

原子核反応 第4回

原子核の理論

Jan. 21, 1956 (1)

井上、林、高島、西田、佐藤 出席
 3 回生出席

$$k_{\infty} = \epsilon p f \eta$$

1 fission neutron $\rightarrow k_{\infty}$: a fission neutron
 (as a reactor)

(i) fast neutronの核分裂の割合

快中子 $k_{\infty} \approx 1$ 天然U-235 $k_{\infty} = 1.029$

(ii) p : 熱中子の吸収核分裂比 thermal neutronの
 核分裂

f : 熱中子の利用核分裂 (U-235の核分裂核分裂比)

E. U. $p \sim 1$

天然U-235の核分裂比 $p = 0.6 \sim 0.7$, $f = 0.9 \sim 0.8$

$pf \approx 0.5$
 (天然U-235の $k_{\infty} < 1$)

天然U-235の核分裂比 $pf \approx 0.8$

理論核分裂比:

天然U-235 $pf = 0.79$ ($k = 1.07$)

天然U-235 $pf = 0.92$ ($k = 1.25$)

(iii) $\eta = \nu \frac{\sigma_f}{\sigma_f + \sigma_c}$ ν : fission n. の数

σ_c : radiative capture cross-section

(thermal neutron ≈ 0.025 eV ≈ 0.5 eV ≈ 1 eV)

天然U $\nu = 2.5 \pm 1$ $\sigma_f = 3.92$ $\sigma_c = 3.5$

$\eta_{th} = 1.32$

U^{235} $\eta_{th} = 2.12$

Pu^{239} $\eta_{th} = 1.94$ (x breeder) (genero)

U^{233} $\eta_{th} = 2.36 \pm 0.04$ (x breeder)

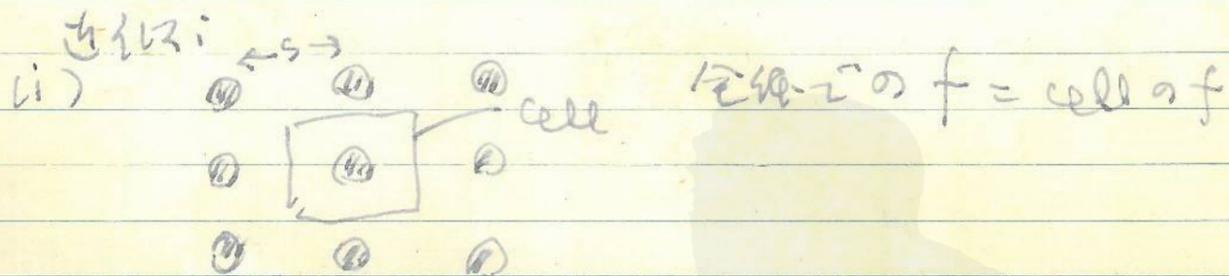
f

核分裂核分裂比 $f = \frac{\sum_u}{\sum_u + \sum_m}$ $N \sigma_u = \sum_u$

核分裂核分裂比 $f = \frac{V_u \sum_u \Phi_u}{V_u \sum_u \Phi_u + V_m \sum_m \Phi_m}$ No. 5. 1955. 6. 10.000

c112-038-004

(2)



(ii) $S^2 = \pi r_0^2$ cell を同角にしておける

(iii) cell 1' と n の σ が σ から入る σ_{cell}

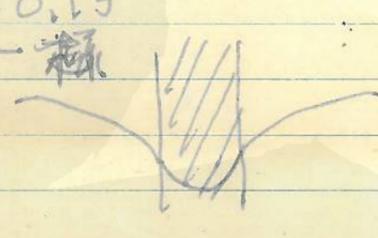
(iv) 減速材の減速材の中に入るとして

$$\bar{\Sigma} = \sum \nu \Phi_M / E_1 \quad \bar{\Sigma}_U = 0.0084$$

$$\bar{\Sigma}_C = 0.15$$

(v) 減速材の減速材の中に入るとして

$$\frac{1}{f} = 1 + \frac{\sum \nu \Phi_M}{\sum \nu \Phi_U}$$



ρ 減速材の減速材の中に入るとして

$$\bar{\Sigma} = \frac{\sum \nu \Phi_U + \sum \nu \Phi_M}{\sum \nu \Phi_U + \sum \nu \Phi_M}$$

Σ_s : scatt. cross-section

Σ_a の減速材の中に入るとして

$$\frac{\Sigma_a}{\Sigma_a + \Sigma_s} \frac{\Delta u_i}{\bar{\Sigma}}$$

Σ_a の減速材の中に入るとして

$$1 - \frac{\Sigma_a}{\Sigma_a + \Sigma_s} \frac{\Delta u_i}{\bar{\Sigma}}$$

ρ の減速材の中に入るとして

$$\rho = \prod_{i=1}^n \left[1 - \frac{\Sigma_a}{\Sigma_a + \Sigma_s} \frac{\Delta u_i}{\bar{\Sigma}} \right]$$

(3)

$$p \approx \exp \left\{ - \sum_{i=1}^m \frac{\sum a_i}{\sum a_i + \sum s_i} \frac{\Delta u_i}{\xi} \right\}$$

ξ : energy width of resonance $\ll \xi \ll \xi \ll \xi$

$$p \approx \exp \left\{ - \frac{1}{\xi} \int_{E_0}^E \frac{\sum a}{\sum a + \sum s} \frac{dE'}{E'} \right\}$$

1 cm³ の U atom の $\bar{\sigma}_a \approx N_0$

$$\frac{1}{\xi} \int_{E_0}^E \frac{\sum a}{\sum a + \sum s} \frac{dE'}{E'} = \frac{N_0}{\xi \sum s} \int \frac{\sigma_a dE'}{(1 + \frac{N_0 \sigma_a}{\sum s}) E'}$$

$$\int_{E_0}^E \frac{\sigma_a}{1 + \frac{N_0 \sigma_a}{\sum s}} \frac{dE'}{E'} = \int_{E_0}^E \sigma_{a, \text{eff}} \frac{dE'}{E'}$$

(effective resonance integral)

水の吸収係数: ρ : 濃度
 U 棒の中での neutron の flux
 定積分

$$\text{Nat. U} \int_{0.5 \text{ eV}}^{E_{\text{fission}}} (\sigma_{a, \text{eff}} \frac{dE'}{E'}) = 9.25 \left(1 + 2.67 \frac{S}{M} \right) \text{ barn}$$

S: 燃料棒の断面積 (cm²)
 M: " mass (g)

§ 4.4 の断面積

(i) transport m.f.p. scattering non-isotropic in lab. sys.

$$\cos \psi = \frac{2}{3A}$$

A: moderator の Z/A

$$\lambda_{tr} = \frac{\lambda_s}{1 - \cos \psi}$$

(4)

(ii) 中核の波動 $= -\frac{\lambda r}{3} \nabla^2 \phi$

(iii) one-group 拡散方程式

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \text{production} - \text{leakage} - \text{absorption}$$

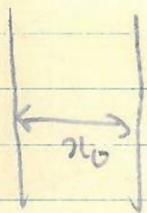
$$= k\phi \Sigma_a + \frac{\lambda r}{3} \nabla^2 \phi - \phi \Sigma_a$$

定常: $\nabla^2 \phi + B^2 \phi = 0$ (critical)

$$B^2 = \frac{3(k-1)\Sigma_a}{\lambda r} = \frac{k-1}{L^2}$$

$$k_{eff} = \frac{k}{1+B^2 L^2} = 1 \text{ (critical)}$$

$k = k_{\infty}$



$$\frac{d^2 \phi}{dx^2} + B^2 \phi = 0$$

$$\phi = A \cos \frac{\pi x}{x_0}$$

$$B^2 = \left(\frac{\pi}{x_0}\right)^2$$

$$\frac{k}{1+B_g^2 L^2} = C$$

B_g : 反発係数

$$B_g = B_m \rightarrow C = 1 \text{ (critical)}$$

$B_g > B_m$ subcritical

$B_g < B_m$ super "

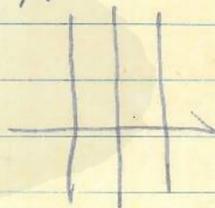
vi) ∞ の slab

$$\frac{d^2 \phi}{dx^2} + B^2 \phi = 0$$

$$x=0 \quad \phi = \phi_{max}$$

$$x = \frac{x_0}{2} \quad \phi = 0$$

$$(B_g)^2 = \left(\frac{\pi}{x_0}\right)^2$$



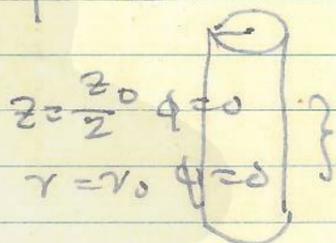
(6)

vi) buckling (柱屈曲)

円筒形

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} + B^2 \phi = 0$$

$$B_g^2 = \left(\frac{\pi}{z_0}\right)^2 + \left(\frac{2.405}{r_0}\right)^2$$



Min critical volume

$$= \frac{148}{B_g^3}$$

vii) $e^{-B^2 z} = \frac{1}{1+B^2 z}$

(柱屈曲の臨界条件)

$$\text{critical } \frac{R}{(1+L^2 B^2)(1+B^2 L)} = \frac{R}{1+B^2(L^2 L)}$$

$$L^2 + L = M^2 : \text{ migration area (migration area)}$$

$$B_g^2 = \frac{R-1}{M^2} \text{ (critical)}$$

Exponential Pile の基礎 (Fermi)

これは a 形と b 形核種の subcritical pile
 中に neutron source を含む。

→ 定常状態

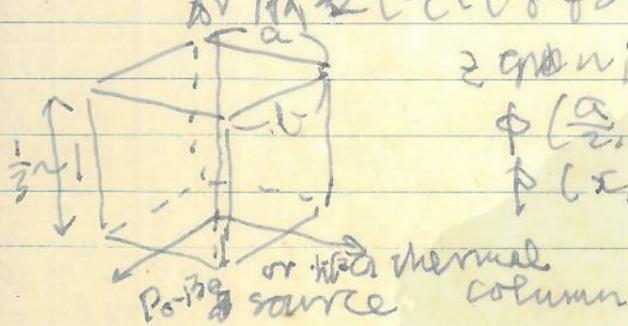
source が 1 個ある時 } $\nabla^2 \phi + B^2 \phi = 0$
 source が 2 個ある時 } $\nabla^2 \phi + B^2 \phi = 0$

円筒形として考える。

2 次元として考える。 ϕ は一定。

$$\phi\left(\frac{a}{2}, y, z\right) = \phi\left(-\frac{a}{2}, y, z\right) = C$$

$$\phi\left(x, \frac{b}{2}, z\right) = \phi\left(x, -\frac{b}{2}, z\right) = 0$$



$$\phi = A \cos \frac{\pi x}{a} \cos \frac{\pi y}{b} e^{-mz} \quad (7)$$

$$B^2 = \left(\frac{\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{b}\right)^2 - m^2$$

$m \rightarrow i$ の場合

Soviet pile

exp. pile: 180cm x 180cm x 420cm
材質
C: 20ト
U: 7ト

2個 exp. pile 材質は ① U 20ト
C → 450°C
② C 20ト
U 7ト

沈没部果てしなく

(8)

参考: Nucleonics 13 (1955), Nov. p. 62
 Thermomolecular Power Reactors - Are they feasible?

H. Thirring
 Stellar Heat Production

① 2 eigs/gm sec (hydrogen)

② (33,000 ton/sec · cm²)

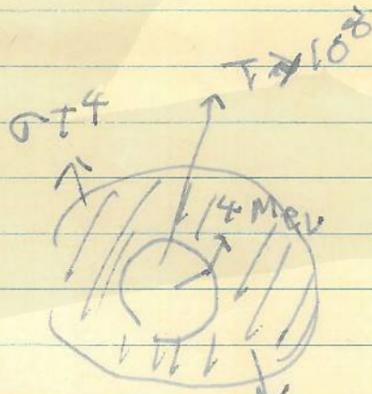
Fusion Reactions

D(d, n)He ³	+3.25 MeV
D(d, p)T	4.0
T(p, γ)He ⁴	19.7
T(d, n)He ⁴	17.6

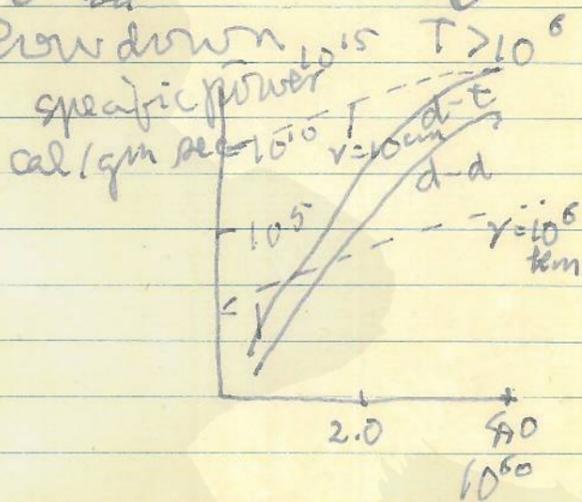
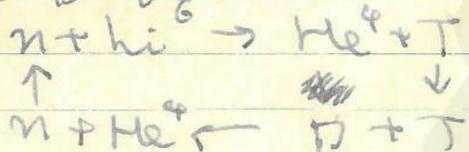
Li⁷(d, n)Be⁸ 15.0

Possible Bomb Mechanism

core < 10⁻⁶ sec T = 10⁸ K
 reaction product a slowdown



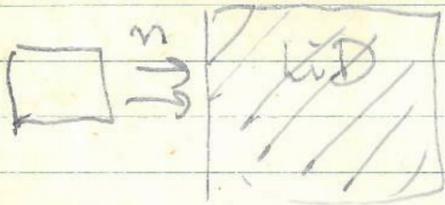
Li-D bomb



Why No Li-D Reactor?

- (i) lack of control
- control is not possible
- self-stabilizing mech. of fusion

(9)



Why not micro-explosion

(i) dust grain

(ii) 火花 → spark

(100 keV d d+T-reaction 5 barn
 electron n/r energy loss
 10^{-4} 粒子 20R)

40 keV → 4 MeV

Southern California University

R. E. Vollrath and J. A. R. Samson

(Bull. Nr. 8 1955)

pinch effect (Northrup 1907)

柱状の gas の 収縮, 500 A column の 収縮

(current の 収縮 効果 ↓
 500 A ↓)

hydrogen の pulse discharge

