

자연중성자фон과 비교되는 반응중성자세기의 결정

박수일, 전명길

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《원자력을 생산에 받아들이기 위한 연구사업을 전망성있게 진행하며 방사성동위원소와 방사선을 공업과 농촌경리를 비롯한 여러 부문들에 널리 적용하여야 할것입니다.》

(《김일성전집》 제27권 391페이지)

우리는 자연중성자фон의 기원을 밝히고 실험실적으로 그 세기를 측정하여 전기분해법으로 Pd전극에 중성자를 흡장시킬 때 방출되는 중성자기록수의 통계적특성을 분석하고 중수소용축계에서 중수소핵의 융합속도를 평가하였다.

1. 자연중성자фон의 기원

자연중성자는 우주선과 토양속의 자연분열핵들에 의하여 생긴다. 이러한 중성자들은 약한 세기의 중성자측정에 영향을 미친다. 대기중성자는 대기중의 원자핵과 1차우주선의 호상작용과정에 생기는 2차생성물이다. 저에너지중성자(10MeV이하)는 이 과정에 생긴 려기핵들의 증발에 의하여 발생하며 등방적인 각분포를 가진다. 고에너지중성자는 1차우주선이 대기중의 원자핵과 충돌하여 표적핵에서 직접 떼내거나 전하교환반응에 의하여 발생하며 각분포는 비등방적이다. 이밖에도 태양에서 강한 채구폭발로부터 생겨나 지구에 도달하는 태양중성자도 있다.

토양중성자는 토양속의 U, Th와 대기속의 Rn이 방출하는 α 입자에 의한 중수소의 해리로부터 발생한다. α 입자원천은 ^{212}Po (8.8MeV, 0.3 μs , Th계열), ^{214}Po (7.8MeV, 150 μs , U계열)이고 중성자방출반응은 $\alpha + \text{D} \rightarrow \alpha + \text{n} + \text{p}$ (반응력 6.6MeV)이다. Li에서도 (α , n)반응으로 중성자가 생기며 매질의 γ 선복사에 의한 중수소의 빛분열에 의해서도 중성자가 생긴다.

대기중성자들은 대기속에서 에너지를 잃으면서 바다물면에 도달하는데 바다물면에서 중성자의 전방향세기는 $8.2 \cdot 10^{-3} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ [4]이다. 우주선은 지자기마당, 태양활동, 대기의 압력과 습도의 영향으로 시간에 따라 끊임없이 변하므로 대기중성자수도 같이 변한다.

2. 실험결과 및 분석

우리가 개발한 2통로열중성자측정체계[1]로 여러해동안 측정한 자연중성자기록수의 요동범위는 10%이하이며 두 통로의 기록효율은 각각 2.02, 2.21%이다. 검출기면적이 100cm^2 이므로 실험실에서의 자연중성자세기는 $1.1 \cdot 10^{-3} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이다. 이것은 선행연구결과[4]와 큰 차이가 없다.

일반적으로 자연중성자와 반응중성자를 측정할 때 기록수는 정규분포 $I = (N \pm \sqrt{N})/t$

에 따른다. 여기서 I 는 단위시간당 기록수, N 은 전체 기록수, \sqrt{N} 은 표준편차, t 는 측정시간이다.

자연중성자세기를 알고 약한 세기의 반응중성자를 구별하려면 측정시간을 옳게 정하여야 한다.

전기분해법으로 Pd전극에 중수소를 흡장시키는 실험은 몇h~수십h동안 진행되는데 이 시간동안에 반응중성자를 갈라내는데는 일정한 제한이 있다.

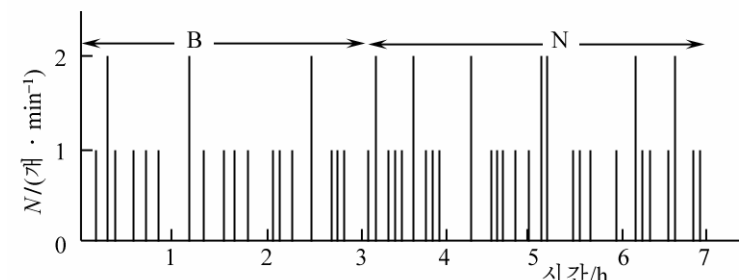


그림. 전해조에서 방출되는 중성자측정결과

실례로 그림에서와 같이 3h동안 자연중성자를 기록한 후 4h동안 중수소를 흡장하는 Pd전극에서 방출되는 중성자를 기록한 경우 자연중성자평균기록값은 (7.0 ± 1.5) 개/h, 반응중성자기록값은 (9.3 ± 1.5) 개/h이다. 이 경우 자연중성자와 반응중성자기록시간이 짧아 기

록수요동폭이 매우 커지며 자연중성자보다 더 많은 중성자가 기록되었다고 볼수 없다.

그러나 열중성자측정체계의 안정성이 담보되는 조건에서는(년간 지구특성변화량 1% 이하) 같은 계열의 실험결과들을 통계처리하면 반응중성자의 유무에 대하여 확정적으로 말할수 있다.

여러가지 전극에서 반응중성자측정결과는 표와 같다.

표. 여러가지 전극에서 반응중성자측정결과

No.	전극종류	전극크기/mm	실험방식	전해전류/mA	시간/h	폰/(개·h ⁻¹)	측정값/(개·h ⁻¹)	배수
1	Pd각기둥		전해	300	50	6.2 ± 0.1	7.0 ± 0.4	1.1
2	Pd판	Φ 4	전해	100	100	6.2 ± 0.2	7.0 ± 0.3	1.1
3	Pd각기둥	$2 \times 10 \times 50$	전해	200	50	6.8 ± 0.4	8.6 ± 0.4	1.2
4	Pd각기둥	$2 \times 10 \times 50$	전해	200	50	7.2 ± 0.4	8.6 ± 0.4	1.2
5	Pd봉	Φ 4×50	전해	200	50	7.2 ± 0.4	8.8 ± 0.4	1.2
6	Pd봉	Φ 4×50	전해	200	50	7.2 ± 0.4	8.8 ± 0.4	1.2
7	Pd봉	Φ 4×50	전해	200	50	7.2 ± 0.4	8.2 ± 0.4	1.1
8	Pd봉	Φ 4×50	전해	200	100	8.8 ± 0.3	14.2 ± 0.3	1.5
9	Pd원판	Φ 14.5×2	전해	200	100	8.2 ± 0.3	10.4 ± 0.3	1.3
10	Ni	$2 \times 15 \times 50$	전해	200	200	4.2 ± 0.1	5.6 ± 0.2	1.3
합					800	7.3 ± 0.1	8.7 ± 0.1	1.2

표에서 보는바와 같이 측정시간이 100h이하일 때 σ 범위(68.3%의 믿음성)에서 반응중성자를 측정하였다고 볼수 있지만 3σ 범위에서는 확정할수 없다. 그러나 200h동안 측정하면 기록수가 많아져 통계가 개선되며 3σ 범위에서 반응중성자측정이 확정적이다. 즉 중수전기분해때 중성자방출이 동반되는 핵과정이 존재한다는것을 알수 있다.

표 1의 실험 8을 평가해보면 Pd의 질량이 7.782 0g이므로 Pd원자수는 $4.41 \cdot 10^{22}$ 개이다. 전기분해때 방출되는 중성자세기로부터 중수소핵융합반응속도는 $2.84 \cdot 10^{-23}$ 개/s로서 중수소분자에서 중수소핵융합속도 10^{-74} 개/s와 비교하면 매우 크다. 이것은 중수소응축계에서는 자유상태[2, 3]와는 다른 핵과정이 일어난다는것을 보여주고있다.

맺 는 말

2통로열중성자기록체계로 측정한 실험실에서의 자연중성자세기는 $1.1 \cdot 10^{-3} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이며 중수전기분해법으로 Pd전극에 중수소를 흡장시킬 때 방출되는 중성자세기는 자연중성자의 1.2~2.01배이다. 중수소응축계에서 중수소핵의 융합속도는 $2.84 \cdot 10^{-23}$ 개/s로서 중수소분자에서의 핵융합속도보다 10^{50} 배 더 빠르다.

참 고 문 헌

- [1] 한정혁; 원자력, 2, 22, 주체97(2008).
- [2] P. L. Hagelstein et al.; JCMN, 12, 105, 2013.
- [3] L. Kowalskia et al.; Eur. Phys. J. Appl. Phys., 44, 105, 2008.
- [4] P. K. F. Grieder; Cosmic Rays at Earth, Elsevier, 335, 2001.

주체105(2016)년 7월 5일 원고접수

Determination of the Reaction Neutron Intensity compared with Background

Pak Su Il, Jon Myong Gil

The atmospheric neutron intensity in our laboratory measured by two channels count system for thermal neutron is $1.1 \cdot 10^{-3} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, intensity of neutrons, which are released when the neutrons are occluded into the Pd electrode by the electrolysis is 1.2~2.01 times of atmospheric neutron intensity. The fusion rate of deuterium in the condensed deuterium system is $2.84 \cdot 10^{-23}$ count/s, that is 10^{50} times larger than that in molecule of deuterium.

Key words: atmospheric neutron, intensity, reaction neutron