

500 MeV \rightarrow 1.5 \rightarrow 4.5 \rightarrow 13.6 GeV : 크기가 점점 커진다.
 u, d c b t
 양전자의 바다라고 추정하면
 움직이고 부딪힌다. 부딪치며 새로운
 입자가 탄생하기도 한다.

* 크기는 당시에 중요.

입자로 표현 - 페르미온, 보손 분류에 업다.

이 그림을 이해하면 입자 물리학의

1944년 "11월의 혁명"을 알 수 있다.

<전 세계 신문 1면 장식, 그 이후 고전 물리 노벨상 수상>

1세대 - quark (up-quark, down-quark)

electron, neutrino

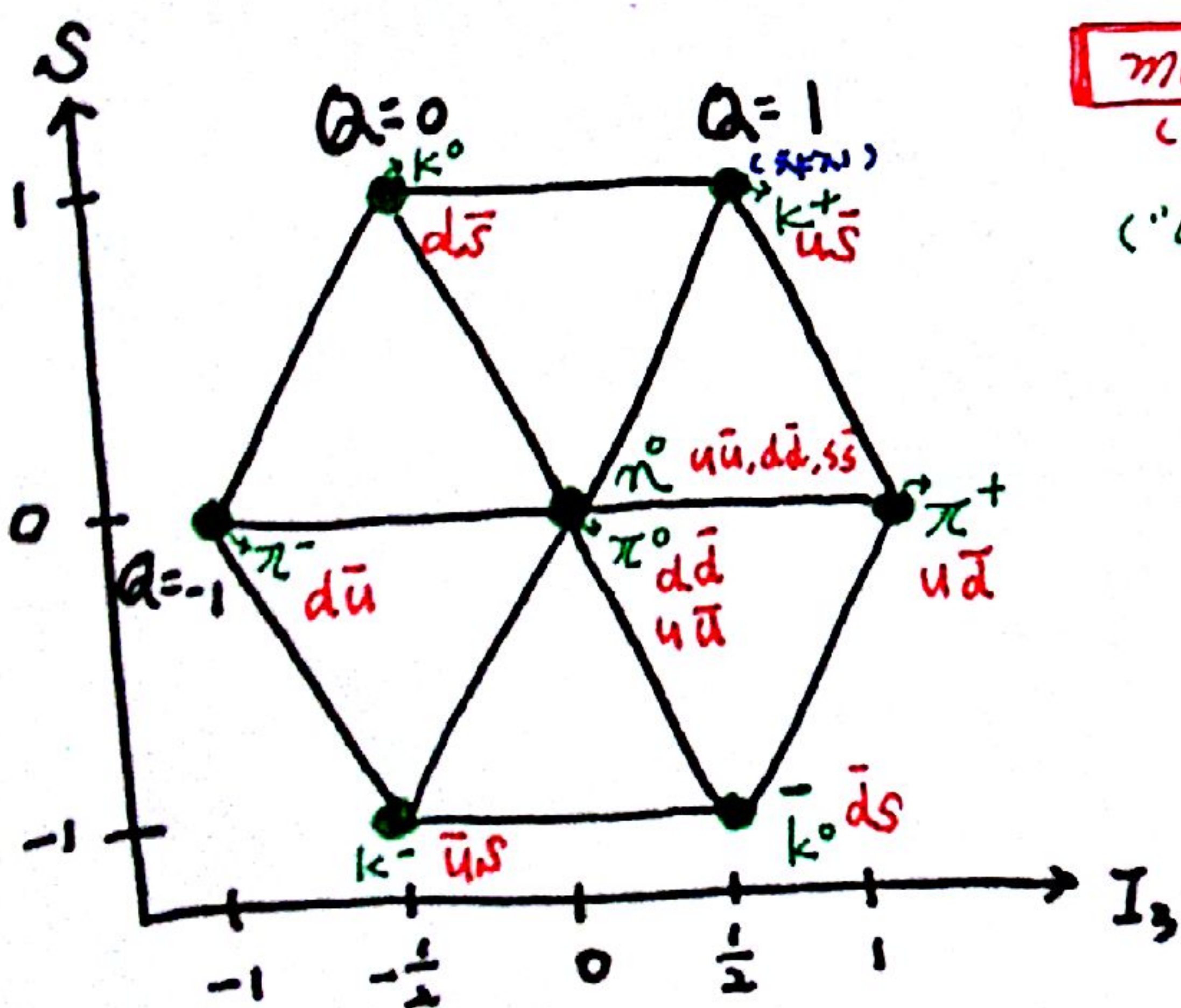
2세대 - 뮤온 (μ), Strange quark (s)

중성미자 발견 당시이다.

3세대 - b, t (top quark), Z, ν_e, ν_μ, ν_τ

Higgs는 boson에 속한다. 그러나 모든 fermion에게서
 나타낸다.

	fermion				boson	
quark	$\frac{2}{3}$	u	c^0	t^+	γ (photon) 광자	
	$-\frac{1}{3}$	d	s	b^0	W^+, W^-, Z^0 80 GeV \rightarrow g 91 GeV	
lepton	-1	e	μ	τ (타우)		
	0	ν_e	ν_μ	ν_τ		
	Higgs					

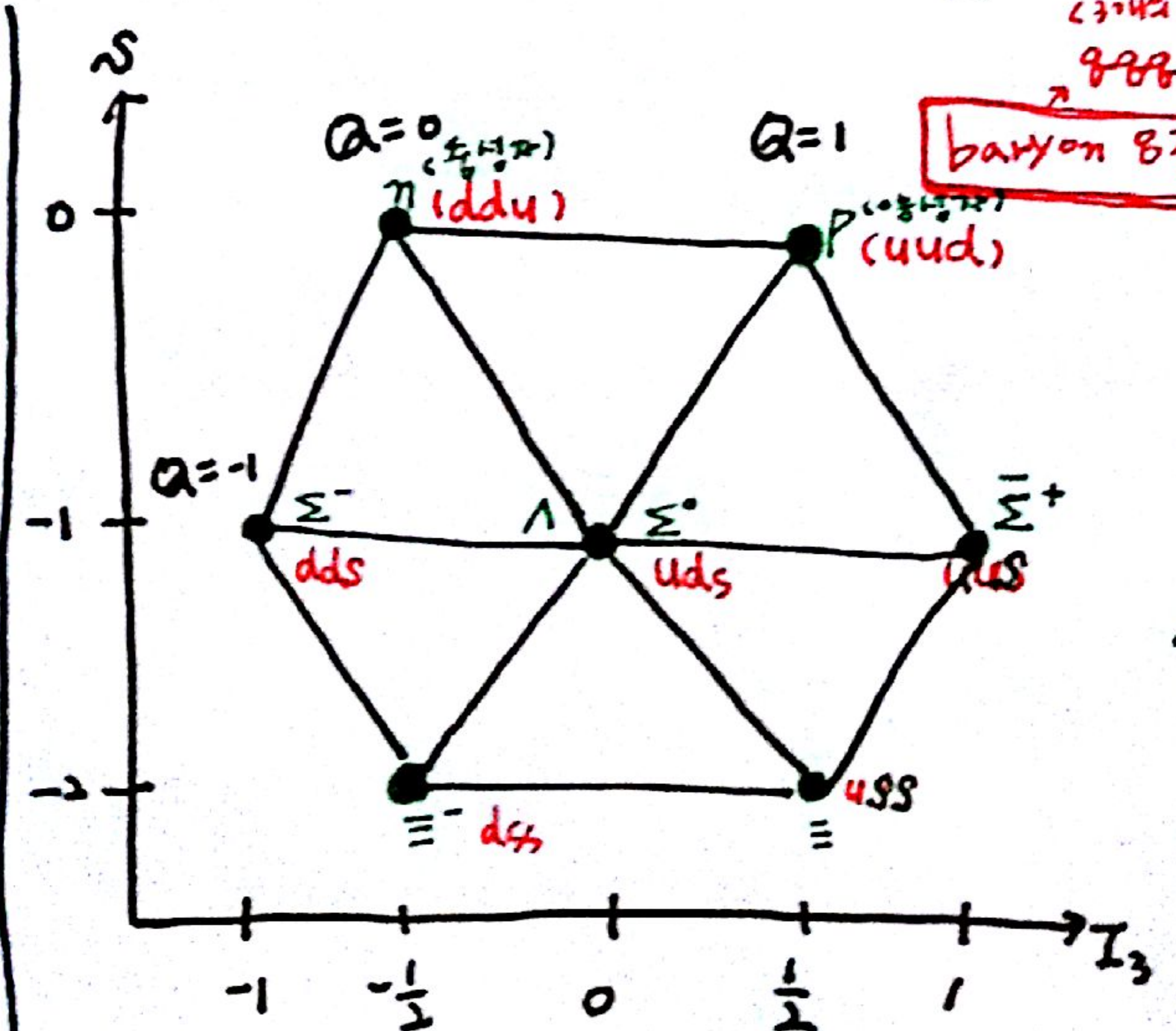


- 기묘도 -

입자의 수명 10^{-23} 이었다. 그러나 새로 발견된
 Strange quark (s)는 10^{-10} 이었다. 무려
 10^{13} 배 더 존재하는 존재가 등장한다. 이런
 이유로 기묘하다 하여 "기묘도" 라고 하였다.
 중간자는 k 입자
 quark 으로 meson 과 hadron 을 설명

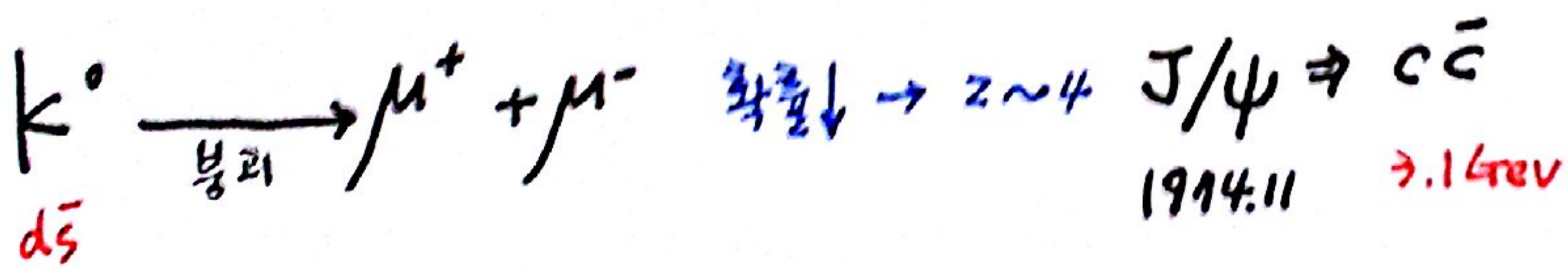
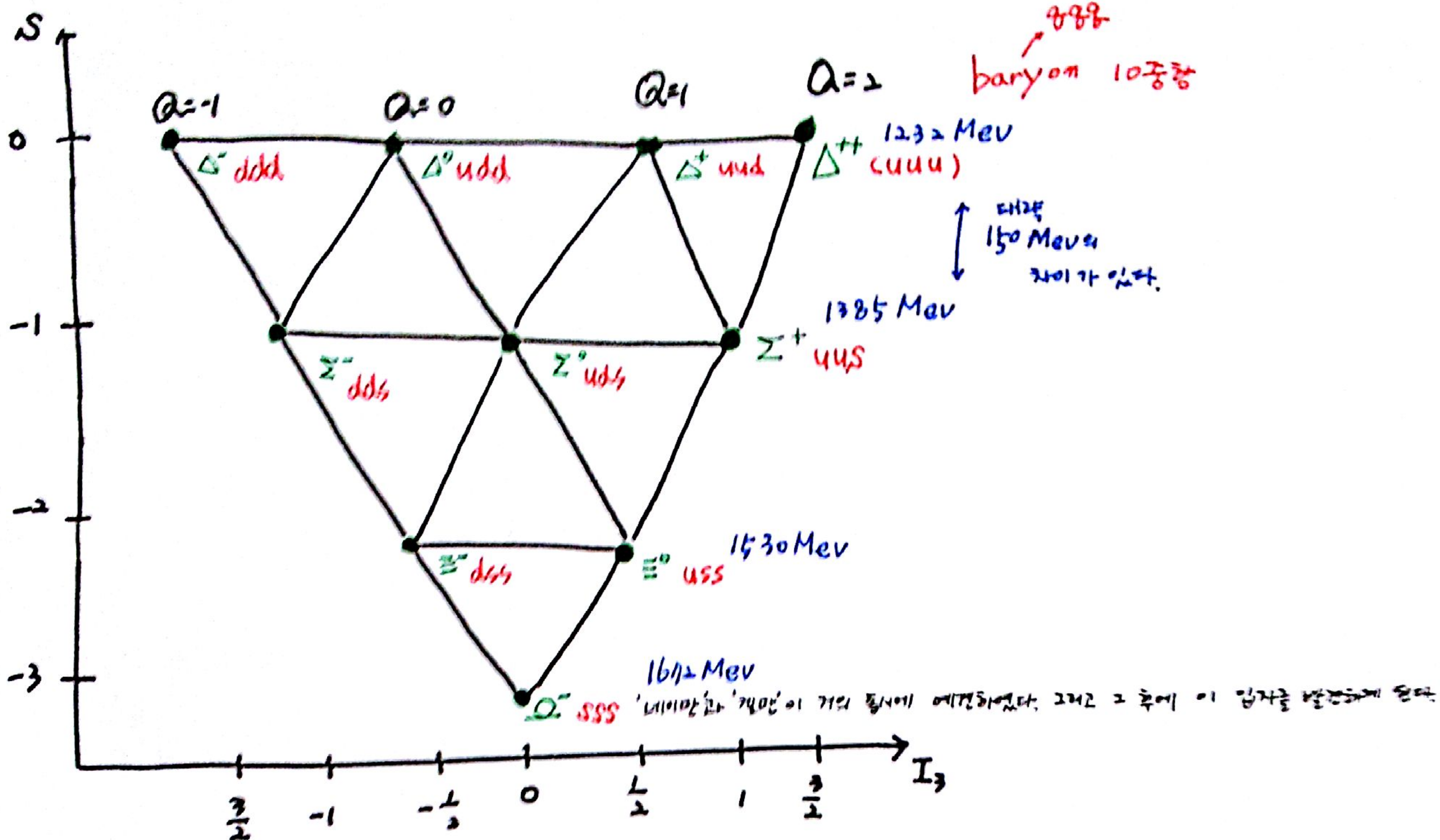
네이만의 책 "필요"

중성미자
 $I = \frac{n-1}{2} \rightarrow \begin{cases} \eta, \Lambda \rightarrow \eta=1 \rightarrow I=0 \\ (p, n) \rightarrow \eta=2 \rightarrow I=\frac{1}{2} \\ \Sigma^+, \Sigma^0, \Sigma^- \rightarrow \eta=3 \rightarrow I=1 \end{cases}$
 중성미자와 양성자를 같은
 입자로 본다. 물론 차이는 있다.
 그러나 우리가 다루는 크기에
 비해 차이나 크지 않기 때문에
 같다고 본다. $I = \frac{n-1}{2}$



네이만

$SM(3) = 1, 8, 10$ 평행 만을 갖는다.



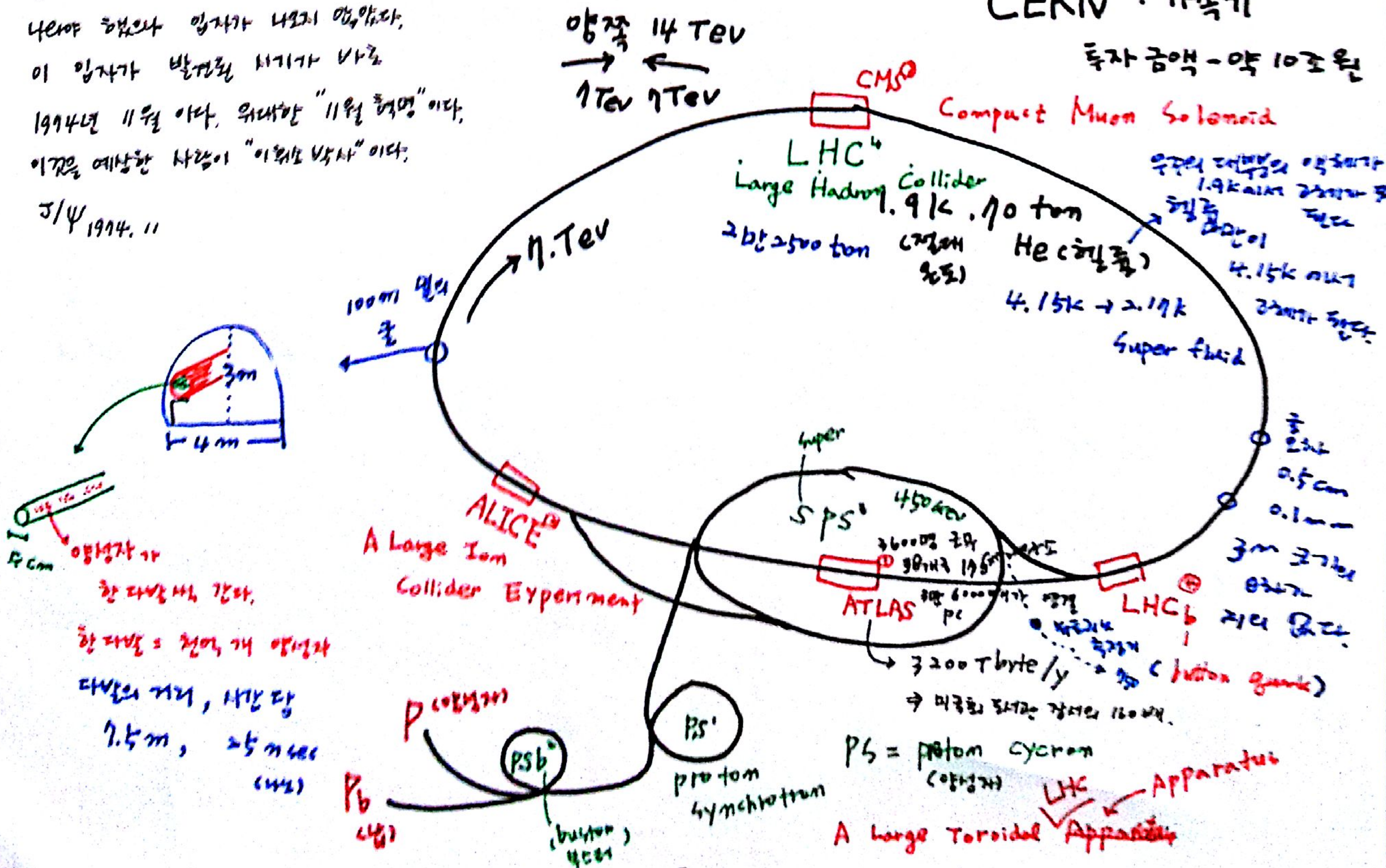
봉리가 되는 현상을 통해 $M^+ + M^-$ 가
나온다 했으나 입자가 나오지 않았다.
이 입자가 발견된 시기가 바로
1994년 11월이다. 위대한 "11월 혁명"이다.
이것을 예상한 사람이 "이회호 박사"이다.

3/ψ 1974. 11

유럽핵연구기구
(the European organization
for Nuclear Research)

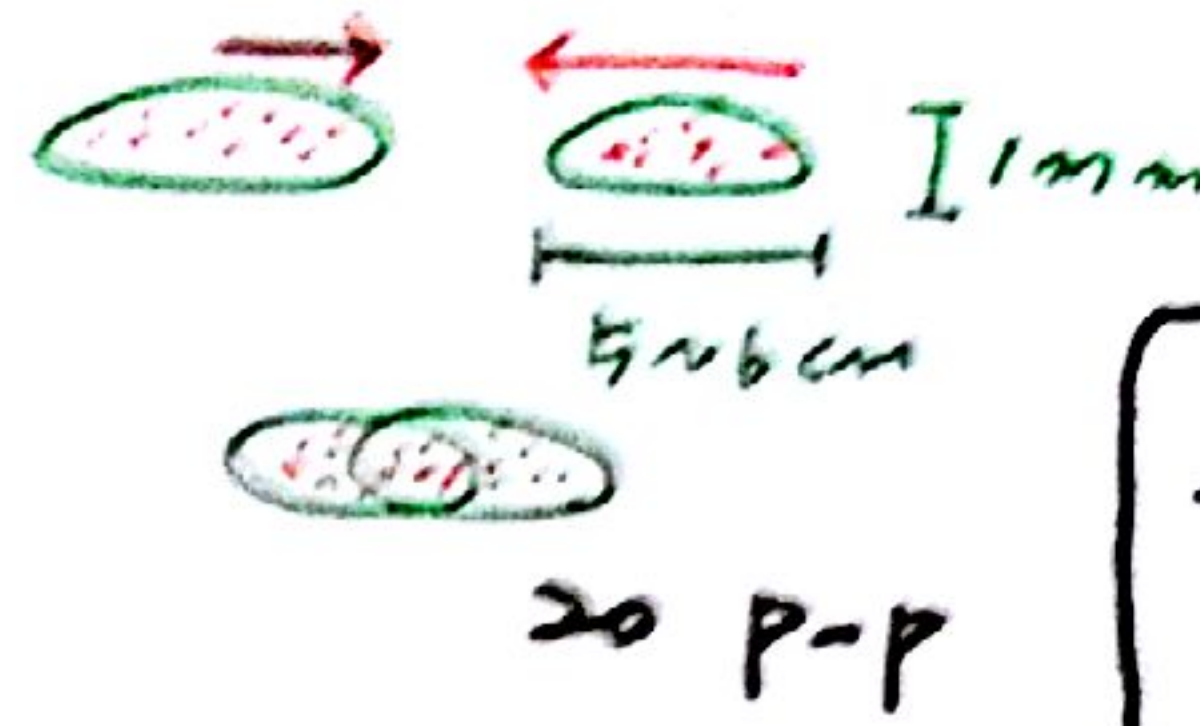
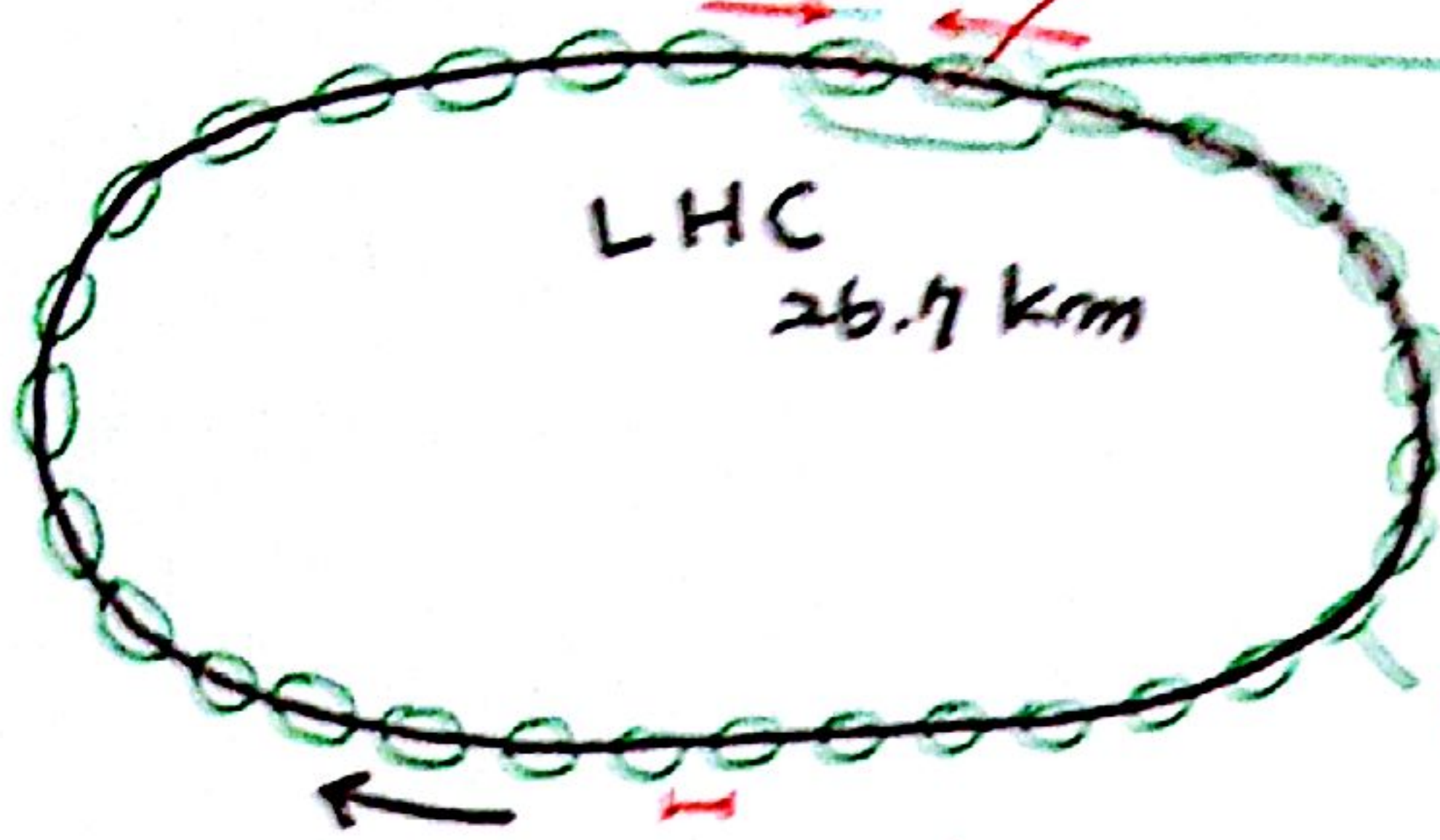
CERN : 가속기

투자 금액 - 약 10조 원



CERN 에 절반 이상의 입자 물리학자가 일하고 있다.

TV 브라운관이 정해진 양자 가속에 이다.



$20 \times 10^4 \times 3000 = 603/400$
초당 603개의 충돌

99.999999 c

속도가 거의 광속이다.

7m, 25 nsec

bundle 수

2808 bunch (대략 3000 개)

1000 bunch x 2808 bunch = $\frac{1}{2003}$ s

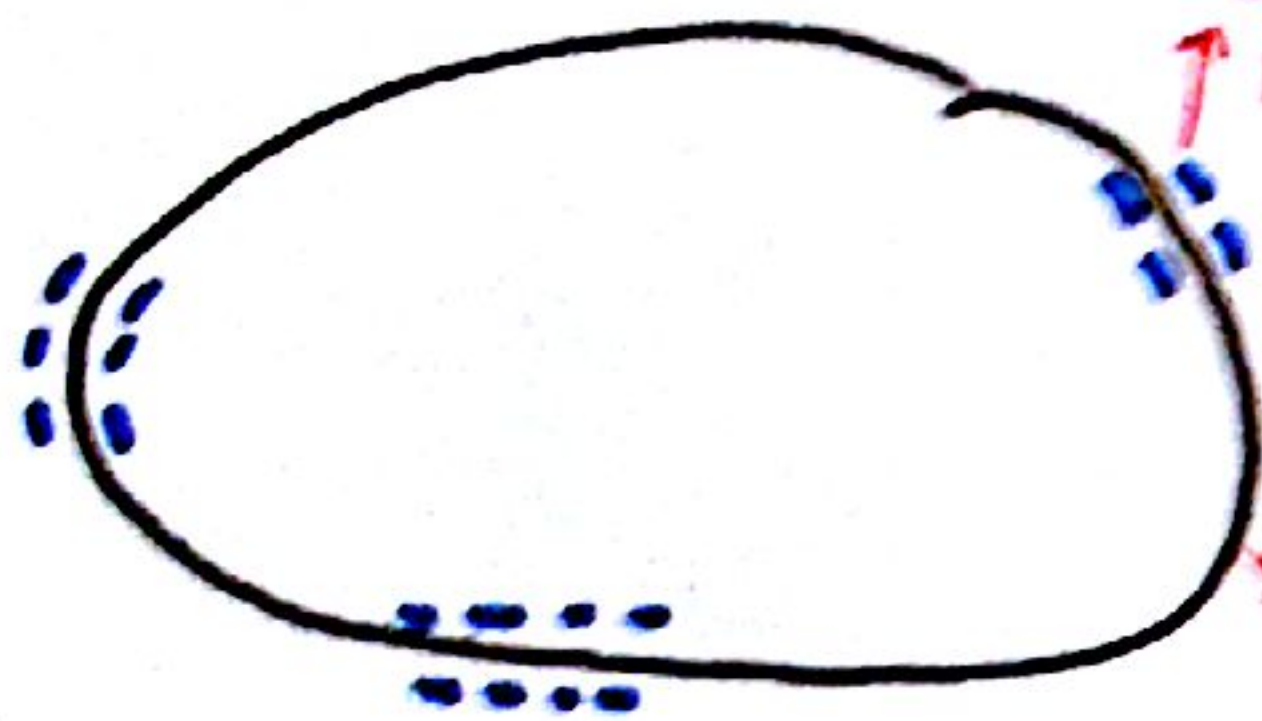
$H \approx \frac{1}{2003}$ s 이다.

CERN 4 ATLAS 의

Data 량이

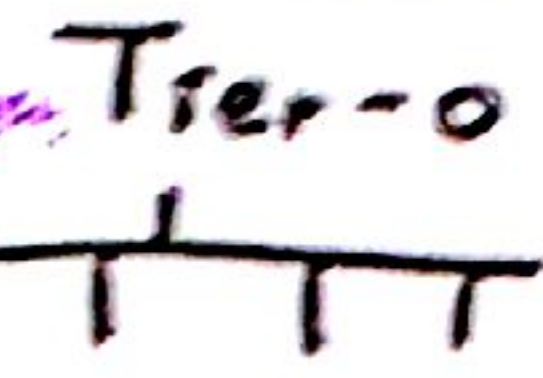
3200 Tbyte/y 이다.

그래서 필요한 정보만 골라내어야 한다.



이 데이터 전송은 KTR를 통해 이루어진다.

10 Gbps



Cern grid Center

Tier-1 (7개국)

Tier-2 (22개국)

Tier-3 개별 연구자

양질의 '빔'을 10시간 쓸 수 있다.
초당 10,000 번 지나가는
충진공 (10^{-13} 기압)
초저온 (1.9K)
초전도
초고속충진
양질의 빔이다.

CERN 역사.

SC → PC → ISR → SPS → LEP → LHC

비전
트론
사이클
트론

매그네트 → PS → SPS → LEP

34년에
17개에
빔

1970년대 W⁺, W⁻, Z⁰를 발견

1980년대 쿼크와 글루온의 존재를 확인

7km

e⁻e⁺

26.7km

P-P

2005 - 현재

W⁺, W⁻

Z⁰를 발견 (양자 가속에 발견 중 가장 위대한 발견)

SPS

ISR ⇒ Interseting Strange

Ring → Tevatron

SPS 7km

Standard model의
정비 검증

SPS

P → [양자
비행법
전자비행법]

UA1 → 쿼크
UA2

전 입자가 동등할 수 있는 상태에 대해
알아야 한다. 해야 할 수 있는 상태를 공부
해야 한다.

전자 → 100 GeV → 실험 가속기 → 정밀한 측정에 유리

양성자 → Synchrotron → 여러의 고에너지 입자 발견에 유리

ISR \rightarrow Interesting Strange ring

W^+, W^-, Z^0 를 발견하자 했다.

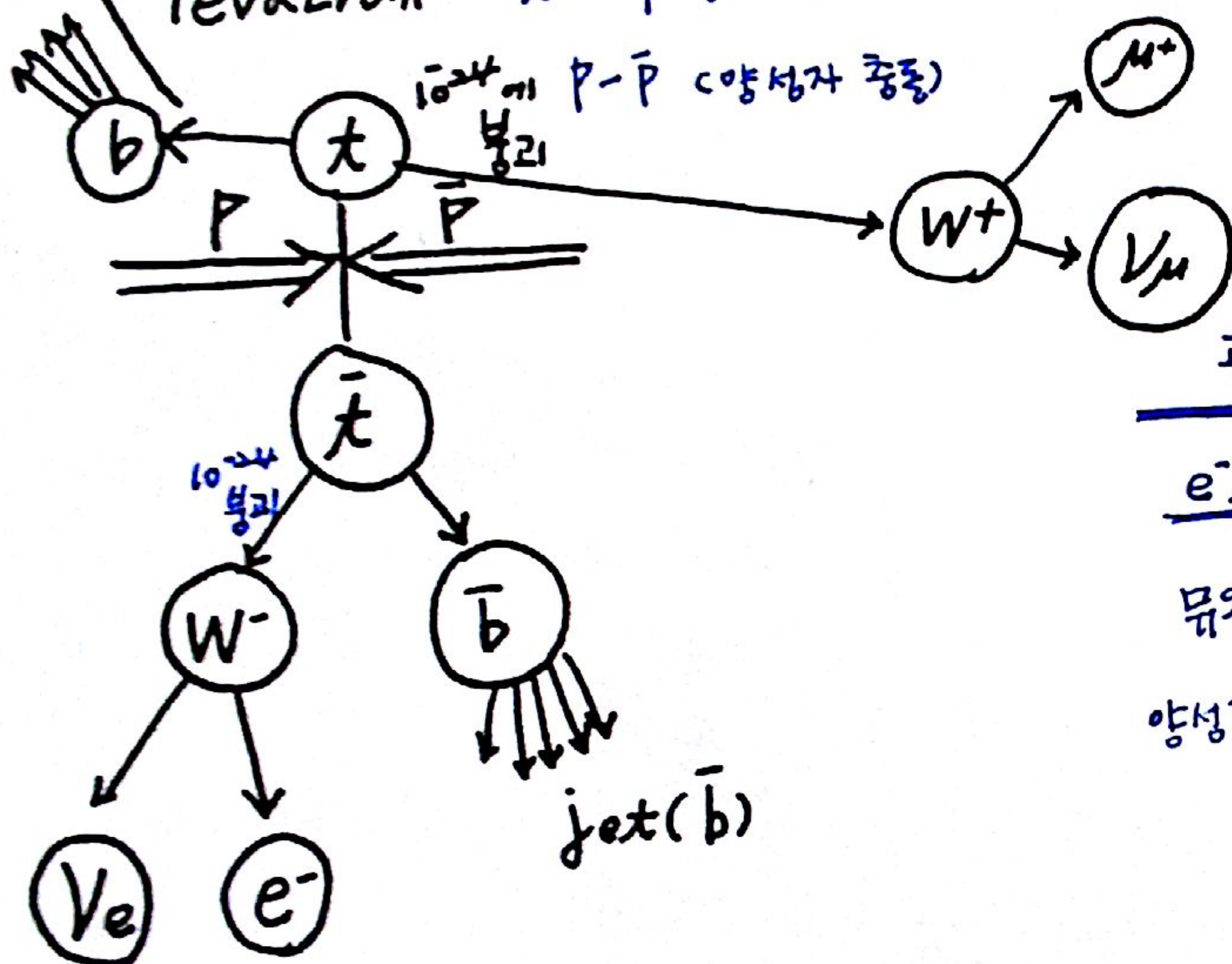
1981년

$W=40$ $Z=4$

클라인 Cyclotron \rightarrow 12km
1970

브룩헤이븐 \rightarrow 코네티컷 \rightarrow ATLAS
N.L

Tevatron \rightarrow t (top quark) 발견



Tevatron 2km

4p4 7km

$SP\bar{P}S \rightarrow \bar{P}$ (확률 냉각법 (van der Meer)
전자 냉각법)

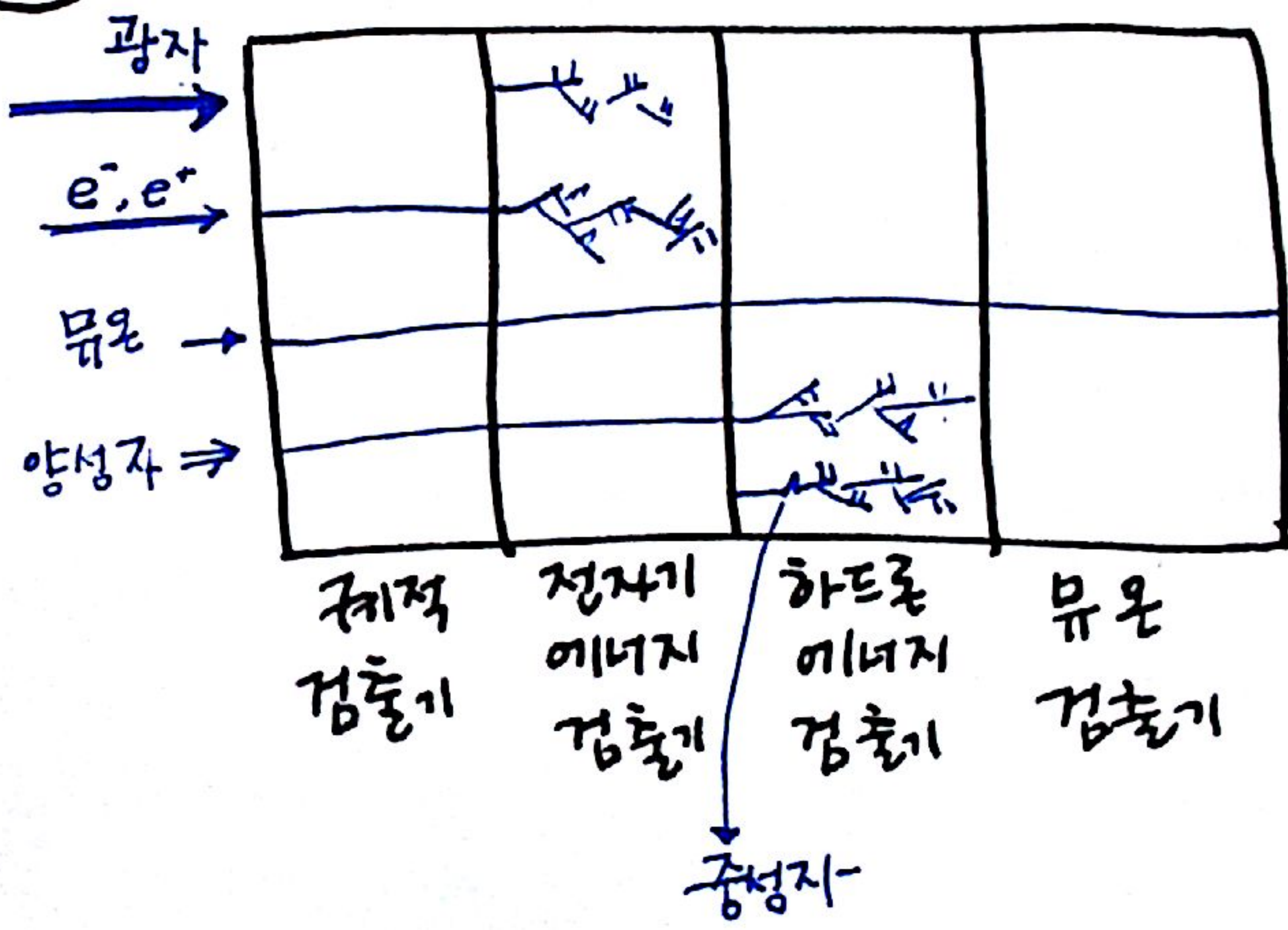
UAI \rightarrow 중비아
UA2

ISABELLE

1983. 20억\$

SSC 80km
1983 20억\$

Stop 된단다.



$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$$

$$mc^2 = \sqrt{E^2 - (pc)^2}$$

10⁻²³ s + c W. Z
10⁻¹⁰ \rightarrow 7 (백만) 배

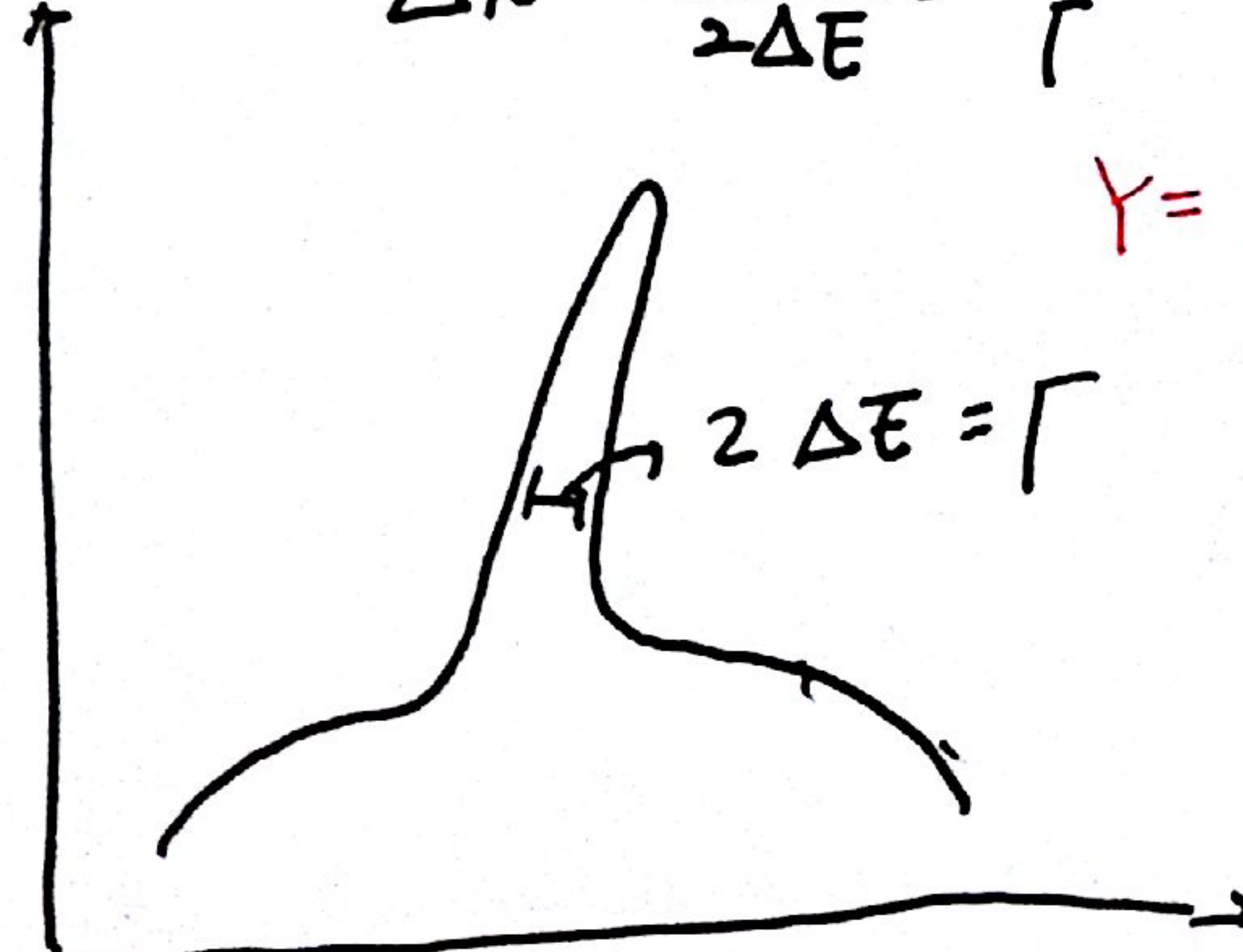
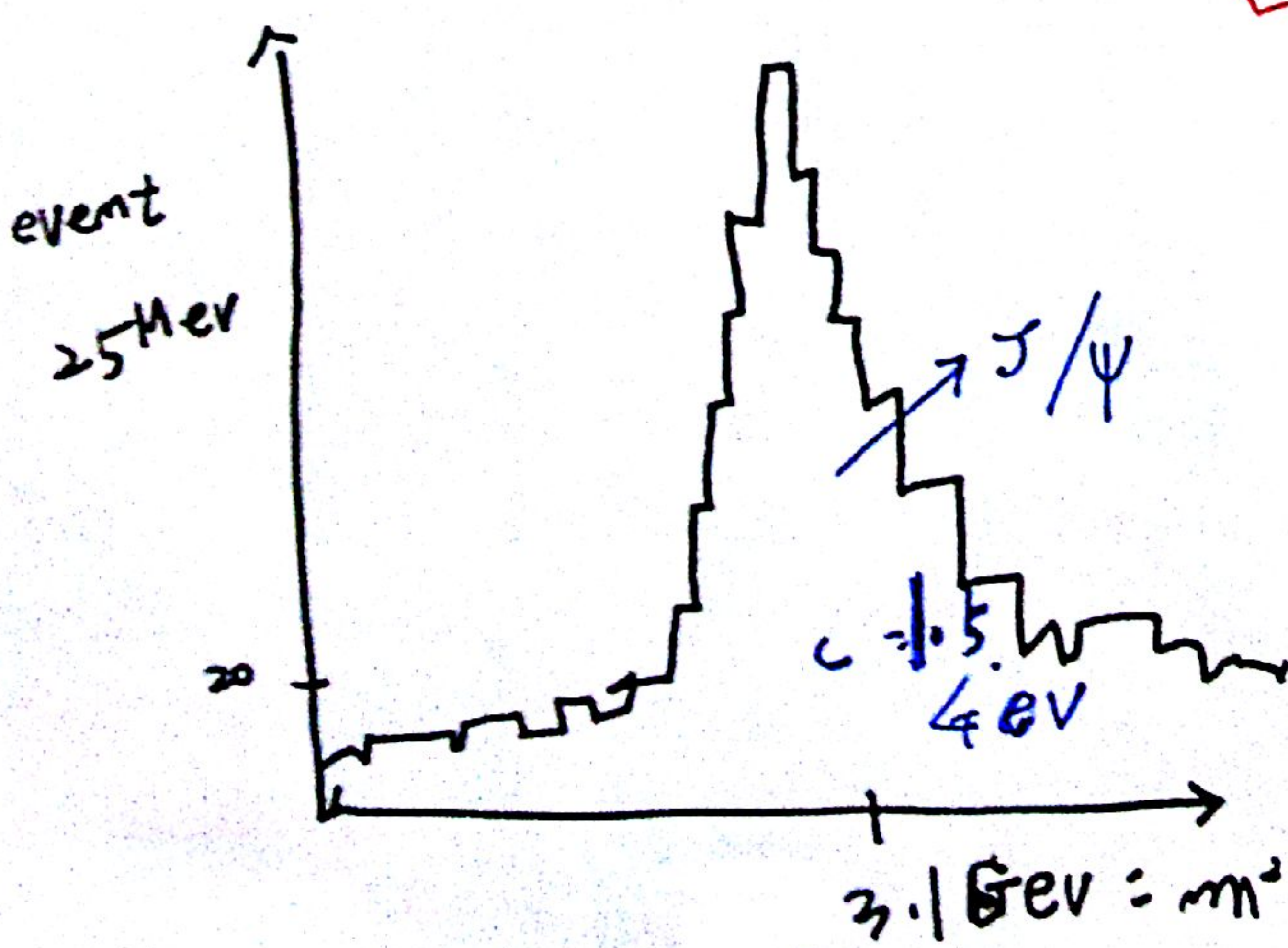
$$\Delta p \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}$$

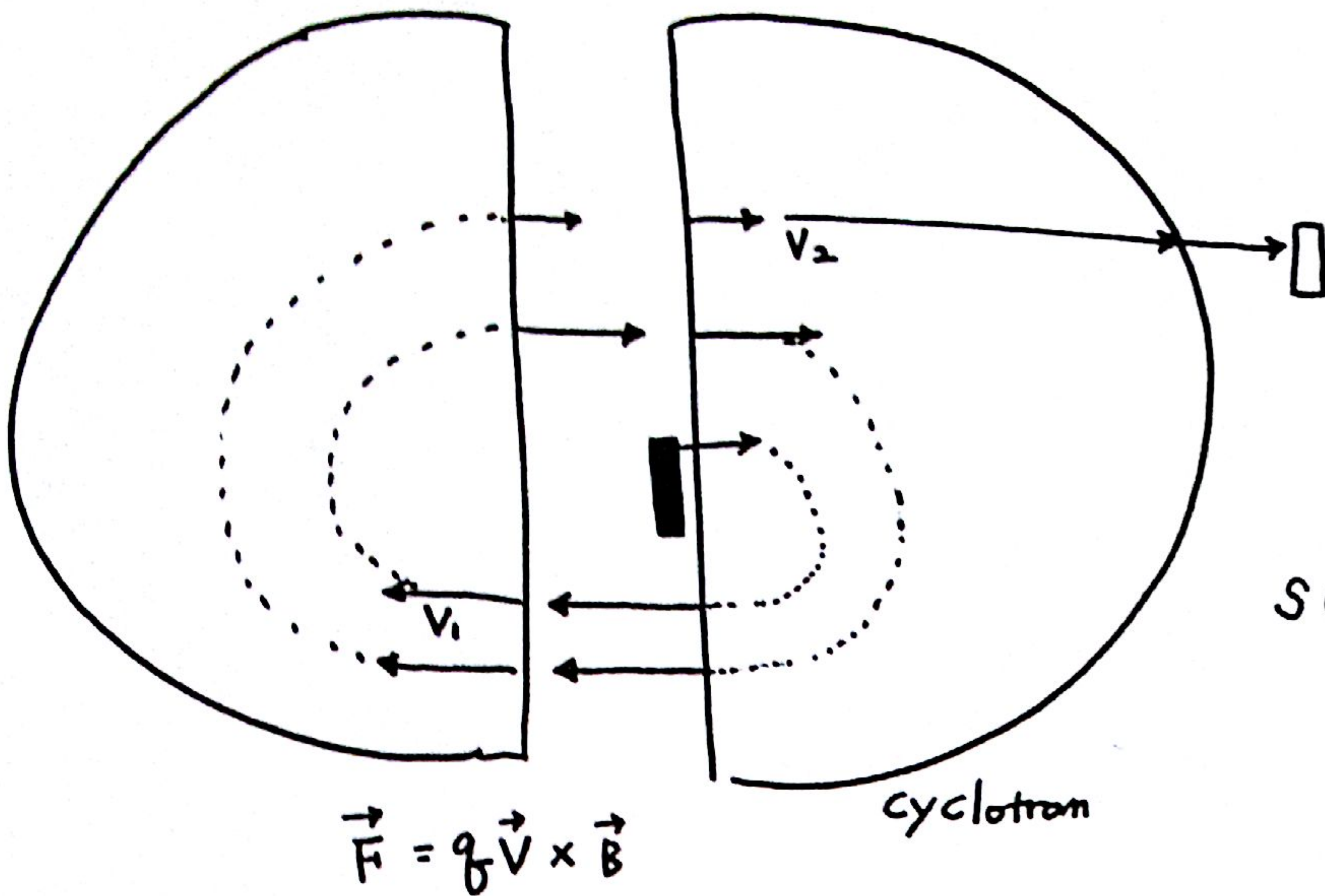
$$\Delta E \Delta t = \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta t = \frac{\hbar}{2\Delta E} = \frac{\hbar}{\Gamma}$$

5.68 $\times 10^{-16}$ ev. sec

$\Upsilon = b\bar{b}$



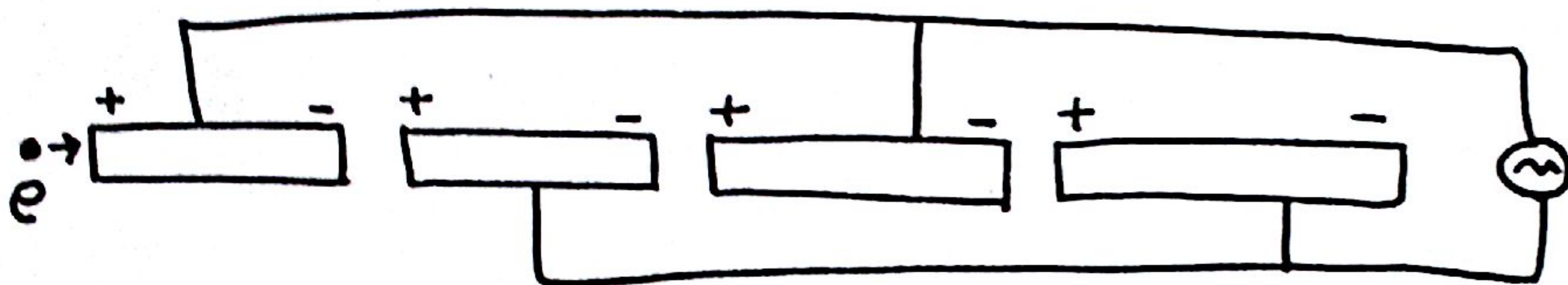
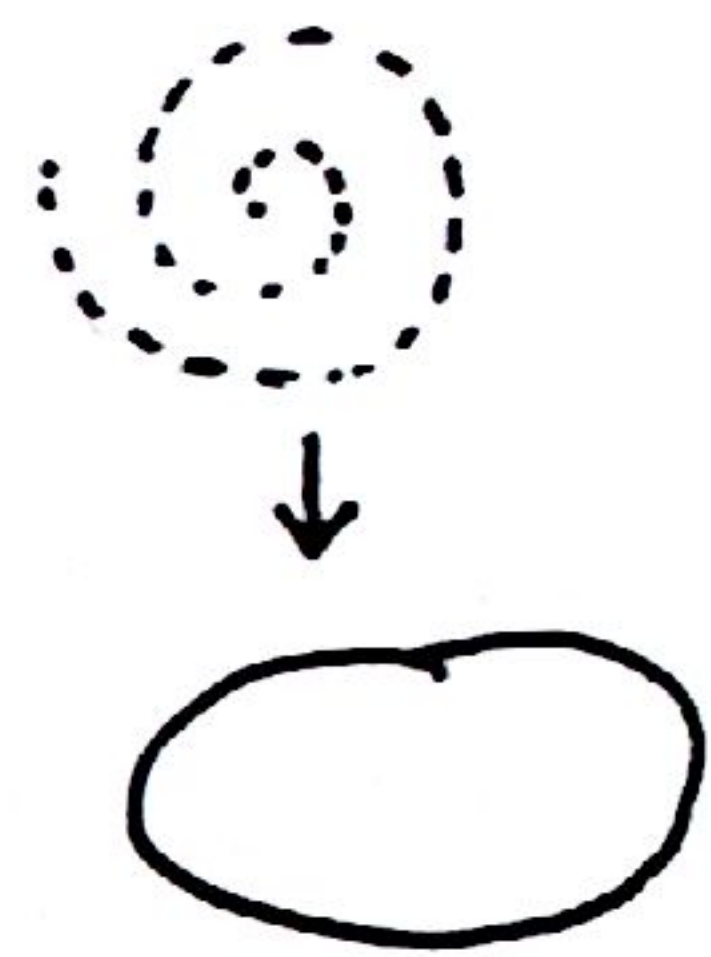


$$qvB = m \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \frac{qBr}{m}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\frac{qBr}{m}} = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \rightarrow m \uparrow \rightarrow \text{주파수} \uparrow$$

SC \Rightarrow synchrocyclotron \Rightarrow 주파수 \uparrow



LHC 채널 있어 써요.
현대 물리학의 최정선 - 이강영,

소립자를 찾아서
- 레이만.

주파수 주파수 \Rightarrow synchrotron
자장 세기

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} \partial^\mu \phi \partial_\mu \phi - \frac{1}{2} m^2 \phi^2$$

$$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ h+v \end{pmatrix}$$

하드입자 진공 기대값

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} (D^\mu \phi)^\dagger D_\mu \phi - V(\phi^\dagger \phi)$$

$$-\frac{\lambda}{4} [(h+v)^2 - \frac{1}{2} v^2]^2$$

$$= \frac{1}{2} \partial^\mu h \partial_\mu h + \frac{1}{8} (g_1^2 + g_2^2) (h+v)^2 + \frac{1}{4} g_2^2 Z^\mu Z_\mu (h+v)^2 - \frac{1}{4} (h^4 + 4h^3 v + 6h^2 v^2 + 4h v^3 + v^4)$$

ϕ 대신 h 가 들어 있음

$$\Rightarrow -\frac{\lambda}{4} \cdot 4h^2 v^2 = -\lambda v^2 h^2 \Rightarrow \frac{1}{2} m^2 \phi^2 = \lambda v^2 h^2$$

$$m^2 = 2\lambda v^2 \quad m_h = \sqrt{2\lambda} v$$

$W_\mu^\pm, W_\mu^0, W_\mu^3$
 $\rightarrow W^\pm, Z^0$

광자

$$g_1 B_\mu = -g_2 Z_\mu W_\mu + e A_\mu$$

$$g_2 W_\mu^3 = g_2 Z_\mu W_\mu + e A_\mu$$

라그랑지언 밀도 공간에서 시작이다.

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \phi} - \frac{d}{dt} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}} = 0$$

$$\Rightarrow p$$

$$g p - \mathcal{L} \equiv H$$