

F05030T02

DEPARTMENT OF PHYSICS  
OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE .....

NO. 1

宇宙線に関する理論の現状  
(物紀理化 27, Nov. 26, 1936)

地球の外側から 電磁波の線... ionizing ray が降り注いでいる。  
1912-1914 の間、Goebel, Hess, 1913-1914 Kolhörster が  
1000 米から 9000 米の高さまで上昇して、ionization の測定を  
して、min. 4000 m の steady な値を示した。Goebel は  
Goebel が初めて 電磁波の線が地球の表面から降り注いでいる  
Hess (1912) である。1912 mass absorption coef.

$$\mu = 5 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ gr}^{-1}$$

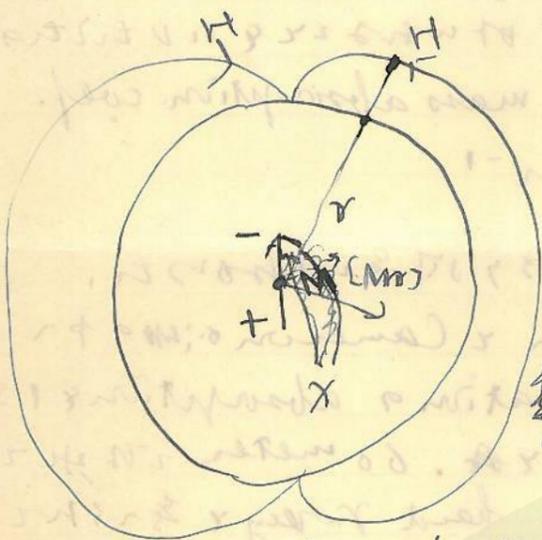
これは、この値は 10<sup>10</sup> m の距離で測定された。  
1925-1926 に Millikan と Cameron が、この中へ  
ionization chamber を使った、radiation の absorption 係数  
を測定して、この値は hard rays である。60 meter 以上では  
10<sup>-5</sup> cm<sup>-1</sup> の値を示した。これは hard rays を示している。

1927-1928 の間、Clay は Geneva → Java の間の飛行中に  
この cosmic ray の intensity 変化を測定して、この intensity  
が緯度によって変化する。これは Compton, Millikan  
の赤道横断 expeditions による測定結果と一致する。  
intensity は geomagnetic latitude の function として  
示された。

これは 1928 に Bothe-Kolhörster が coincidence 測定で、この  
Geiger-Müller Counter の coincidence の測定結果から、この  
放射線が absorber を通ると、この absorption coef. が  $3 \cdot 10^{-3}$   
 $\text{gr}^{-1}$  の cosmic ray であることがわかった。これは charged

DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE  
 NO.



magnetic field  
 $H = \text{grad} \frac{Mr}{r^3}$       mass  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$   
 charge  $e$

$$m \frac{dv}{dt} = \frac{e}{c} [v \cdot H]$$

$$= \frac{e}{c} [v \cdot \frac{Mr}{r^3}] \text{grad} \frac{Mr}{r^3}$$

$$\frac{[v \cdot [M r]]}{v |M r|} = \frac{M [r \cdot v]}{M v r \cos X}$$

$$|[M r]| = M r \sin X \cos X$$

$$\frac{d m (r \cdot v)}{dt} = \frac{e}{m c} [r \cdot [v \cdot \frac{M r}{r^3}]]$$

$$v = \frac{e}{m c} \{ v (r \cdot H) - H (r \cdot v) \}$$

$$m \frac{dv}{ds} = \frac{e}{c} [v \cdot H]$$

$$(v \cdot \text{grad}) v = \frac{e}{m c} [v \cdot H] = \frac{e}{m c} [v \cdot \text{grad}] \frac{M r}{r^3}$$

$$(v \cdot \text{grad}) [r \cdot v] = \frac{e}{m c} [r \cdot (v \cdot \text{grad}) H] = \frac{e}{m c} \{ v (r \cdot H) - H (r \cdot v) \}$$

DEPARTMENT OF PHYSICS  
OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE \_\_\_\_\_  
NO. 2

particle or primary particle (宇宙線) の検出。  
このことは Rossi の triple coincidence の実験。 Auger &  
Street の cloud chamber track による。これは  
primary particle は 1000 以上 penetrating or ionizing particle  
である。

この ionizing ray には proton, electron or positron  
がある。 positron は Anderson による (1932) cosmic  
ray によるものである。

primary particle による secondary particle の magnetic field  
による effect がある。これは Clay の latitude effect である。

i) Latitude, Altitude, Direction effect.

Stormer, Lemaitre and Vallarta, Fermi and Rossi による  
地球の magnetic dipole による、これは high speed particle  
による effect である。

この effect には magnetic latitude の effect がある。これは  
high energy 粒子 (proton or electron or positron) による  
方向による effect である。これは energy による particle は  
direction による effect である。これは energy の effect による  
cone の direction による effect である。これは Larmor の effect  
による energy の particle の magnetic latitude による intensity  
の cone の solid angle による effect である。これは Larmor の effect  
による effect である。

これは intensity による effect である。これは cone の axis の charge  
の正負による west, east による effect である。これは north-south  
asymmetry による effect である。

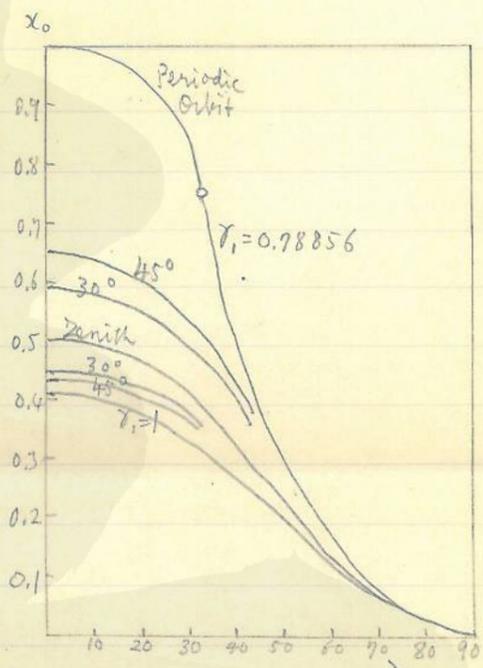




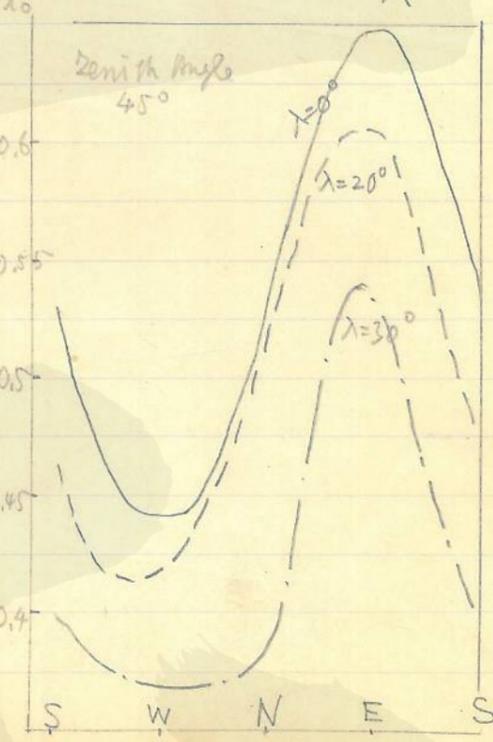
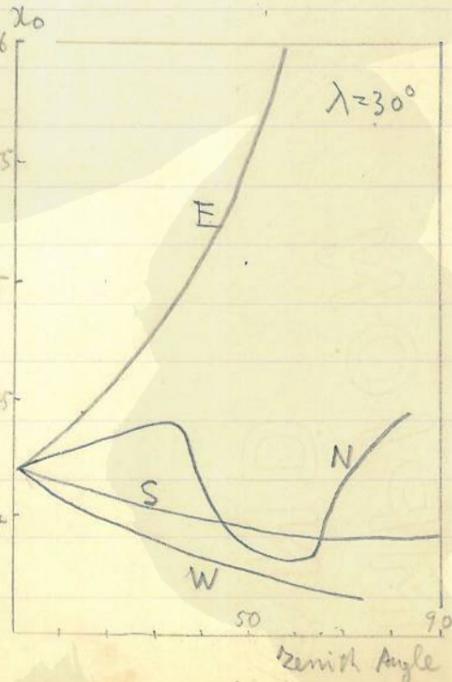
DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE \_\_\_\_\_  
 NO. 4

この(1) equator 迄の距離は  $2.10^{10}$  eV 相当  
 の energy 相当。  
 (= 地球の proton 12 個に相当する) )  
 - 1 Kolhörster 等による 500 meter (Water)  
 の residual ray 測定, specific  
 ionization は  $3.10^6$  eV per g./cm<sup>2</sup> とあり  
 2.5 10<sup>10</sup> eV energy の  $\lambda = 2.10^{10}$  の  
 粒子は 10<sup>10</sup> 以上の charged particle の  
 存在を暗示する。又 Compton 等の研究  
 1 a large burst あり、これは  $\lambda = 2.10^{10}$  の  
 粒子。 (electron の radiative loss  
 の 2.5 10<sup>10</sup> 相当あり)



この latitude  
 effect or altitude  
 測定は  $\lambda = 30^\circ$   
 の  $\lambda = 45^\circ$  の  $\lambda = 20^\circ$  の  
 $\lambda = 90^\circ$  と  $\lambda = 0^\circ$   
 の測定は 80:1  
 の測定あり。





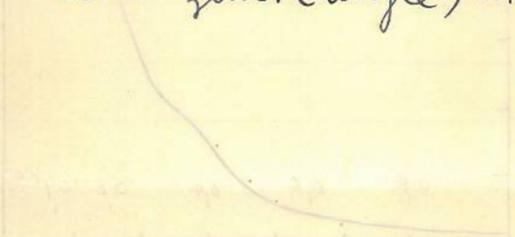
DEPARTMENT OF PHYSICS  
OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE

NO. 2

Handwritten notes at the top of the page, including a small diagram and some text.

↑ 2 Johnson's <sup>day</sup> north-south asymmetry in  $\pi^+$  decay. Johnson is ( $29^\circ N$  at  $45^\circ$  zenith angle) <sup>study</sup>  $\pi^+$  decay.



Main body of handwritten text in Japanese, discussing the results of the experiment and the observed asymmetry in  $\pi^+$  decay. The text includes detailed descriptions of the experimental setup and the data analysis.



DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

$(\log \frac{E_0}{\mu})^2 \approx 4\pi \cdot \log(1832 \cdot 3 \times 10^3)$  DATE  
 NO.

$\log \frac{E_0}{\mu} \approx 40$

この場合  $\mu$  は、この場合 photon の deflected electrons とは、 $\mu$  である。  
 Pb によるこの現象の発生は、 $300 \text{ meV}$  以上から始まる。  
 この場合 electron の半径  $\frac{e^2}{mc^2}$  の半径、 $\mu$  の rel.  
 g. m. の breakdown の半径である。

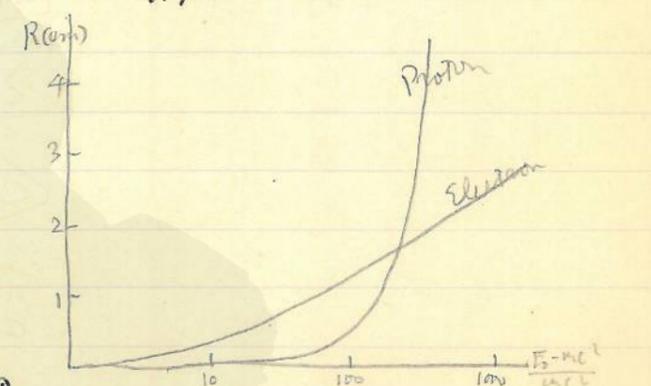
(この electron による pair creation と  $10^6 \text{ eV}$  以上の  $\mu$  の発生は、 $10^6 \text{ eV}$  以上である)

energy	0.1	1	10	100	1000 $\text{meV}$
air $\mu$	4.4	160	$20 \times 10^2$	$17 \times 10^3$	$63 \times 10^3$
H <sub>2</sub> O	$0.47 \times 10^{-2}$	0.19	2.6	19	78
Pb	$9 \times 10^{-4}$	$3.7 \times 10^{-2}$	0.50	1.25	2.5

range $\mu$	10 <sup>6</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>10</sup>
air	1.3	100	$6 \cdot 10^3$	$2.5 \cdot 10^5$	$3.4 \cdot 10^6$
Pb	$3 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-2}$	1.0	40	360

Radiative energy loss の特徴は  
 straggling の特徴は、 $10^6 \text{ eV}$  以上、 $10^8 \text{ eV}$  以上  
 max. range と min. range の間には  
 大きな差がある



Anderson の実験では  $400 \text{ meV}$  の  
 high energy rays は、  
 secondary electron (±) の放射現象  
 である。この primary proton の放射現象は、  
 1000 meV のエネルギーから始まる。

DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

air	2.16	1.44	1.11	0.80
H <sub>2</sub> O	1.86	1.24	0.95	0.69
Pb	<del>0.85</del>	2.5	1.7	0.80
Al	0.85	0.29	0.22	0.16

DATE .....  
 NO. ....

iii) High Energy Photon's Energy Loss

Photon's high energy loss: photoelectric effect, Compton effect & pair production.

Material	Photo.	Compt.	Pair
Pb	$\frac{h\nu}{mc^2} < 1$	$\sim 1-10$	$> 10$
Al	$< 0.1$	$\sim 0.1-30$	$> 30$

absorption coefficient  $\mu$  (cm<sup>-1</sup>)

air:  $\mu$  is small for  $h\nu > 5-10$  MeV  
 in air,  $\mu$  is small,  $\sim 0.25$  cm<sup>-1</sup>

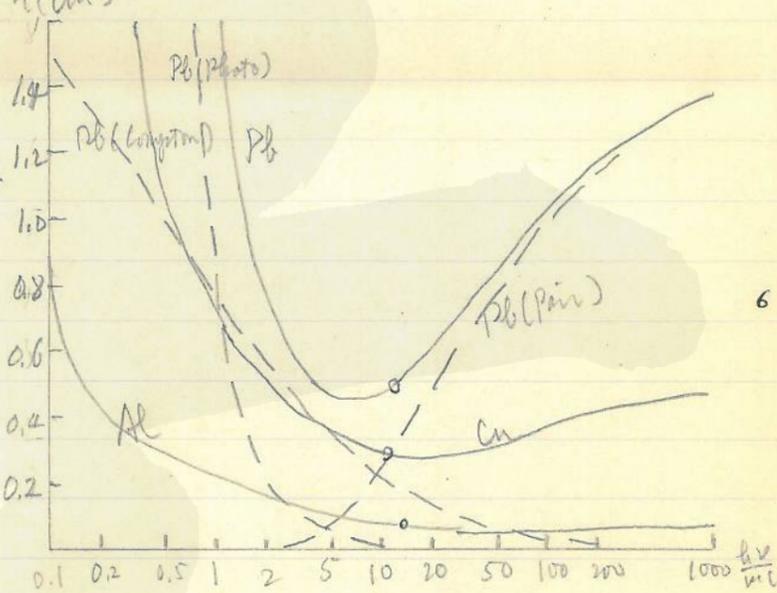
energy of  $\gamma$  rays is high  
 in Al  $\mu$  is large for  $\gamma$  rays

coef.  $\mu$  is small for  $\gamma$  rays, nuclear disintegration is small

MacMillan's  $\mu$  for Pb, Sn, Cu, Al at  $h\nu = 1$  MeV

in air -  $\mu$  is small for  $\gamma$  rays,  $\mu$  is small for  $\gamma$  rays

in air -  $\mu$  is small for  $\gamma$  rays,  $\mu$  is small for  $\gamma$  rays



$h\nu/mc^2$	5	10	20	50	100	1000	10000
air	0.50	0.35	0.28	0.20	0.19	0.21	$0.22 \times 10^{-4}$
H <sub>2</sub> O	0.43	0.30	0.22	0.16	0.15	0.165	$0.17 \times 10^{-4}$
Pb	0.48	0.48	0.61	0.85	1.02	1.38	1.48
Al	0.10	0.075	0.061	0.056	0.061	0.071	0.078

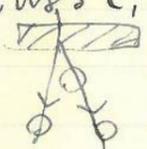
DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE .....  
 NO. ....

(V) Rossi Curve の Interpretation

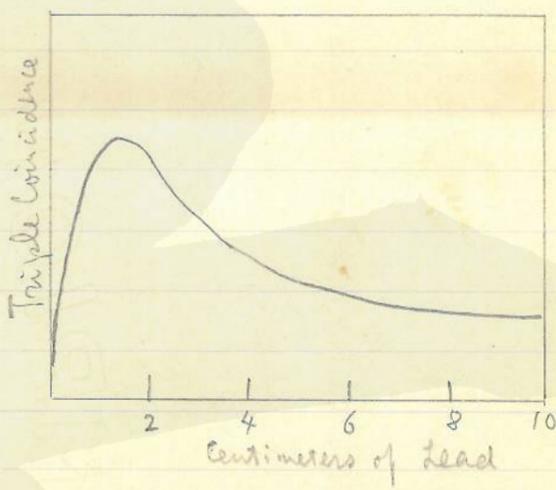
以上の結果を cosmic ray として 2 重の secondary effect の影響  
 を与える。

Rosinuss の secondary effect として  $\mu_1$   $\Rightarrow$  1 重の particle として 1 重の  
 $\Rightarrow$  2 重の counter による場合、Coincidence の結果として  
 $\Rightarrow$  1 重の counter による場合  
 である。



2 重 shower として 2 重の shower である  
 $\Rightarrow$  1 重 shower producing ray と  
 shower particle として exponential  
 の absorption 係数  $\mu_1$  と  $\mu_2$  の curve  

$$\frac{e^{-\mu_1 x} - e^{-\mu_2 x}}{\mu_2 - \mu_1}$$
 となる。



(2 重 shower particle の penetration range  $R$  と  $\mu_1$  と  $\mu_2$  の関係  
 $\Rightarrow$  range と intensity の関係。2 重 shower producing ray  
 の intensity absorption coef  $\mu_1$  と  $\mu_2$  の関係)  
 通常  $\mu_1$  の値は  $\mu_2$  の値より SPR として  $\mu_1$  の値より  $\mu_2$  の値より  
 show SP として  $\mu_1$  の値より  $\mu_2$  の値より。Geiger による測定では、 $\mu_1$   
 の値は  $\mu_2 = 0.5 \text{ cm}^{-1}$  の electron として range は  $2 \text{ cm}$  として  
 $200 \cdot 10^6 \text{ eV}$  のエネルギーを持つ。  $\mu_2 = 1.2 \text{ cm}^{-1}$  の photon  
 として energy は  $500 \cdot 10^6 \text{ eV}$  の値を持つ。  
 また  $\mu_2$  の photon の energy は  $10^7 \text{ eV}$  の値を持つ。

DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

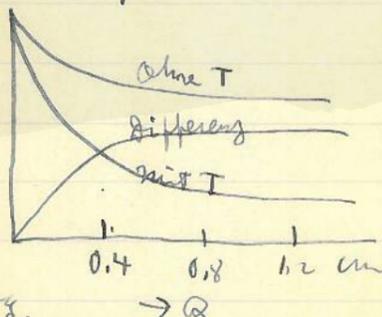
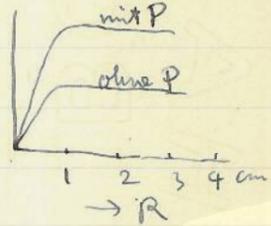
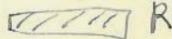
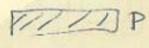
DATE .....  
 NO. ....

\* Absorption coefficient maximum of Fe is 23 g/cm<sup>2</sup> (Al is 17 g/cm<sup>2</sup>)  
 $23 \times (26)^2 = 17 \times (82)^2$  透過率 Z の関して linear になることが、

secondary angle distribution である 20° の opening angle の時に  
 maximum. この S.P. の pair が成り立つと、この後、  
 tertiary angle の分布を示す 加算結果がある。

下の 4 枚の板を 1 cm の厚さで、この厚さで triple coincidence  
 検出器として 2 cm の厚さで saturate した。

又 この板の厚さを  
 2.8 cm<sup>2</sup> Pb の厚さを  
 tertiary angle 検出器として  
 した。



この Al の厚さを 0.8 cm<sup>2</sup>  
 ~ 0.5 cm<sup>2</sup> とした。

(この mass absorption)

この S.P.R. の電子は photon である

この electron はこの S.P. の電子、この電子は

Bremsstrahlung, Annihilation Radiation である。

この absorp. coeff. は  $0.5 \times 10^6 \text{ eV}$  程度の値である。

v) Shower の Interpretation

この shower は、Shower であるが pair production の process である

と、multiple process の結果である。

Heitler & Shabha (Nature, 138, 401, 1936) の fast

electron の Bremsung により large quanta を emit した

過程を示す。



DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE .....  
 NO. ....

この場の詳細については、(Geiger 法を用いた実験の結果)

この場の multiple process である shower 現象を説明するために、Anderson による他の人の予想とは異なる shower の理論が提唱された。これは、~~光子~~ 光子の相互作用によるものである。

光子が、光子を放出する過程とか、光子が電子-正電子対を生成する過程 (Bremsstrahlung) による相互作用の擾乱として、 $\frac{e^2}{\hbar c} = \frac{1}{137}$  の power のオーダーで進行する。n-オーダーの過程 (n-pair 生成過程) の確率は  $(\frac{1}{137})^n$  である。

さらに Heisenberg の論文 (Zeits. f. Phys. 101, 533, 1936) の  $\beta$ -disintegration の理論から、光子 shower の発生を説明しようと試みた。これは、光子が proton や nucleus と相互作用して neutron を作り、光子が neutron と相互作用して positron と neutron を作り出す。この cross section は Fermi の理論を用いて、

$$Q \sim \left(\frac{ze^2}{\hbar c}\right)^2 f^2 k^2$$

1 order である。ここで  $f = \frac{g}{\hbar c}$ ,  $k$ : emitted particles の mean wave number.

さらに  $f$  は higher order の過程である。

Proton  $\rightarrow$  Proton + n electron + n positron + 2n Neutrons  
 この過程の prob. cross section の dimension は  $g^2 m^2$  である。



DEPARTMENT OF PHYSICS  
OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE .....

NO. ....

high energy of

この現象は neutron, neutrino, 及び non-ionizing ray と又  
大抵は shower を 1/4 の割合で 2 である。

これらの場での粒子は  $\mu$  と  $\pi$  及び positive negative の電荷 - 1個以上  
の電荷を 2 である、 electron?

Anderson の実験の結果 (p. 220, Fig 12.) positive  
の電荷を持つ粒子は  $\mu$  と  $\pi$  である。これは上記の現象の  
原因である。

この現象は  $\frac{e}{m}$  の proton より大きい heavy track の  
付くものである。 (+ charge) この track は 2 の電荷 (Fig 13)  
である。

この cosmic ray shower の原因は (我々の未知の現象から原因  
とする) unknown elementary particles である。これは 2 個の電荷  
を持つものである。

我々の cosmic ray の理論から見て、正電荷の現象 (電荷) は  
2、3 を説明するに足らずに理論の範囲外に 1 個以上の電荷  
があるに 2 である。この意味は正電荷の電荷を増加して  
2 以上の電荷を 2 である。

DEPARTMENT OF PHYSICS  
OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE

NO. 01

宇宙線に関する研究年表

- ① 1911-1912 Hess (Goebel, Kolhörster) (Altitude Effect)  
1925-1926 Millikan and Cameron (Depth Effect)
- ② 1927 Clay (Latitude Effect) Double
- ⑤ 1929 (?) Bothe and Kolhörster (Coincidence)  
Regener, Bowen and Millikan, Piccard (Stratosphere Flight, Depth Effect)  
1930 Compton and Millikan (Latitude Effect)
- ④ 1928 Hoffman (Burst)
- ⑥ 1932-1931 Rossi (Triple Coincidence, Shower, Primary) (Triple Coincidence, Primary)  
1933 " " (Triple Coincidence, Primary)
- ③ 1927 Skobelzyn (Cloud Chamber) Kurze
- ⑦ 1932 Anderson (Positron) Blackett, Okhalini.

Primary (A) Charged Particle? (Bothe and Kolhörster, Rossi and Bortecchia, Schweidler, Clay)  
Shower Producing Ray (B) High Energy Photon.  
Shower Particle (C) Electron (Positive and Negative)  
Bremsstrahlung (D) Low Energy Photon(?) etc.

Atmospheric Effect (Depth)

- i) Latitude Effect (Stormer, Lemaître)
- ii) High Energy Charged Particles & Energy Loss
  - a) Ionization (Bethe, Heitler)
  - b) Radiative Collision
- iii) High Energy Photon & Energy Loss
  - a) Compton Effect (Bethe, Heitler)
  - b) Pair Production
- iv) Rossi Curve & 透視 (透視法, Geiger)
- v) Primary Ray & Hardness (Proton?)
- vi) Shower & Interpretation
  - a) Multiple Process & 透視 (Heitler)
  - b)  $\gamma$ -Disintegration & 透視 (Heisenberg)
- vii) Secondary Shower & Heavy Particles (Anderson)

Primary (A) Charged Particles: (Bethe and Heitler)  
Rossi and Bethe's theory, Schwinger (1935)  
Shower Production (B) High Energy Photon  
Primary Particles (C) Electron (Positive and Negative)  
Primary Particles (D) Low Energy Photon? etc.



DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY

# Application of Liouville's Theorem in the Presence of the Electromagnetic Field.

Liouville's theorem in phase space  $(\vec{r}, \vec{p})$  for dust particles density  $n$  path  $\vec{r}(t) = \vec{r}(t, \vec{r}_0, \vec{p}_0)$ .

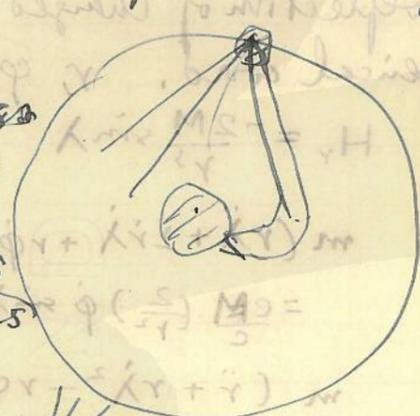
in el. mag. field  $\vec{E} = -\nabla\phi - \dot{\vec{A}}$ ,  $\vec{p} = m\vec{v} + e\vec{A}$

$d\vec{r} d\vec{p} = \frac{\partial(\vec{r}, \vec{p})}{\partial(\vec{r}_0, \vec{p}_0)} d\vec{r}_0 d\vec{p}_0$

$d(m\vec{v}) d\vec{r} = \frac{\partial(m\vec{v}, \vec{r})}{\partial(\vec{p}, \vec{r})} d\vec{p} d\vec{r} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{\partial(m\vec{v})}{\partial\vec{r}} & 1 \end{pmatrix} d\vec{p} d\vec{r}$

As in  $m\vec{v}, \vec{r}$  space where density is constant  $n$ ,  $\vec{r}$  and  $\vec{p}$  space density is constant  $n$  in  $(\vec{r}, \vec{p})$  space.

Volume element  $dV = v^2 dv d\Omega dt$   
 velocity  $(v, v+dv)$   $(d\Omega, d\Omega)$   $dt$



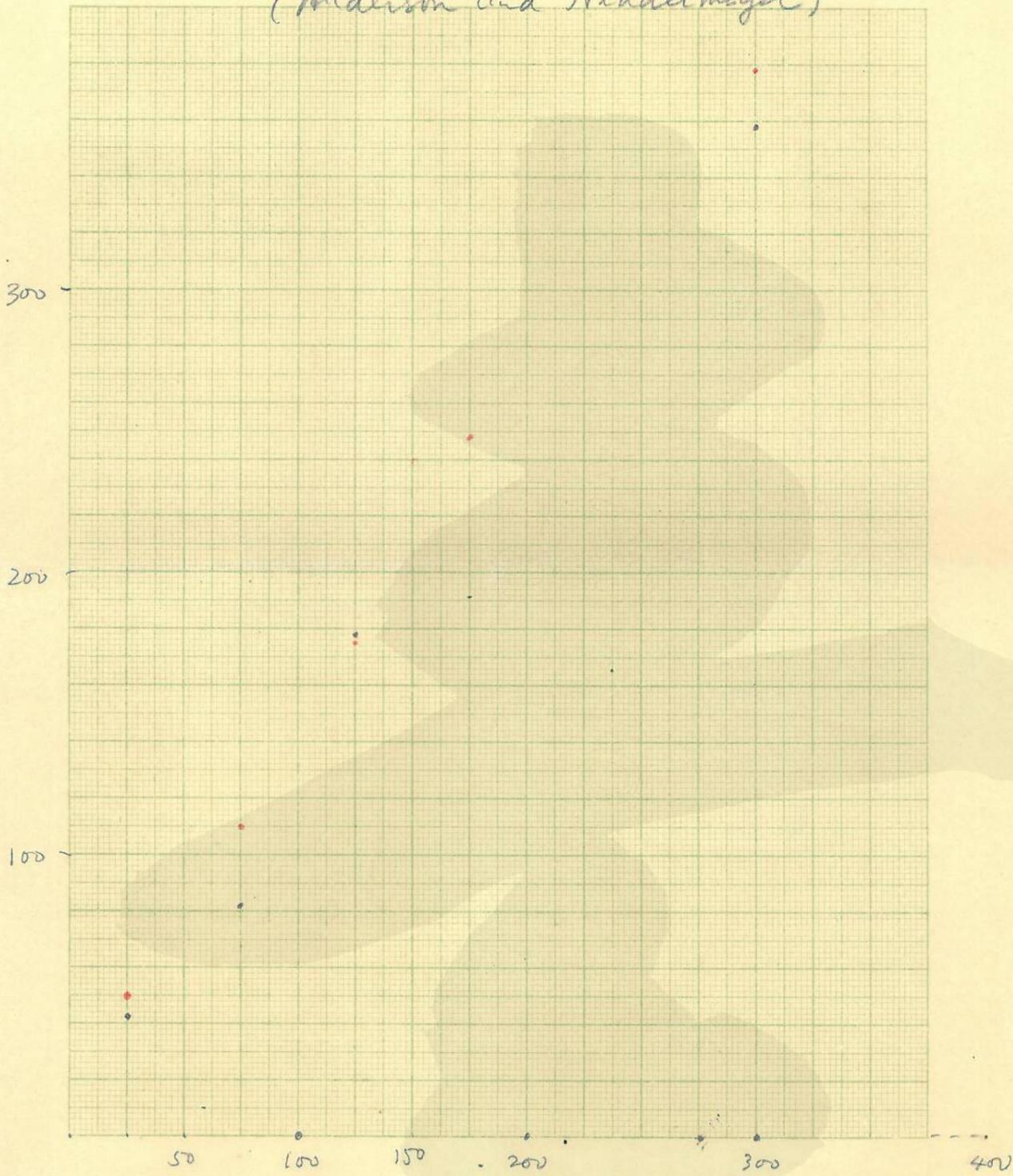
Const.  $n \cdot v^2 dv \cdot d\Omega \cdot dt$

$\rho(v) \int v^2 dv d\Omega \cdot dS$   
 $= \rho(v) \cdot v^2 dv \cdot d\Omega \cdot dS$

As  $\rho(v)$  is infinity at  $v=0$ , path is not defined at  $v=0$ .  $\rho(v)$  is negligible.  $\rho(v)$  is negligible.

$\frac{1}{v} \frac{d}{dt} \left( \frac{Mg}{v} \right) = \dots$

Energy loss of electrons in Pb. (MEV/cm).  
(Anderson and Neddermeyer)



DEPARTMENT OF PHYSICS  
OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE .....

NO. ....

歴

- 1912 Hess (Altitude Effect) (Gockel, Kohlhörster)
- 1927 Clay (Latitude Effect) (Compton, Millikan)
- 1927 Skobelzyn (Cloud Chamber)
- 1928 Hoffmann (Burst)
- 1929 Bothe and Kohlhörster (Double Coincidence)
- 1930-1931 Rossi (Triple Coincidence)
- 1932 Anderson (Positron) (Blackett and Occhialini)

理論

- i) Latitude, Altitude (Depth), Direction Effect.  
(Stormer, Lemaitre and Vallarta etc)
- ii) High Energy charged Particle & Energy Loss (Bethe, Heitler etc)
  - a) Ionization
  - b) Radiative Collision
- iii) High Energy Photon & Energy Loss ( ... )
  - a) Compton Effect
  - b) Pair Production
- iv) Rossi Curve & Interpretation
  - a) Ordinary Theory
  - b) Geiger's Theory, Existence of Tertiary Rays
- v) Shower & Interpretation
  - a) Multiple Process の説明 (Heitler)
  - b)  $\beta$ - $\alpha$  integration の関係 (Heisenberg)

DEPARTMENT OF PHYSICS  
OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE .....

NO. ....

- vi) Primary Ray (Heavy Particle Proton?)
- vii) Secondary Heavy Particles (Anderson etc.)

272

Ergebnisse der Exakten Naturwiss. <sup>1934</sup> XIII, Meinke; <sup>1935</sup> XIV Geiger.  
Rasetti, Element of Nuclear Physics, 1936, chapt. VII.

Heitler, Quantum Theory of Radiation, 1936.

Bethe, Handbuch d. Physik, 23, 1,

Dolomon, Théorie du Passage des Rayons Cosmiques, 1936  
(Actualités Scientifiques)