은 자석과 같은 역할을 해서 금속 구를 끌어당기게 된다.



코일에 순간적으로 강한 전류가 흐르게 되면 자기장이 유도되면서 장착된 탄체를 강하게 끌어당겨 가속시키는 원리이다.

<포텐셜에너지 측면에서의 금속구 발사>



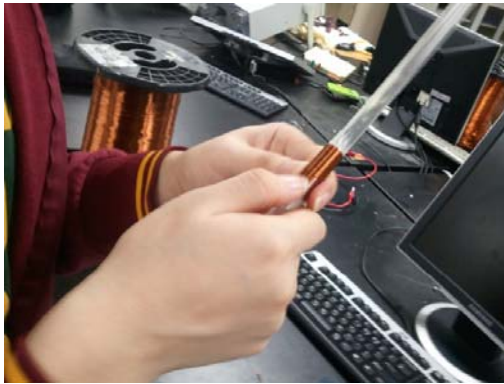
힘은 포텐셜 에너지의 자이언트 값이다. $F = -\nabla u$
 이것은 중력, 자기력, 전기력, 탄성력, 압력, 자기장에서의 힘 모두에서 성립한다.
 따라서 포텐셜 에너지가 존재한다는 것 자체가 힘을 받고 있는 것을 의미한다.

실험 과정

실험장치 및 실험재료
Power Supply (300V, 2.5A)
Switch x1
Capacitor x3 (350V, 1000 μ F)
Coil (D=0.3mm)
Metal Bullet (1.5g, D=7mm)
Resistance x1 (30 Ω)
Rectifying Diode (>400V)
Cannon tube (D>7mm)

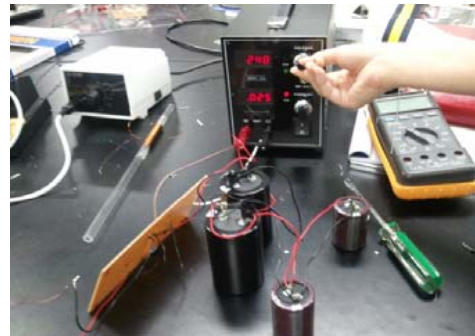
★2010년 11월 18일(목) ★

- 코일 감기(코일 직경 0.2mm)
250번씩 4번 감을 계획 ->취소(길이가 너무 길어지면 구슬이 발사되는 데 불리해질 것 이다.)-> 200번씩 5번 감기
첫 날 코일감기 실패(한쪽 끝을 빼놓지 않아서)



(코일 감는 모습)

- 납땜 하기
축전기 1000 μ F 3개 연결 계획->취소(물량 부족)->축전기 1000 μ F 2개와 680 μ F 짜리 한 개 연결
저항 30 Ω 계획->(30 Ω 이 없어서)->200 Ω 짜리 사용
빵판에 회로를 만들



(축전기 충전 test)



(납땜하는 모습)

★ 2010년 11월 24일(수) ★

- 코일 감기 (1000회 목적)
200회씩 2겹 & 100회 1겹 -> 총 500회 감음
- 회로도 완성
- Power supply 잭 완성
- 스위치 연결

- **시연** 시작

구슬이 전혀 움직이지 않음
(전압측정계로 측정-> 방전X)

방전 안된 이유? 스위치 체크, 코일 꺾질
새로 벗김, 절연테이프로 연결했던 걸 납땜으로 바꿈

다시 시도한 결과, 방전은 성공
그러나, 발사 **실패**

-> 구슬과 코일 거리가 너무 멀어서 실패한 것으로 추측

★ 2010년 11월 25일(목) ★

- 대포 디자인 시작 → 디자인 구상 설명



아크릴판
자르는 모습



개략적인
틀을 완성함

- 코일 감기 : 100회씩 8겹 (**코일4**)

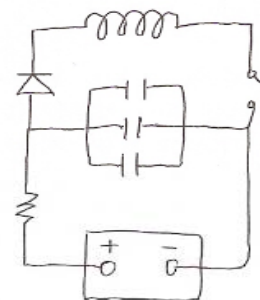
- 시연 결과

500회 감은 거: 20cm정도 날아감

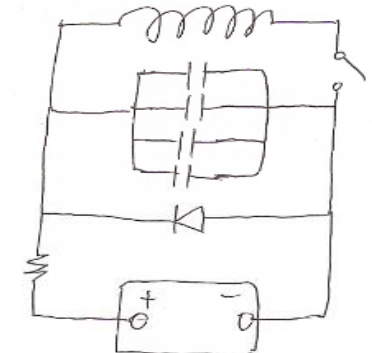
코일4(800회 감은 거): 불발

- 축전기 전하량 증가 : 680 μ F 추가

- 회로 수정



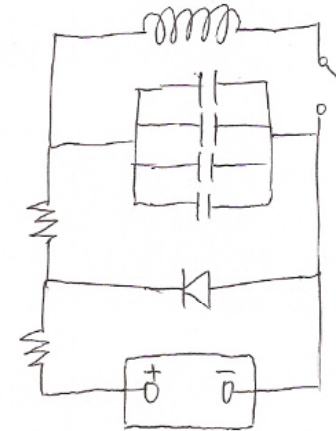
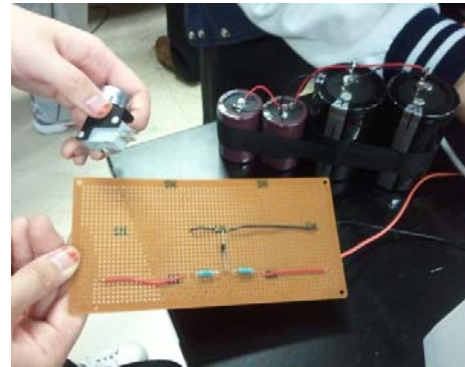
⇒



- **시연 결과**
 - 500회 감은 거는 잘 날아감
 - 코일4**는 아까와 마찬가지로 강하게 다시 당겨짐

★2010년 11월 30일(화)★

- 회로도 수정 (최종본)
- 코일 감기 -> 100회씩 3겹
- 시연 결과 : 1m정도 발사
- **코일4**는 여전히 불발



★2010년 12월 1일(수)★

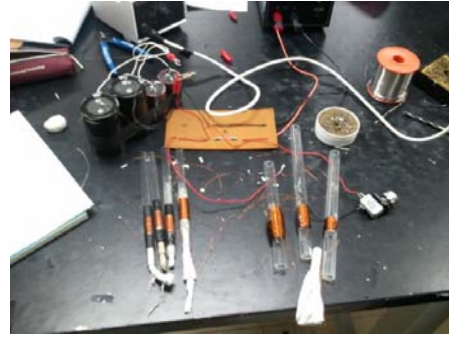
- 코일 감기(코일 직경 0.2mm)
100회씩 4번, 100회씩 5겹
→But, 시연 결과는 좋지 않음

- 이 날, 시행착오를 많이 겪음

★2010년 12월 2일(목)★

- 코일 감기(코일 직경 0.3mm)
드릴로 더 두꺼운 아크릴 관에 새로 감음

- 시연 결과 → 성공적!!!!
가장 많이 감은 코일은 약 30cm 발사
두 번째, 세 번째로 많이 감은 코일은
2m 정도 발사



(우리가 감은 여러 코일들)

★2010년 12월 3일(금)★

- 코일 감기
드릴을 사용하지 않고 손으로 새로 감음
코일1=50번씩2겹 ($l=1.7\text{cm}$)
코일2=25번씩2겹 ($l=0.8\text{cm}$)
코일3=50번씩1겹 ($l=1.7\text{cm}$)
{ 코일4=100번씩8겹 ($l=3.5\text{cm}$) }

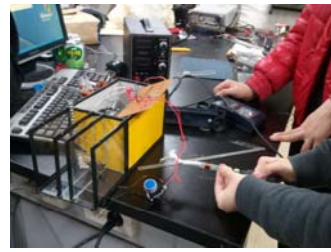
- 최적의 각도 찾기
코일3을 이용하였으며, 각도를 5도 단위로 조절하면서 가장 멀리 발사되는 각도를 찾았다. 40도, 45도에서 가장 멀리 발사되었으며, 다른 코일도 45도로 발사해서 거리를 측정했다.

- 시연결과 → 매우 성공적
코일1: 6.1m 코일2: 4.3m
코일3: 1.1m 코일4: 0m

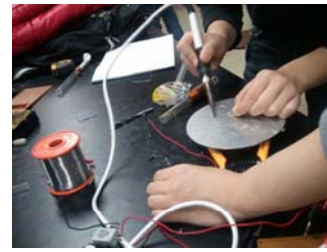
- 자기장 측정 (가우스 미터계로)
- 공명진동수 측정



(공명진동수 측정)



(자기장 측정)



(코일 벗기는 모습)



(마지막 시연)

실험 결과 및 분석

- 1번 실험 (공진 주파수 측정 실험)

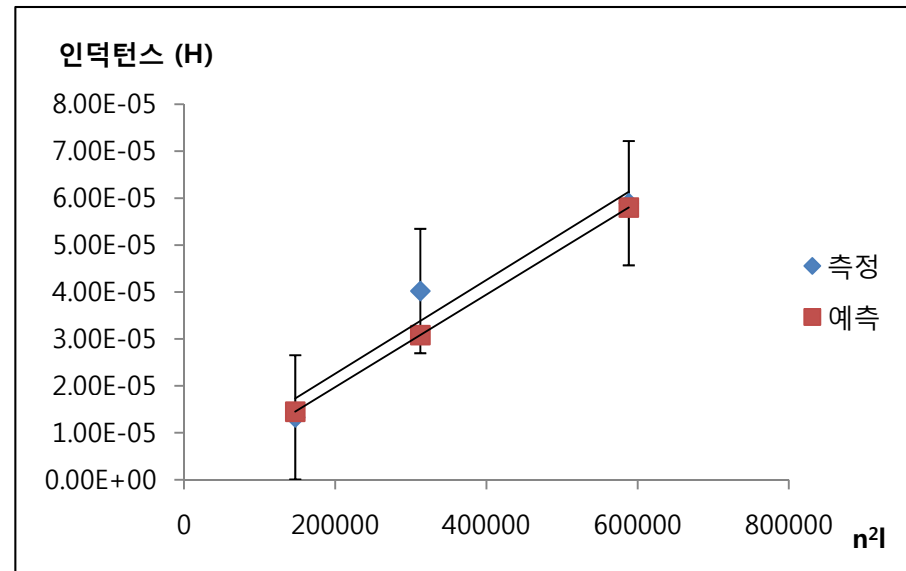
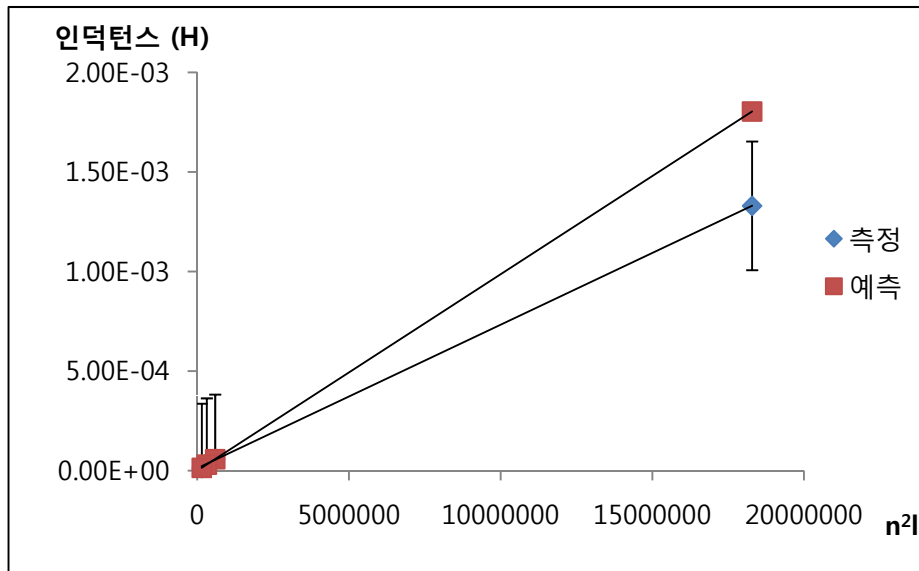
	공진주파수 (Hz)	전류 (A)	예측 인덕턴스 (H)	측정 인덕턴스 (H)
코일 1	19000	7.76E-03	5.80E-05	5.89E-05
코일 2	23000	7.77E-03	3.08E-05	4.02E-05
코일 3	40000	6.91E-03	1.45E-05	1.33E-05
코일 4	4000	7.90E-03	1.80E-03	1.33E-03

① $L = \mu_0 n^2 l A$

(예측 인덕턴스의 크기)

② $L = \frac{1}{f^2 C}$

(측정 인덕턴스의 크기)

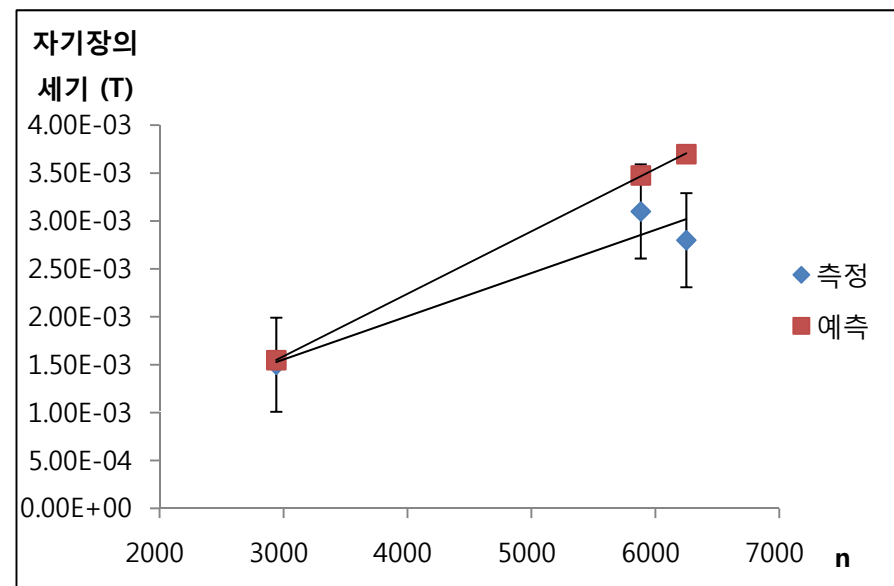
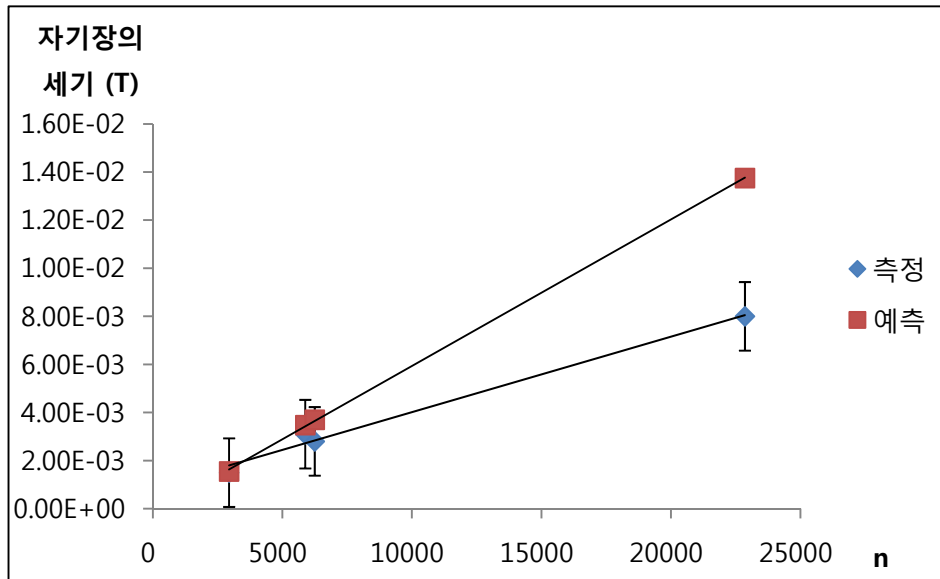


• 2번 실험 (자기장 측정 실험)

	예측 자기장 (T)	측정 자기장 (T)
코일 1	3.48E-03	3.10E-03
코일 2	3.70E-03	2.80E-03
코일3	1.55E-03	1.50E-03
코일4	1.38E-02	8.00E-03

$$B = \mu_0 nI$$

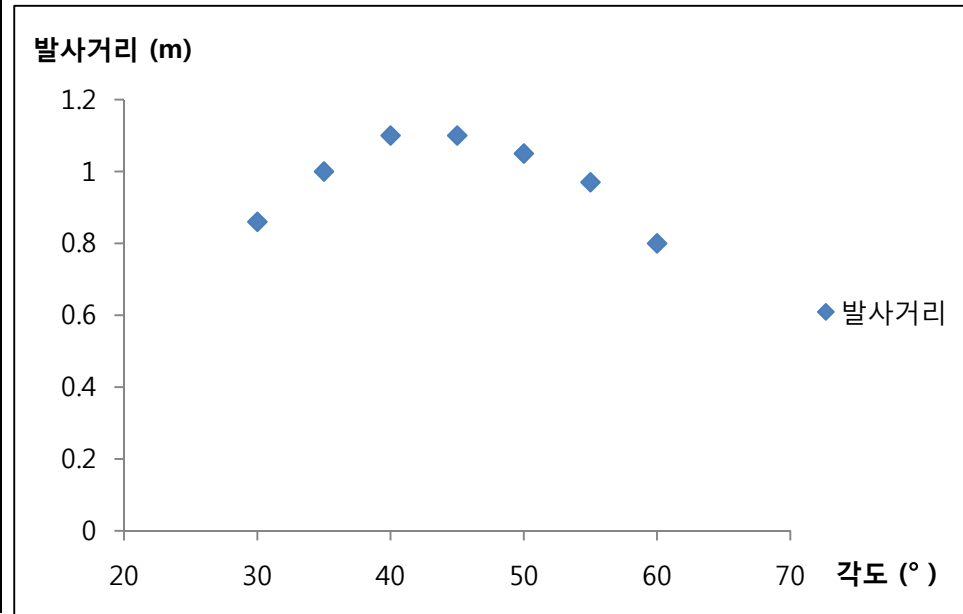
(예측 자기장의 크기)



• 3번 실험 (각도 별 발사거리 측정 실험)

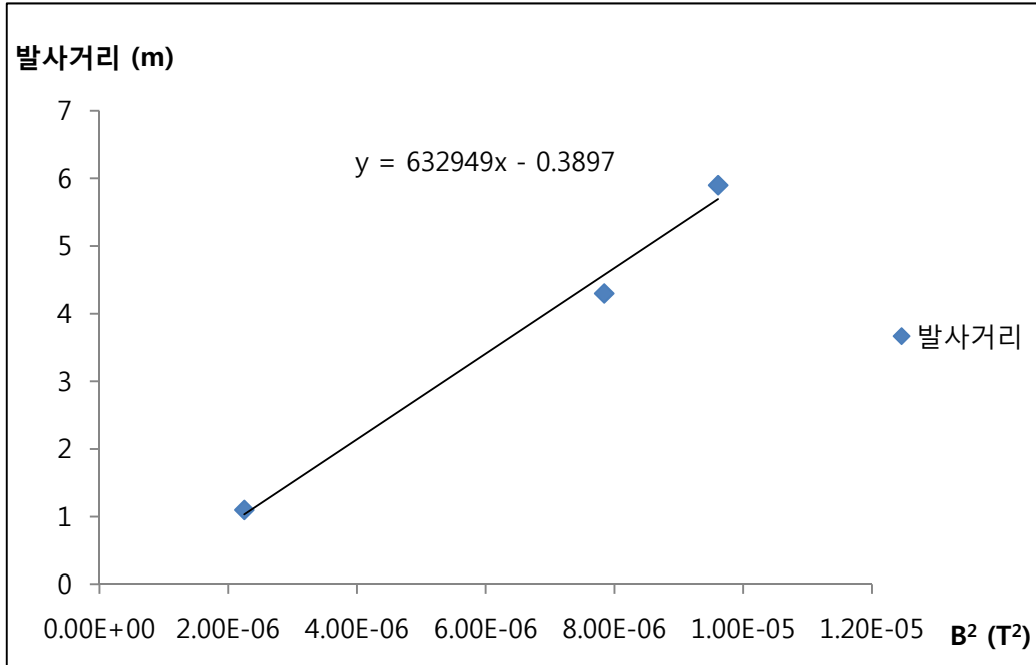
각도 별 발사거리 측정실험은 거리를 측정하기 적절한 3번 코일을 사용 했으며 총 전전압은 약 300V 이다.

각도 (°)	발사거리 (m)
30	0.86
35	1
40	1.1
45	1.1
50	1.05
55	0.97
60	0.8



$$d = \frac{2v^2 \sin 2\theta}{g} \Rightarrow d \propto \sin 2\theta$$

• 위치에너지와 발사 거리의 관계



계(솔레노이드와 그 주변)에 저장된 자기 에너지의 감소량과 추의 운동에너지가 비례에 있을 것이다.

$$E_k \propto U_b \propto B^2$$

또한 발사거리는 로에 비례함으로 운동에너지와 비례한다. 따라서 다음이 성립할 것이다.

$$d \propto B^2$$

참고문헌

- R. Wolfson, Essential University Physics, ADDISON-WESLEY, 2006, page 436~483
- 위키피디아 백과사전, <http://ko.wikipedia.org/> (10-11-11)
- 네이버 백과사전, <http://100.naver.com/> (10-11-11)
- Coilgun theory and design, <http://www.coilgun.info/theory/home.htm> (10-12-07)
- Coilgun systems, <http://www.coilgun.eclipse.co.uk/> (10-12-07)