

DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE Jan. 31, 1935  
 NO. 1

第四十三回 講演会

中性子の原子核に対する作用について.

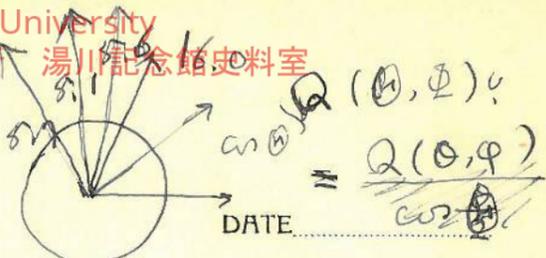
最近 Fermi 等によつて Neutrons artificial radioactivity の成り立ちに就き、neutron の原子核に対する作用がわかつた。これに對して neutron と原子核、(この中に neutron と neutron or proton) との相互作用の性質がわかつた。これは  $\sigma$  と  $\sigma_0$  の二つに分れるが、現在の data は  $\sigma$  だけ、 $\sigma_0$  は hypothesis によつて推定される。この二つは  $\sigma$  と  $\sigma_0$  の比が重要である。この比は  $\sigma/\sigma_0$  の値が  $\sigma_0$  に対して  $\sigma$  の値が  $\sigma_0$  の値に近づく。

neutron の nucleus に対する作用を分類すると、

- i) scattering (elastic or inelastic)
- ii) absorption
  - (i) disintegration (capture)
  - artificial radioactivity
  - iii) neutron emission

- i) Scattering
  - a) angular distribution (rel. coord. を用いて)
  - proton (relative 実験結果は  $\sigma$  と  $\sigma_0$  の比)
  - △) forward direction に maximum がある (Mott の)
  - ✳) (Kurie, Bonner and Mott-Smith)
  - Wilson Chamber
  - proton

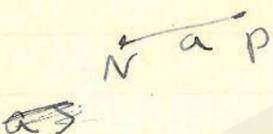
DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.



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

x spherically symmetric  $\theta$  &  $\phi$   
 Meitner, Phillipps. (Wilson chamber) (Be + Po)  
 Auger et Monod-Ikervien ( " " )  
 xx Dunning ( RaEm + Be ionisation chamber )  
 forward direction  $\theta = 0$ .  
 $\theta = 90^\circ$  for proton group  $\theta = 90^\circ$ .  
 $\theta = 45^\circ$  (Schwerpunkt system  $\theta = 45^\circ$ )

$\lambda \approx$  Neutron & Proton  $\theta$   $\theta = 0$  force or ordinary force  
 $\lambda \approx$   $\theta = 90^\circ$   $\theta = 45^\circ$   $\theta = 0$   $\theta = 90^\circ$



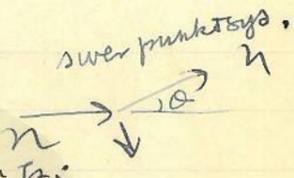
neutron  $\theta$  wave length  $\lambda \approx \theta$   
 (Schwerpunkt system  $\theta = 45^\circ$ )  

$$\lambda = \frac{h}{Mv} = \frac{1.3 \cdot 10^{-27}}{1.6 \cdot 10^{-25} v} \approx 10^{-2} / v$$

$v = 10^9 \text{ cm/sec}$   $\lambda = 10^{-11} \text{ cm}$

o  $a \ll \lambda$ , spherically symmetric  
 $a \ll \lambda$ , neutron  $\theta = 0$  max.  
 (Schwerpunkt system, Born approximation)

$\theta = 0$  ordinary force  $\theta = 90^\circ$ , sp. sym  $\theta = 45^\circ$   
 force  $\theta$  range  $\theta = 45^\circ$   $\theta = 0$   $\theta = 90^\circ$



exchange force  $\theta = 90^\circ$ , sp. sym  $\theta = 45^\circ$ ,  
 $a \ll \lambda$   $\theta = 45^\circ$  spherically symmetric

DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE.....

NO.....

(Born approximation)

$a \gg \lambda$  &  $\lambda \gg \delta$  proton or forward direction  $\mu$  scatter  $\delta \ll \lambda$ .

$\vec{r}$  neutron velocity spher. sym.  $\delta$   $\mu$   $\delta \ll \lambda$

$\vec{r}$  exchange  $\vec{r}$   $\delta$  neutron  $a$ ,  $\delta$   $\mu$   $\delta \ll \lambda$ .  $\mu$   $\delta \ll \lambda$

① initial angular distribution of velocity dependence  
 vector.  $\mu$   $\delta$   $\mu$  velocity of neutron  $\delta$   $\mu$   $\delta \ll \lambda$

② heavy nucleus.

Swimming: spherically symmetric

Mutner: ..

ordinary force

$a+R \ll \lambda$

sph. symm.

$a+R \gg \lambda$

あまのあま、あまのあま



exchange force

$a+R \ll \lambda$

sph. symm.

$a+R \gg \lambda$

あまのあま、あまのあま

2の場と exchange forceのあまのあま  
 $\delta \ll \lambda$ .



Rabi is nucleus & impenetrable sphere  $\delta \ll \lambda$ .

DEPARTMENT OF PHYSICS  
OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

©2022 YHAL/YTP, Kyoto University  
京都大学基礎物理学研究所 湯川記念館史料室

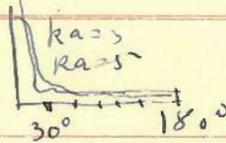
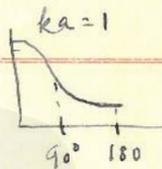
$$\frac{6 \times 5 \times 10^{13}}{3 \times 10^{10}} = 2 \times 10^4$$

neutron wave length

$$v = c \cdot \frac{2\pi}{\lambda} = 10^{10} \text{ cm}^{-1}$$

DATE.....

NO.....



Scattering of neutron scattering is observed. Scattering of neutrons is observed in a certain direction.

neutron radius is  $10^{-13}$  cm order of magnitude.

angular distribution is  $\sin^2 \theta$  (for  $\theta < 90^\circ$ ),

total nuclear radius is  $10^{-13}$  cm order of magnitude.

neutron interaction range is small,  $\sim 10^{-13}$  cm.

is spherically symmetric in  $\theta < 90^\circ$ .  
ordinary force, exchange force, neutron-neutron

(el. or mag. dipole moment is not observed. distribution is  $\sin^2 \theta$  moment of force is not observed.)

b) velocity dependence.

neutron absorption is velocity independent.

Be-neutrons  
 $v = 3 \times 10^9 \text{ cm/sec}$

Target area

Pb  $2.39 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$  C 0.72 H 0.73

B  $2 \times 10^9$  1.87 0.99 1.41

F  $1.5 \times 10^9$  1.43 1.16 2.53

DEPARTMENT OF PHYSICS  
OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE.....

NO.....

elastic sphere  $\propto v^{-2}$  velocity  $\propto v^{-2}$ ,  
(induced radioactivity  $\propto v^{-2}$ )

速の異なる velocity  $\propto v^{-2}$  absorption あり. 速の異なる high speed の neutron による  $\gamma$  線 absorption あり (elastic).  
portion が異なること.

Rossi は  $0^\circ$  counters の coincidence を  $\gamma$  線 radiation の 69% が 7.2cm の  $\gamma$  線 absorb した  $\gamma$  線の  $\gamma$  線.  
この曲線を extrapolate して  $50 \times 10^6$  e.v. の neutron の吸収を推定した.

1911年  $\gamma$  線と proton の heavy particle による  $\gamma$  線.  $\gamma$  線は  $\gamma$  線.  
heavy  $\gamma$ -ray による  $\gamma$  線は  $\gamma$  線である...

Fleischmann, Ergeb. S. 16.

の  $\gamma$  線は Rückwärts neutron の absorption あり..  
(Paraffin, Pb 等)

DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE.....

NO.....

↑ 2つの neutron & α-particle

が互に (2) interact すると生じる。

後述の induced radioactivity の場合、この 2つの neutron の α-particle である。

ii) Absorption

a) Type I の neutron が nucleus を吸収して、その核に α-particle が生じることがある。

これは大抵、<sup>induced</sup> radioactivity を引き起こす。

生成されるのは proton, α-particle

または、<sup>slow</sup> neutron の capture である場合

この 2つを合わせて、Fermi の β-decay の element として扱われる。Z と N の rule がある。

i) Z : even  
 N : even

α-particle である → Z: odd, N: even  

$$\begin{matrix} nn & + & n & \rightarrow & nn & + & p \\ pp & & & & & & pn \end{matrix}$$

ii) Z : odd  
 N : odd

α-particle である → Z: odd, N: odd  
 ( ... proton の数に 2 を加える )  

$$\begin{matrix} nn & + & n & \rightarrow & nn \\ pp & + & p & \rightarrow & pn \end{matrix}$$

iii)

α capture の 2 種類、Z: odd, N: even  

$$\begin{matrix} nn \\ pp \end{matrix}$$

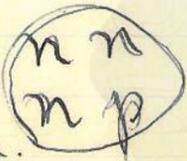
exchange の場合。

これは α-particle の n と p の交換。

これは α-particle の n と p の交換。

これは n と p の交換。

...



the group である。

これは β-decay の n → p

→ electron の emission

transition による。electron が生じる。

very radio element である場合、 $(Si_{14})$  nn  
 atomic weight of even atomic number of odd ones. ↑ p

$Al^{27}$  &  $He^4$

DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE.....

NO.....

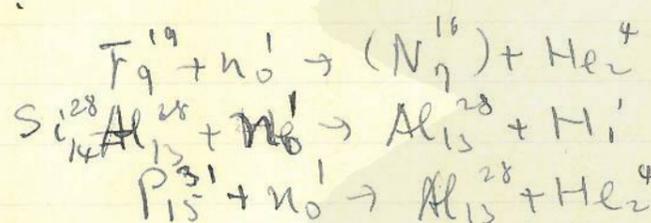
energy / velocity dependence

neutron velocity v dependence

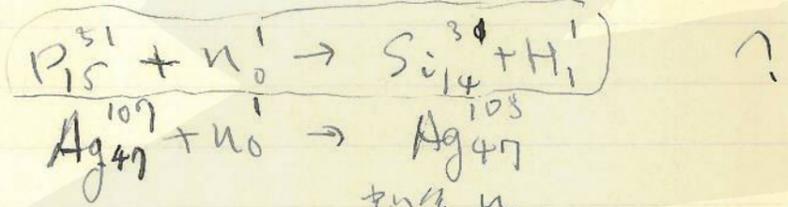
Bjerge and Westcott (Nature, Aug. )

は energy の loss rate to neutron v の differential prob. の variation  $\propto 1/v$  である。

etc.

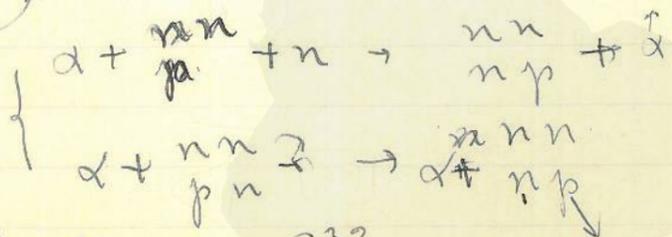
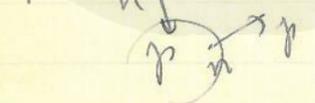


energy の loss rate neutron 核 による。



energy の loss rate による。

Ag の neutron capture による。



( neutron による  $P_{15}^{32}$  の capture による )

DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE.....

NO.....

Meitner (Naturwiss )  
 Ra  $\gamma$ -ray  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$  neutron  $\epsilon$   $\mu$   $\nu$   $\pi$   
 J, Hg, Au  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$  Fermi effect  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   
 Na, Al, Si  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$   
 $\rightarrow$  neutron energy  $\nu$   $\mu$   $\pi$   $\rightarrow$  capture  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$   
 $\rightarrow$   $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$

(Wu Li Yeh (C.R.)  
 $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$  Fermi effect  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$  radioelement  $\alpha$   
 decay constant  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$   $\rightarrow$   $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$   
 $\alpha$   $\beta$  neutron cell or close  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$  Fermi effect  
 $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$   $\rightarrow$   $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$  period  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$   
 $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$  close cell or close  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$   $\rightarrow$   $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$

O	$n=8$	s, p.	4 $\alpha$ .	Sr. 38	19 $\alpha$
	$p=8$				
Cu	$n=20$	s, p, d, s, f	10 $\alpha$	Ru 44	22 $\alpha$
	$p=20$				
Ni	$n=30$	2, 6, 10, 2, 14	14 $\alpha$	Su 50	25 $\alpha$
	$p=28$				

$\rightarrow$   $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$  closed shell  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$   $\rightarrow$   $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$

Danysz, Rotblat, Wertenstein and Zyw (Nature  
 $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$ )

Si }  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$  Pb or Au  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$  absorber  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$   
 Al }  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$  Fermi effect  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$   
 Ag }  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$   $\rightarrow$   $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$   
 I }  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$  Meitner  $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$   $\rightarrow$   $\alpha$   $\beta$   $\nu$   $\mu$   $\pi$

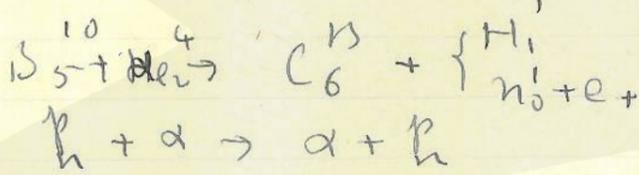
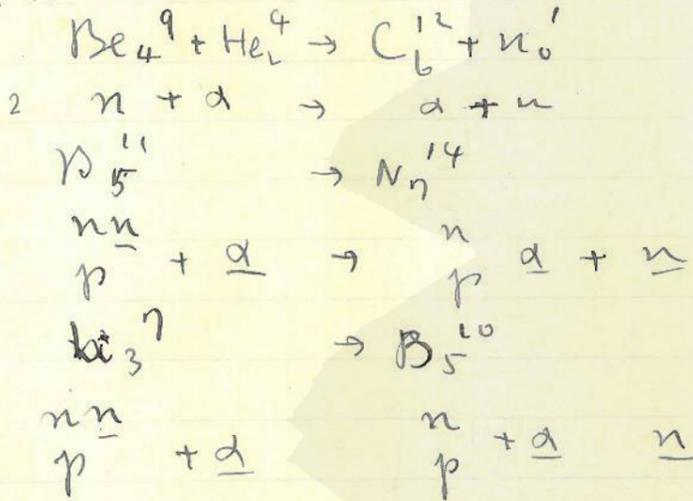


DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

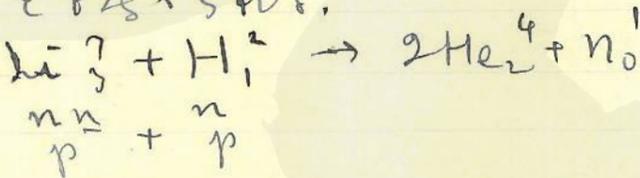
DATE.....

NO.....

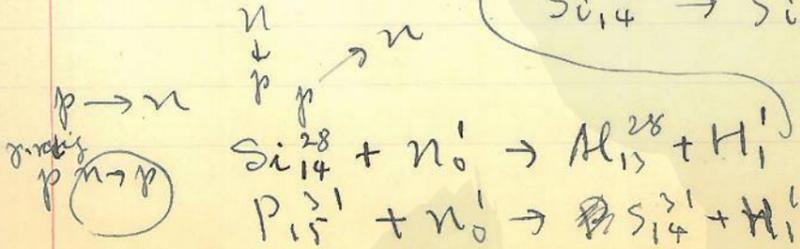
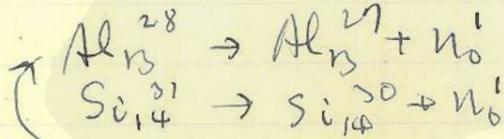
iii) Emission  
 a) Type,  $\beta$



repulsive force  $\sim \frac{1}{r^2}$  p or n  $\rightarrow$   $\frac{1}{r^2}$   $\rightarrow$   $\frac{1}{r^3}$   $\rightarrow$   $\frac{1}{r^4}$



Curie, Joliot;



$\gamma$ -ray  
 positron

DEPARTMENT OF PHYSICS  
 OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE.....

NO.....

b) energy dependence  
 angular distribution  
 bombarding particle energy  $\sim 512$  emitted neutron  
 energy  $E \sim 10^6$  eV.  
 Schwerpunkt system  $\sim 10^6$  eV neutron distribution  
 is spherically symmetric.  
 Dunning : Phys. Rev. 45,  
 Bothe, Fleischmann : Ergebnis. 1934. S.16.

ausbeute, Anrechnung für.

c)  $\gamma$ -ray  $\rightarrow$  neutron emission  
 $H_1^2 + \gamma \rightarrow H_1^1 + n_0^1$   
 $Be_4^9 + \gamma \rightarrow Be_4^8 + n_0^1$   
 $p, n$  interaction  $\rightarrow$   $\gamma$   $\rightarrow$   $n$ .

Gentner, C. R. Beodit. u. K.

Ra-ray  $\rightarrow$   $\gamma$  Th-ray is effective  
 (Bethe, Peierls  $\rightarrow$   $\gamma$ , binding energy  $Q$   
 $=$   $\frac{1}{2}$  of  $\gamma$ -ray  $\rightarrow$   $\frac{1}{2}$  of  $\gamma$   $\rightarrow$   $\frac{1}{2}$  of  $\gamma$ .)  
 $\rightarrow$   $\frac{1}{2}$  of  $\gamma$ . Be. neutron  $\rightarrow$  Energy is  $0.45 \times 10^6$  eV.

$Be_4^9 = 9.013$   
 $\rightarrow$   $\frac{1}{2}$  of  $\gamma$ ,  $2He_2^4 + n_0^1 \rightarrow \frac{1}{2}$  of  $\gamma$   $\rightarrow$   $\frac{1}{2}$  of  $\gamma$ .

©2022 YHAL, YITP, Kyoto University  
京都大学基礎物理学研究所 湯川記念館史料室

DEPARTMENT OF PHYSICS  
OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE.....

NO.....

88 湯

