ਅਧਿਆਇ 13
ਨਾਭਿਕ (NUCLEUS)

13.1 ਭੂਮਿਕਾ

ਪਿਛਲੇ ਪਾਠ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਪੜਿਆ ਹੈ ਕਿ ਹਰੇਕ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਧਨ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਪੁੰਜ ਉਸਦੇ ਕੇਂਦਰ ਵਿੱਚ ਕੇਂਦ੍ਰਿਤ ਹੋ ਕੇ ਨਿਊਕਲੀਅਸ(ਨਾਭਿਕ) ਬਣਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦਾ ਆਕਾਰ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਆਕਾਰ ਤੋ ਕਾਫ਼ੀ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। α- ਕਣ ਖਿੰਡਾਉ (α – Particle Scattering Experiment) ਪ੍ਰਯੋਗ ਨੇ ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਹੈ ਕਿ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ, ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਤੋਂ 10^4ਗੁਣਾ ਛੋਟਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਅਰਥ ਹੈ ਕਿ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦਾ ਆਇਤਨ (Volume) ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਆਇਤਨ ਤੋਂ 10^{12} ਗੁਣੇ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਦੂਜੇ ਸਬਦਾਂ ਵਿਚ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਜਿਆਦਾਤਰ ਸਥਾਨ ਖਾਲੀ ਹੈ। ਜੇ ਅਸੀਂ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਆਕਾਰ ਵਧਾਕੇ ਜਮਾਤ ਦੇ ਕਮਰੇ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਕਰ ਦਈਏ ਤਾਂ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਇਸ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਪਿੰਨ ਦੀ ਨੋਕ ਸਾਈਜ਼ ਦਾ ਵਿਖਾਈ ਦੇਵੇਗਾ। ਪਰੰਤੂ, ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਲਗਭਗ ਪੂਰਨ (99.9% ਤੋ ਵੱਧ) ਪੁੰਜ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਵਿਚ ਹੀ ਕੇਂਦ੍ਰਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਬਣਤਰ ਦੇ ਸਮਰੂਪ ਕਿ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੀ ਵੀ ਕੋਈ ਬਣਤਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ? ਜੇ ਇੰਝ ਹੈ ਤਾਂ ਨਿਊਕਲੀਅਸ ਦੇ ਕਿਹੜੇ ਸੰਘਟਕ ਹਨ ? ਇਹ ਸੰਘਟਕ ਪਰਸਪਰ ਕਿਵੇਂ ਸੰਗਠਿਤ ਹਨ। ਇਸ ਪਾਠ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਇਹਨਾ ਪ੍ਰਸ਼ਨਾਂ ਦੇ ਉੱਤਰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਦਾ ਯਤਨ ਕਰਾਂਗੇ।

ਅਸੀਂ ਨਾਭਿਕਾਂ (Nucleus) ਦੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਗੁਣਾ ਜਿਵੇਂ ਇਸਦੇ ਸਾਇਜ,ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਸਥਿਰਤਾ ਦੀ ਚਰਚਾ ਦੇ ਨਾਲ ਇਸਤੋਂ ਸੰਬੰਧਿਤ ਨਿਊਕਲੀਅਰ ਵਰਤਾਰੇ (Nuclear Phenomenon) ਜਿਵੇਂ ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵਤਾ (Radio activity) ਵਿਖੰਡਨ (Fission) ਅਤੇ ਸੰਯੋਜਨ (Fusion) ਬਾਰੇ ਚਰਚਾ ਕਰਾਂਗੇ।

13.2 ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਸੰਰਚਨਾ (Atomic Masses and Composition of Nucleus)

ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਪੁੰਜ ਕਿਲੋਗ੍ਰਾਮ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਕਾਫ਼ੀ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ,ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਕਾਰਬਨ ਪਰਮਾਣੂ ^{12}c ਦਾ ਪੁੰਜ ਹੈ 1.992647 x10^{26}kg । ਇੰਨੀ ਛੋਟੀ ਰਾਸੀਆਂ ਨੂੰ ਮਾਪਣ ਲਈ ਕਿਲੋਗ੍ਰਾਮ ਬਹੁਤ ਸੁਵਿਧਾਜਨਕ ਮਾਤ੍ਰਕ ਨਹੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ,ਪਰਮਾਣੂਆ ਦੇ ਪੁੰਜਾ ਨੂੰ ਮਾਪਣ ਲਈ ਇਕ ਹੋਰ ਮਾਤ੍ਰਕ ਲਿਆਇਦਾ ਗਿਆ। ਇੱਸ ਮਾਤ੍ਰਕ ਨੂੰ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਮਾਤ੍ਰਕ (Atomic Mass Unit (u) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਸਨੂੰ 12_c ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦੇ ਬਾਹਰਵੇ 1/12ਵੇ ਭਾਰ ਨਾਲ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਅਨੁਸਾਰ

$$1u = \frac{12c \text{ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਪੁੰਜ}}{12}$$

$$= \frac{1.992647 \times 10^{-26} \text{ kg}}{12}$$

$$= 1.660539 \times 10^{-27} \text{ kg} \qquad (13.1)$$

ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਮਾਤ੍ਰਕ (u) ਵਿੱਚ ਦਰਸ਼ਾਉਨ ਤੇ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਤੱਤਾ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ, ਹਾਈਡੋਰਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦੇ ਪੂਰਨ ਗੁਣਜ ਦੇ ਨੇੜੇ ਪਾਏ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਪਰੰਤੂ ਇਸ ਨਿਯਮ ਦੇ ਕਈ ਅਪਵਾਦ ਵੀ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ,ਕਲੋਰੀਨ ਦਾ ਪੁੰਜ 35.46u ਹੈ। ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜਾਂ ਦਾ ਸਟੀਕ ਮਾਪਣ ਪੁੰਜ ਸਪੈਕਟੋਮੀਟਰ (mass spectrometer) ਦੁਆਰਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜਾਂ ਨੂੰ ਮਾਪਣ ਤੇ ਪਤਾ ਚਲਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇੱਕ ਹੀ ਤੱਤ ਦੇ ਵੱਖ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੇ ਇਹੋ ਜਿਹੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦਾ ਅੱਸਤਿਤਵ ਹੈ ਜਿਹਨਾਂ ਦੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਗੁਣ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਪਰੰਤੂ ਇਹਨਾ ਦੇ ਪੁੰਜਾ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ

ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਹੀ ਤੱਤ ਦੀ ਇਹੋ ਜਿਹੀ ਪਰਮਾਣੂ ਪ੍ਰਜਾਤੀਆਂ ਜਿਹਨਾ ਦੇ ਪੁੰਜਾਂ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਸਮਸਥਾਨਕ(Isotopes) ਕਹਾਂਉਦੀਆਂ ਹਨ। ਯੂਨਾਨੀ ਸ਼ਬਦ ਆਈਸੋਟੋਪ ਦਾ ਪੰਜਾਬੀ ਅਰਥ ਸਮਸਥਾਨਕ ਹੈ, ਇਹ ਨਾਮ ਇਸ ਕਾਰਨ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ ਕਿਉਂਕੀ ਤੱਤਾਂ ਦੀ ਆਵਰਤੀ ਸਾਰਨੀ ਵਿੱਚ ਇਹ ਸਾਰੇ ਇੱਕ ਹੀ ਸਥਾਨ ਤੇ ਰੱਖੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ। ਸ਼ੋਧ ਤੇ ਪਤਾ ਚੱਲਿਆ ਕਿ ਹਰੇਕ ਤੱਤ ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਕਈ ਸਮਸਥਾਨਕਾਂ ਦਾ ਮਿਸ਼ਰਣ ਹੈ। ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸਮਸਥਾਨਕਾਂ ਦੀ ਸਾਪੇਖੀ ਅਧਿਕਤਾ ਤੱਤ ਬਦਲਨ ਦੇ ਨਾਲ ਬਦਲਦੀ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਕਲੋਰੀਨ ਦੇ ਦੋ ਸਮਸਥਾਨਕ ਹਨ। ਜਿਹਨਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਕ੍ਰਮਵਾਰ 39.98 u ਅਤੇ 36.98 u ਹਨ, ਜੋ ਕਿ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਦੇ ਪੂਰਨ ਗੁਣਜ ਦੇ ਨਿਕਟ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਸਮਸਥਾਨਕਾਂ ਦੀ ਸਾਪੇਖ ਅਧਿਕਤਾ ਕ੍ਰਮਵਾਰ:75.4 ਅਤੇ 24.6 ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਕਾਰ ਪ੍ਰਾਕ੍ਰਿਤਿਕ ਕਲੋਰੀਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਪੁੰਜ ਇਹਨਾ ਸਮਸਥਾਨਕਾਂ ਦਾ ਭਾਰਿਤ ਮੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰਾਕ੍ਰਿਤਿਕ ਕਲੋਰੀਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ ਪੁੰਜ ਹੈ,

$$= \frac{75.4 \times 34.98 + 24.6 \times 36.98}{100}$$

$$= 35.474$$

ਜੋ ਕਿ ਕਲੋਰੀਨ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਦੇ ਨਾਲ ਮੇਲ ਖਾਂਦਾ ਹੈ। ਇੱਥੋ ਤੱਕ ਕਿ ਸਭ ਤੋਂ ਹਲਕੇ ਤੱਤ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਵੀ ਤਿੰਨ ਸਮਸਥਾਨਕ ਹਨ ਜਿਹਨਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜ 1.00078 u, 2.0141 u ਅਤੇ 3.0160 u ਹੈ। ਸਭ ਤੋਂ ਹਲਕੇ ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਜਿਸਦੀ ਮਾਪੇਖ ਅਧਿਕਤਾ 99.985% ਹੈ,ਦਾ ਨਾਭਿਕ,ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਕਹਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦਾ ਪੁੰਜ ਹੈ।

$$m_p = 1.007274\ u = 1.67262\ 10^{-27}\ Kg \qquad (13.2)$$

ਇਹ ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਪੁੰਜ 1.00783 u ਵਿੱਚੋ,ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਪੁੰਜ M_e =0.00055 u ਨੂੰ ਘਟਾਉਣ ਤੋ ਪ੍ਰਾਪਤ ਪੁੰਜ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਦੇ ਦੂਜੇ ਦੋ ਸਮਸਥਾਨਕ ਡਊਟੀਰੀਅਮ (deuterium) ਅਤੇ ਟ੍ਰਾਇਟਿਅਮ (tritium) ਕਹਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਟ੍ਰਾਇਟਿਅਮ ਨਾਭਿਕ ਅਸਥਿਰ ਹੋਣ ਕਾਰਨ ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਨਹੀ ਪਾਏ ਜਾਂਦੇ ਅਤੇ ਬਨਾਵਟੀ ਵਿਧੀਆਂ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾਵਾਂ ਵਿਚ ਬਣਾਏ ਜਾਂਦੇ ਹਨ।

ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਧਨ ਚਾਰਜ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦਾ ਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਉੱਤੇ ਇਕ ਇਕਾਈ ਧਨ ਚਾਰਜ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਸਥਿਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਪਹਿਲੇ ਇਹ ਵਿਚਾਰ ਸੀ ਕਿ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਪਰ ਕੁਆਂਟਮ(Quantum— —ਸਿਧਾਂਤਾ ਤੇ ਆਧਾਰਿਤ ਤਰਕਾਂ ਦੇ ਕਾਰਨ ਇਸ ਮਾਨਤਾ ਨੂੰ ਨਕਾਰ ਦਿੱਤਾ ਗਿਆ। ਕਿਸੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਸਾਰੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉਸਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਬਾਹਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਬਾਹਰ ਇਹਨਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਉਸਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਅੰਕ Z'ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਕੁੱਲ ਚਾਰਜ (-Ze) ਉਸਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਕੁੱਲ ਚਾਰਜ (+Ze) ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕੀ ਪਰਮਾਣੂ ਉਦਾਸੀਨ (neutral) ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ, ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ, ਇਸਦਾ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਅੰਕ Z' ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਖੋਜ (Discovery of Neutron)

ਕਿਉਂਕੀ ਡਊਟੀਰੀਅਮ (Deuterium) ਅਤੇ ਟ੍ਰਿਟੀਅਮ (Tritium) ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਦੇ ਹੀ ਸਮਸਥਾਨਕ ਹਨ, ਇਹਨਾ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਵਿਚ ਇਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਡਊਟੀਰੀਅਮ ਅਤੇ ਟ੍ਰਾਈਟੀਅਮ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜਾਂ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ 1:2:3 ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਡਊਟੀਰੀਅਮ ਅਤੇ ਟ੍ਰਾਈਰੀਅਮ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਤੋ ਇਲਾਵਾ ਕੁੱਝ ਉਦਾਸੀਨ ਮਾਦਾ ਵੀ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ। ਇਹਨਾ ਸਮਸਥਾਨਕਾ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਵਿੱਚ ਉਦਾਸੀਨ ਮਾਦਾ ਦੀ ਮਾਤਰਾ ਨੂੰ ਜੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ-ਪੁੰਜ ਦੀ ਇਕਾਈਆ ਵਿਚ ਵਿਉਤਪਤ ਕਰੀਏ ਤਾਂ ਇਹ ਕ੍ਰਮਵਾਰ ਇੱਕ ਅਤੇ ਦੋ ਦੇ ਲਗਭਗ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਤੱਥ ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਦੇ ਇਲਾਵਾ ਇਹ ਉਦਾਸੀਨ ਮਾਦਾ ਵੀ ਇਕ ਮੂਲ ਇਕਾਈ ਦੇ ਗੁਣਜਾਂ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਦੀ ਸਚਾਈ, 1932 ਵਿੱਚ, ਜੇਮਸ

ਚੈਡਵਿਕ (James Chadwick) ਦੁਆਰਾ ਕੀਤੀ ਗਈ ਜਿਹਨਾਂ ਨੇ ਵੇਖਿਆ ਜਦ ਬੇਰੀਲੀਅਮ ਨਾਭਿਕਾਂ ਤੇ ਐਲਫਾ ਕਣਾਂ (ਐਲਫਾ ਕਣ, ਹੀਲੀਅਮ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜਿਹਨਾ ਬਾਰੇ ਅਸੀਂ ਅੱਗੇ ਚਰਚਾ ਕਰਾਂਗੇ)ਦੀ ਬੁਛਾੜ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਤਾਂ ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋ ਕੁਝ ਉਦਾਸੀਨ ਵਿਕਿਰਣ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਵੀ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਕਿ ਇਹ ਉਦਾਸੀਨ ਵਿਕਿਰਨ,ਹੀਲੀਅਮ, ਕਾਰਬਨ ਅਤੇ ਨਾਈਟ੍ਰੋਜਨ ਵਰਗੇ ਹਲਕੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਨਾਲ ਟਕਰਾਕੇ ਉਸਦੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਬਾਹਰ ਕੱਢਦੇ ਹਨ। ਉਸ ਵੇਲੇ ਸਿਰਫ ਇਕ ਮਾਤਰ ਉਦਾਸੀਨ ਵਿਕਿਰਨ ਫੋਟਾਨ (Photon) (ਬਿਜਲ ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕਿਰਨ) ਹੀ ਗਿਆਤ ਸੀ। ਓਰਜਾ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਦੇ ਨਿਯਮਾਂ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਨ ਤੇ ਪਤਾ ਲੱਗਿਆ ਕਿ ਜੇ ਇਹ ਉਦਾਸੀਨ ਵਿਕਿਰਨ ਫੋਟਾਨਾਂ ਦੇ ਬਣੇ ਹੁੰਦੇ ਤਾਂ ਇਹਨਾ ਦੀ ਊਰਜਾ ਓਹਨਾ ਵਿਕਿਰਨਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਜਿਆਦਾ ਹੁੰਦੀ ਜੋ ਕਿ ਬੇਰੀਲੀਅਮ ਨਾਭਿਕਾਂ ਉੱਤੇ ਐਲਫਾ ਕਣਾਂ ਦੀ ਬੁਛਾੜ ਤੋ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਔਕੜ ਦੇ ਹਲ ਦਾ ਸੂਤਰ,ਜਿਸਨੂੰ ਚੈਡਵਿਕ ਨੇ ਸੰਤੋਸਜਨਕ ਢੰਗ ਨਾਲ ਹਲ ਕੀਤਾ ਇਹ ਮਨ ਕੇ ਕਿ ਉਦਾਸੀਨ ਵਿਕਿਰਨਾਂ ਵਿੱਚ ਇਕ ਨਵੀ ਤਰ੍ਹਾ ਦੇ ਕਣ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜਿਹਨਾ ਨੂੰ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ (neutron) ਆਖਦੇ ਹਨ। ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਸੰਵੇਗ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਦੇ ਓਹਨਾ ਨੇ ਇੱਸ ਨਵੇ ਕਣ ਦਾ ਪੁੰਜ ਪਤਾ ਕਰਨ ਵਿਚ ਸਫਲਤਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤੀ,ਜਿਸਨੂੰ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦੇ ਲਗਭੱਗ ਬਰਾਬਰ ਪਾਇਆ ਗਿਆ। ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਪੁੰਜ ਨੂੰ ਸਟੀਕਤਾ ਨਾਲ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਇਹ ਹੈ-$m_n = 1.00866\ u = 1.6749 \times 10^{-27}\ kg$ [13.3) ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਖੋਜ ਲਈ ਚੈਡਵਿਕ ਨੂੰ 1935 ਦੇ ਨੱਬਲ ਇਨਾਮ ਨਾਲ ਨਵਜਿਆ ਗਿਆ। ਇੱਕ ਮੁਕਤ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੇ ਉਲਟ ਇੱਕ ਮੁਕਤ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਅਸਥਾਈ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਇਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ,ਇਕ ਇਲੈੱਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਇਕ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਟ੍ਰਿਨੋ (ਹੋਰ ਮੂਲ ਕੁਣ) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਟੁੱਟ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸਦੀ ਔਸਤ ਉਮਰ 1000s ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਪਰੰਤੂ, ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਇਹ ਸਥਾਈ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਹੁਣ, ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਸੰਰਚਨਾ ਹੇਠਾ ਲਿਖੇ-ਪਦਾਂ ਅਤੇ ਸੰਕੇਤਾ ਚਿਨ੍ਹਾਂ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਕੇ ਦਰਸਾਈ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ।

Z- ਪਰਮਾਣੂ ਅੰਕ - ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ [13.4(a)]

N- ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਸੰਖਿਆ-ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ [13.4(b)]

A= ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ = $Z + N$ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਦੀ ਕੁਲ ਸੰਖਿਆ-[13.4(c)] ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਲਈ ਨਿਊਕਲਿਆੱਨ (nucleon) ਸਬਦ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਵੀ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਲਈ ਕਿਸੇ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿਚ ਨਿਊਕਲਿਆਨ ਸੰਖਿਆ ਉਸਦੀ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ A ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕ ਪ੍ਰਜਾਤੀ ਜਾਂ ਨਾਭਿਕ ਨੂੰ ਸੰਕੇਤ $^A_Z X$ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿੱਥੇ X ਉਸ ਪ੍ਰਜਾਤੀ ਦਾ ਰਸਾਇਣਿਕ ਸੰਕੇਤ ਹੈ। ਓਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਸੋਨੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਨੂੰ ਸੰਕੇਤ $^{197}_{79}Au$ ਦੁਆਰਾ ਦਰਸ਼ਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਵਿਚ 197 ਨਿਊਕਲਿਅਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਜਿਸ ਵਿਚ 79 ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ 118 ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਹੁਣ ਕਿਸੇ ਤੱਤ ਦੇ ਸਮਸਥਨਕਾ ਦੀ ਸੰਰਚਨਾ ਨੂੰ ਸੋਖੇ ਹੀ ਸਮਝਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਤੱਤ ਦੇ ਸਮਸਥਨਕਾਂ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਵਿਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਤਾਂ ਸਮਾਨ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ ਪਰੰਤੂ ਇਹ ਇੱਕ ਦੂਜੇ ਨਾਲ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆਂ ਪੱਖੋਂ ਵੱਖ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਡਿਊਟੀਰੀਅ ^2_1H ਜੋ ਕਿ ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਦਾ ਇਕ ਸਮਸਥਾਨਕ ਹੈ ਇਸ ਵਿੱਚ ਇਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ ਇੱਕ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਦੇ ਦੂਜੇ ਸਮਸਥਾਨਕ ਟ੍ਰਾਈਟੀਅਮ ^3_1H ਵਿਚ ਇਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ ਦੋ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਤੱਤ ਸੋਨੇ ਦੇ 32 ਸਮਸਥਾਨਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਜਿਸਦੀ ਰੇਂਜ A=173 ਤੋ A=204 ਤੱਕ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਹ ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾ ਹੀ ਦੱਸ ਚੁੱਕੇ ਹਾਂ ਕਿ ਤੱਤਾਂ ਦੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਗੁਣ ਓਹਨਾ ਦੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਬਣਤਰ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਕਿਉਂਕੀ, ਸਮਸਥਾਨਕ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਿਕ ਬਣਤਰ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਓਹਨਾ ਦਾ ਰਸਾਇਣਿਕ ਵਿਵਹਾਰ ਵੀ ਇੱਕੋ ਜਿਹਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸ ਕਰਕੇ ਓਹਨਾ ਨੂੰ ਆਵਰਤ ਸਾਰਨੀ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਹੀ ਸਥਾਨ ਤੇ ਰਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਇਹੋ ਜਿਹੇ ਸਾਰੇ ਨਾਭਿਕ ਜਿਹਨਾ ਦੀ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ A ਸਮਾਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਆਈਸੋਬਾਰ (isobar) ਕਹਿਲਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ, ਨਾਭਿਕ ^3_1H ਅਤੇ ^3_2He, ਆਈਸੋਬਾਰ (isobar) ਹਨ। ਉਹ ਨਾਭਿਕ ਜਿਹਨਾ ਦੀ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਸੰਖਿਆ N ਸਮਾਨ ਹੋਵੇ ਪਰੰਤੂ ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਖਿਆ Z ਵੱਖ ਹੋਵੇ ਨੂੰ ਆਈਸੋਟੋਨ (isotones) ਆਖਦੇ ਹਨ। ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ $^{198}_{80}Hg$ ਅਤੇ $^{197}_{79}Au$, ਆਈਸੋਟਾਨ ਹਨ।

13.3 ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਸਾਈਜ

ਜਿਵੇ ਅਸੀ ਪਾਠ-12 ਵਿਚ ਵੇਖਿਆ,ਰਦਰਫੋਰਡ ਓਹ ਪਹਿਲੇ ਵਿਗਿਆਨੀ ਸੀ ਜਿਹਨਾ ਨੇ ਪਰਮਾਣੂ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਹੋਂਦ ਦੀ ਪਰਿਕਲਪਨਾ ਅਤੇ ਸਥਾਪਨਾ ਕੀਤੀ। ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਸੁਝਾਵ ਤੇ ਗੀਗਰ ਅਤੇ ਮਾਰਸਡਨ (Geiger and marsdan) ਨੇ ਸੋਨੇ ਦੇ ਵਰਕ ਤੇ ਐਲਫਾ ਕਣਾ ਦੇ ਖਿੰਡਾਅ ਸਬੰਧੀ ਪ੍ਰਸਿਧ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕੀਤਾ। ਉਹਨਾ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਤੋ ਇਹ ਸਪਸ਼ਟ ਹੋਇਆ ਕਿ 5.5MeV ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਐਲਫਾ ਕਣਾਂ ਦੀ ਸੋਨੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾ ਦੇ ਨਿਕਟਮ ਪਹੁੰਚ ਦੀ ਦੂਰੀ ਲਗਭਗ $4.0\text{x}10^{-14}$m ਹੈ। ਸੋਨੇ ਦੀ ਪਰਤ ਤੋ ਐਲਫਾ ਕਣਾਂ ਦੇ ਖਿੰਡਾਅ ਨੂੰ ਰਦਰਫੋਰਡ ਨੇ ਇਹ ਮੰਨਕੇ ਸਮਝਾਇਆ ਕਿ ਖਿੰਡਾਅ ਦੇ ਲਈ ਸਿਰਫ ਕੂਲਮ (Coulomb) ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਕਰਸ਼ਣ ਬਲ ਹੀ ਜਿੰਮੇਵਾਰ ਹੈ। ਕਿਉਂਕੀ, ਧਨਾਤਮਕ ਚਾਰਜ ਨਾਭਿਕ ਵਿਚ ਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਅਸਲ ਸਾਈਜ $4.0\text{x}10^{-14}$m ਤੋ ਘੱਟ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ।

ਜੇ ਅਸੀਂ 5.5MeV ਤੋ ਅਧਿਕ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ α-ਕਣਾਂ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰੀਏ ਤਾਂ ਇਸਦੇ ਸੋਨੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਨਿਕਟਮ ਪਹੁੰਚ ਦੀ ਦੂਰੀ ਹੋਰ ਵੀ ਘੱਟ ਹੋ ਜਾਵੇਗੀ ਅਤੇ ਤੱਦ ਖਿੰਡਾਅ (Scattering) ਘੱਟ ਰੇਂਜ ਦੇ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲਾ ਤੋ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਹੋਣ ਲੱਗੇਗਾ ਅਤੇ ਰੁਦਰਫੋਰਡ ਦੁਆਰਾ ਕੀਤੇ ਗਏ ਪਰਿਕਲਨ ਤੋ ਪ੍ਰਾਪਤ ਮਾਨ ਬਦਲ ਜਾਣਗੇ ਰੁਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਪਰਿਕਲਨ ਐਲਫਾ ਕਣਾਂ ਅਤੇ ਸੋਨੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਚਾਰਜ ਯੁਕਤ ਕਣਾ ਦੇ ਪਰਸਪਰ ਲੱਗਣ ਵਾਲੇ ਸੁੱਧ ਕੂਲਮ ਪ੍ਰਤੀਕਰਸਣ ਬਲ ਤੇ ਅਧਾਰਤ ਹਨ। ਉਸ ਦੂਰੀ ਦੁਆਰਾ ਜਿਸ ਤੇ ਰਦਰਫੋਰਡ ਦੇ ਪਰਿਕਲਨਾ (Calculation) ਵਿੱਚ ਆਉਣ ਵਾਲੇ ਅੰਤਰ ਸਪੱਸ਼ਟ ਹੋਣ ਲੱਗਦੇ ਹਨ, ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਸਾਈਜਾ ਦੇ ਇਸੇ ਬਾਰੇ ਇਸਤੋਂ ਸਿੱਟਾ ਕੱਢਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

ਇਹੋ ਜਿਹੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਕੇ ਜਿਥੇ-α ਕਣਾ ਦੇ ਸਥਾਨ ਤੇ ਤੇਜ ਗਤੀ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਤੱਤਾਂ ਦੇ ਉਤੇ ਬੁਛਾੜ ਕੀਤੀ ਗਈ ਹੋਵੇ, ਇਹਨਾ ਤੱਤਾ ਦੇ ਨਾਭਿਕੀ ਸਾਈਜ ਬਹੁਤ ਦੀ ਨੇੜਤਾ ਨਾਲ ਗਿਆਤ ਕੀਤੇ ਗਏ।

ਇਹ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਕਿ Á ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਹੈ।

$R=R_0 A^{1/3}$

ਜਿਥੇ- $R_0 = 1.2\text{x}10^{15}$ m ਹੈ।

ਇਸਦਾ ਅਰਥ ਹੈ ਕਿ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਆਇਤਨ (ਜੋ R^3 ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੈ) ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ Á ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਘਣਤਵ ਸਥਿਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਸਾਰੇ ਨਾਭਿਕਾ ਲਈ ਇਸਦਾ ਮਾਨ Á ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀ ਕਰਦਾ। ਵੱਖ-ਵੱਖ ਨਾਭਿਕ ਇਸ ਸਥਿਰ ਘਣਤਵ ਦ੍ਰਵ ਦੀ ਬੂੰਦ ਵਰਗੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਨਾਭਿਕੀ ਦ੍ਰਵ ਦਾ ਘਣਤਵ ਲਗਭਗ 2.3×10^{17} kg m^{-3} ਹੈ। ਆਮ ਪਦਾਰਥਾ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਇਸ ਘਣਤਵ ਦਾ ਮਾਨ ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜਿਵੇ ਪਾਣੀ ਲਈ ਘਣਤਵ ਸਿਰਫ 10^3 kg m^{-3} ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤੱਥ ਨੂੰ ਆਸਾਨੀ ਨਾਲ ਸਮਝਿਆ ਵੀ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿਉਂਕੀ ਅਸੀ ਇਹ ਪਹਿਲਾ ਹੀ ਵੇਖ ਚੁੱਕੇ ਹਾਂ ਕਿ ਪਰਮਾਣੂ ਜਿਆਦਾਤਰ ਅੰਦਰੋ ਖਾਲੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਆਮ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਤੋ ਬਣੇ ਦ੍ਰਵਾਂ ਵਿਚ ਬੜੀ ਮਾਤਰਾ ਵਿਚ ਖਾਲੀ ਸਥਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਓਦਾਹਰਨ 13.1 ਲੋਹੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਪੁੰਜ 55.85 u ਅਤੇ Á=56 ਹੈ,ਇਸਦਾ ਨਾਭਿਕੀ ਘਣਤਵ ਗਿਆਤ ਕਰੋ।

ਹਲ:- $m_{Fe} = 55.85$ u

$u = 9.27 \times 10^{-26}$ kg

ਨਾਭਿਕੀ ਘਣਤਵ = $\frac{\text{ਆਇਤਨ}}{\text{ਪੁੰਜ}} = \frac{9.27 \times 10^{-26}}{(4\pi/3)(1.2 \times 10^{-15})^3} \times \frac{1}{56}$

$= 2.29\text{x}10^{17}$ kg m^{-3}

ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਤਾਰੇ (ਇਕ ਪੁਲਾੜ ਭੋਤਿਕੀ ਪਿੰਡ) ਵਿੱਚ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਘਣਤਵ ਇੱਸ ਘਣਤਵ ਦੇ ਨਾਲ ਤੁਲਨਾ ਬਰਾਬਰ ਹੈ। ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਇਹਨਾ ਤਾਰਿਆਂ ਵਿੱਚ ਪੁੰਜ ਇਸ ਕਦਰ ਸੰਪੀੜ੍ਹ ਹੋ ਗਿਆ ਹੈ ਜਿਸ ਕਾਰਨ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਤਾਰੇ ਆਪ ਇਕ ਵੱਡੇ ਨਾਭਿਕ ਵਾਂਗ ਵਿਚਰਦੇ ਹਨ।

13.4 ਪੁੰਜ-ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਨਾਭਿਕੀ-ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ (Mass Energy and Nuclear Binding Energy)

13.4.1 ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ

ਆਇਨਸਟਾਈਨ ਨੇ ਆਪਣੇ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਸਾਪੇਖਿਤਾ ਸਿਧਾਂਤ (Special theory of relativity) ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਕੀ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਇਕ ਰੂਪ ਹੈ। ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਸਾਪੇਖਿਤਾ ਸਿਧਾਂਤ ਤੋ ਪਹਿਲਾ ਇਹ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਸੀ ਕਿ ਕਿਸੇ ਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਊਰਜਾ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਸੁਰਖਿਅਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਪਰੰਤੂ ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਨੇ ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਪੁੰਜ ਸਿਰਫ ਊਰਜਾ ਦਾ ਰੂਪ ਹੈ ਅਤੇ ਅਸੀਂ ਪੁੰਜ-ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਊਰਜਾ ਦੇ ਹੋਰ ਰੂਪਾਂ,ਜਿਵੇ,ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਵਿਚ ਬਦਲ ਸਕਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਉਲਟ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਪੁੰਜ ਵਿੱਚ ਬਦਲਨਾ ਵੀ ਸੰਭਵ ਹੈ।

ਇਸਦੇ ਲਈ ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਨੇ ਜਿਹੜਾ ਮਸ਼ਹੂਰ ਪੁੰਜ-ਊਰਜਾ ਸਮਾਨਤਾ ਸਬੰਧ ਦਿੱਤਾ ਓਹ ਹੈ

$$E = m c^2 \qquad (13.6)$$

ਇਥੇ E, ਪੁੰਜ m ਦੇ ਸਮਤਲ ਊਰਜਾ ਹੈ ਅਤੇ C ਨਿਰਵਾਯੂ ਵਿਚ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਦੀ ਚਾਲ ਹੈ ਜਿਸਦਾ ਮਾਨ $3x10^8$ ਅਤੇ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ 13.2- 1g ਪਦਾਰਥ ਦੇ ਸਮਤਲ ਊਰਜਾ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ।

$$E = mc^2$$

ਹਲ: ਊਰਜਾ, $E = 10^{-3} x (3x10^8)^2$ J

$$E = 10^{-3} x\, 9x10^{16}\, J = 9x10^{13} J$$

ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਜੇ ਇਕ ਗ੍ਰਾਮ ਪਦਾਰਥ ਨੂੰ ਵੀ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ ਰੁਪਾਂਤਰਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਇਸਤੋ ਊਰਜਾ ਦੀ ਵਿਸ਼ਾਲ ਮਾਤਰਾ ਮੁਕਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

ਆਈਨਸਟਈਨ ਦੇ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ ਸਬੰਧ ਦੀ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਸਚਾਈ,ਨਿਊਕਲੀਅਨਾਂ,ਨਾਭਿਕਾਂ,ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਅਤੇ ਹੋਰ ਹਾਲ ਹੀ ਵਿੱਚ ਖੋਜੇ ਗਏ ਕਣਾਂ ਵਿੱਚ ਹੋਣ ਵਾਲੀ ਨਾਭਿਕੀ-ਅਭਿਕਿਰਿਆਂਵਾ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਵਿਚ ਹੋ ਚੁੱਕੀ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਸੁਰਖਿਅਣ ਨਿਯਮ ਇਹ ਕਹਿੰਦਾ ਹੈ ਕਿ ਆਰੰਭਿਕ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਅੰਤਿਮ ਊਰਜਾ ਬਰਾਬਰ ਹਨ ਬਸ਼ਰਤੇ ਕਿ ਪੁੰਜ ਤੋ ਸਬੰਧਤ ਊਰਜਾ ਵੀ ਇਸ ਵਿਚ ਪਾ ਲਈ ਜਾਵੇ। ਇਹ ਸੰਕਲਪ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਪਰਸਪਰ ਕਿਰਿਆਵਾਂ ਨੂੰ ਸਮਝਣ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ। ਇਹੋ ਪਾਠ ਦੇ ਅਗਲੇ ਕੁਝ ਅਨੁਭਾਗਾ ਦੀ ਵਿਸ਼ੇ-ਵਸਤੂ ਹੈ।

13.4.2 ਨਾਭਿਕੀ-ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ

ਅਨੁਭਾਗ 13.2 ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਵੇਖੀਆ ਕਿ ਨਾਭਿਕ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦਾ ਬਣਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਭਾਵੀ ਪੁੰਜ,ਇਸ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦੇ ਕੁਲ ਜੋੜ $\sum m$ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੋਵੇਗਾ। ਪਰੰਤੂ ਨਾਭਿਕ ਪੁੰਜ M,ਹਮੇਸ਼ਾ $\sum m$ ਤੋ ਘੱਟ ਪਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਆਉ, ਅਸੀਂ ${}^{16}_{8}O$ ਨੂੰ ਲਈਏ। ਇਸ ਵਿੱਚ 8 ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ 8 ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ,

8 ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਪੁੰਜ =8x1.008664 u

8 ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦਾ ਪੁੰਜ =8x1.007274 u

8 ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਪੁੰਜ =8x0.000554 u

ਇਸ ਲਈ ${}^{16}_{8}O$ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਭਾਵੀ ਪੁੰਜ =8x2.015934 =16.127444 u

ਪੁੰਜ ਸਪੈਕਟ੍ਰਾਸਕੋਪੀ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ $^{16}_{8}O$ ਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ 15.99493 u ਹੈ। ਇਸ ਵਿੱਚੋਂ 8 ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ ਪੁੰਜ (8x0.000554) ਘਟਾਉਣ ਤੇ $^{16}_{8}O$ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗਕਿ ਮਾਨ 15.990534 u ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਅਸੀਂ ਵੇਖਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਆਕਸੀਜਨ $^{16}_{8}O$ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਪੁੰਜ ਇਸਦੇ ਘਟਕਾਂ ਦੇ ਕੁੱਲ ਪੁੰਜ ਨਾਲੋਂ 0.136914 u ਘੱਟ ਹੈ। ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਘਟਕਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਵਿੱਚ ਅੰਤਰ ΔM ਨੂੰ ਪੁੰਜ ਦੋਸ਼ (Mass defect) ਆਖਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਮਾਨ ਇੰਝ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ:

$$\Delta M = [Zm_p + (A - Z)m_n] - M \qquad (13.7)$$

ਪੁੰਜ ਦੋਸ਼ (mass defect) ਦਾ ਕੀ ਅਰਥ ਹੈ ?

ਇੱਥੇ ਆਈਨਸਟਾਈਨ ਦਾ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ ਸਮਤੁਲਤਾ ਸਿਧਾਂਤ ਆਪਣੀ ਭੂਮਿਕਾ ਨਿਭਾਉਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਉਂਕਿ ਆਕਸੀਜਨ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਪੁੰਜ ਇਸਦੇ ਘਟਕਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦੇ ਯੋਗ (ਅਬੰਧਿਤ ਅਵਸਥਾ (unbound state)) ਵਿੱਚ 8 ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ 8 ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦਾ) ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਆਕਸੀਜਨ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਸਮਤੁਲ ਊਰਜਾ ਇਸਦੇ ਘਟਕਾਂ ਦੀ ਸਮਤੁਲ ਊਰਜਾ ਦੇ ਯੋਗ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਤੁਸੀਂ ਆਕਸੀਜਨ ਨਾਭਿਕ ਨੂੰ 8 ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਅਤੇ 8 ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਵਿੱਚ ਵਿਭਾਜਿਤ ਕਰੋ ਤਾਂ ਤੁਹਾਨੂੰ ਇਹ ਵਾਧੂ ਊਰਜਾ $\Delta M c^2$ ਇਸ ਨਾਭਿਕ ਨੂੰ ਦੇਣੀ ਹੋਵੇਗੀ ਇਸਦੇ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਊਰਜਾ E_b ਪੁੰਜ ਦੋਸ਼ ਦੇ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸਮੀਕਰਨ ਦੁਆਰਾ ਸਬੰਧਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ:

$$E_b = \Delta M c^2 \qquad (13.8)$$

ਉਦਾਹਰਨ 13.3 ਇੱਕ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਮਾਤਰਕ ਦੇ ਸਮਤਲ ਊਰਜਾ ਦਾ ਮਾਨ ਪਹਿਲੇ ਜੂਲ ਅਤੇ ਬਾਅਦ ਵਿੱਚ MeV. ਵਿੱਚ ਗਿਆਤ ਕਰੋ । ਇਸਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਕੇ $^{16}_{8}O$ ਦੀ ਪੁੰਜ ਦੋਸ਼ MeV/c^2 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਓ।

ਹੱਲ $1u = 1.6605 \times 10^{-27}$ kg

ਇਸਨੂੰ ਊਰਜਾ ਦੇ ਮਾਤਰਕਾਂ ਵਿੱਚ ਬਦਲਣ ਲਈ ਅਸੀਂ ਇਸਨੂੰ c^2 ਨਾਲ ਗੁਣਾਂ ਕਰਦੇ ਹਾਂ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਸਮਤਲ ਊਰਜਾ

$= 1.6605 \times 10^{-27} \times (2.9979 \times 10^8)^2 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$

$= 1.4924 \times 10^{-10}$ J

$= \dfrac{1.4924 \times 10^{-10}}{1.602 \times 10^{-19}}$ eV

$= 0.9315 \times 10^9$ eV

$= 931.5$ MeV

ਅਤੇ $1u = 931.5$ MeV/c^2

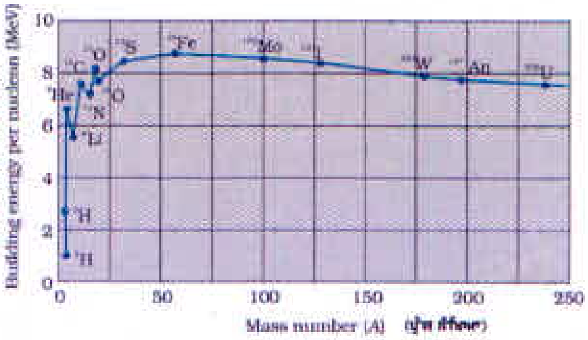
$^{16}_{8}O$ ਦੇ ਲਈ $\Delta M = 0.13691$ u $= 0.13691 \times 931.5$ MeV/c^2

$= 127.5$ MeV/c^2

$^{16}_{8}O$ ਨੂੰ ਇਸਦੇ ਘਟਕਾਂ ਵਿੱਚ ਵਿਭਾਜਿਤ ਕਰਨ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਊਰਜਾ 127.5 MeV/c^2 ਹੈ।

ਜੇ ਕੁਝ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਨੂੰ ਨੇੜੇ-ਨੇੜੇ ਲਿਆ ਕੇ ਇਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਪੁੰਜ ਵਾਲਾ ਇੱਕ ਨਾਭਿਕ ਬਣਾਇਆ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਇਸ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ E_b ਊਰਜਾ ਮੁਕਤ ਹੋਵੇਗੀ। ਊਰਜਾ ΔE_b ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਬੰਧਨ-ਊਰਜਾ (Binding Energy) ਕਹਾਉਂਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਸਾਨੂੰ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਕਰਨਾ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ ਇਹਨਾਂ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਕੁਲ ਊਰਜਾ E_b ਦੇਣੀ ਪਵੇਗੀ।

ਭਾਵੇਂ ਅਸੀਂ ਨਾਭਿਕ ਨੂੰ ਇਸ ਤਰਾਂ ਤੋੜ ਨਹੀਂ ਸਕਦੇ ਫਿਰ ਵੀ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਇਹ ਤਾਂ ਦੱਸਦੀ ਹੀ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਨਿਊਕਲੀਆਨ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਕਿੰਨੇ ਵਧੀਆ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਜੁੜੇ ਹਨ। ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਕਣਾਂ ਦੀ ਬੰਧਨ ਸ਼ਕਤੀ ਦਾ ਇੱਕ ਹੋਰ ਵੱਧ ਉਪਯੋਗੀ ਮਾਪ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਆਨ (Binding energy per nucleon) E_{bn} , ਹੈ। ਜੋ ਕਿ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ E_{bn} , ਅਤੇ ਇਸ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਨਿਊਕਲੀਅਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ A ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ ਹੈ। $\Delta E_{bn} = E_b/A$ (13.9)



ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਅਨ

ਅਸੀਂ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਅਨ ਨੂੰ ਇੰਝ ਮੰਨ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਇਹ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕ ਤੋਂ ਇਸਦੇ ਨਿਊਕਲੀਆਨਾਂ ਤੋਂ ਵੱਖ ਕਰਨ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਊਰਜਾ ਹੈ।

ਚਿੱਤਰ 13.1 ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਸਾਰੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਲਈ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਆਨ E_{bn} ਅਤੇ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ A ਵਿੱਚ ਗ੍ਰਾਫ ਖਿੱਚਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਸ ਗ੍ਰਾਫ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ ਵੇਖਦੇ ਹਾਂ ਕਿ

1) ਵਿਚਲੀਆਂ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ($30<A<170$) ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਆਨ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ E_{bn}, ਦਾ ਮਾਨ ਸਥਿਰ ਹੈ ਅਤੇ ਪਰਮਾਣੂ ਅੰਕ ਨਾਲ ਨਹੀਂ ਬਦਲਦਾ।

ਵਕਰ $A=56$ ਦੇ ਲਈ ਲਗਭਗ 8.75MeV ਦਾ ਅਧਿਕਤਮ ਮਾਨ ਅਤੇ $A=238$ ਦੇ ਲਈ 7.6 MeV ਦਰਸਾਉਂਦਾਹੈ।

2) ਹਲਕੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ($A<30$) ਅਤੇ ਭਾਰੀ ਨਾਭਿਕਾਂ ($A<170$) ਦੋਨਾਂ ਦੇ ਲਈ ਹੀ E_{bn} ਦਾ ਮਾਨ ਵਿਚਲੇ ਪਰਮਾਣੂ ਅੰਕਾਂ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਇਸ ਤਰ੍ਹਾ ਅਸੀਂ ਹੇਠਾਂ ਲਿਖੇ ਸਿੱਟੇ ਤੇ ਪਹੁੰਚ ਸਕਦੇ ਹਾਂ:

I. ਇਹ ਬਲ ਆਕਰਸ਼ੀ ਹੈ ਅਤੇ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਅਨ ਕੁੱਝ MeV ਬੰਧਨ ਬਨਾਉਣ ਲਈ ਇਹ ਕਾਫੀ ਹੈ।

II.$30<A<170$ ਦੀ ਸੀਮਾ ਵਿੱਚ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਦੀ ਸਥਿਰਤਾ ਇਸ ਤੱਥ ਦਾ ਸਿੱਟਾ ਹੈ ਕਿ ਨਾਭਿਕ ਬਲ ਲਘੂ ਪਰਾਸੀ (Short ranged) ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਵੱਡੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਸਥਿਤ ਕਿਸੇ ਨਿਊਕਲੀਆਨ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ। ਇਹ ਆਪਣੇ ਆਸ-ਪਾਸ ਦੇ ਸਿਰਫ ਉਹਨਾ ਨਿਊਕਲੀਅਨਾਂ ਤੋਂ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਹੋਵੇਗਾ ਜੋ ਇਸਦੇ ਨਾਭਿਕ ਬਲ ਦੇ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਆਉਣਗੇ। ਜੇ ਕੋਈ ਹੋਰ ਨਿਊਕਲੀਆਨ ਇਸ ਨਿਊਕਲੀਆਨ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਬਲ ਦੇ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਵੱਧ ਦੂਰ ਹੈ, ਤਾਂ ਉਹ ਇਸ ਨਿਊਕਲੀਆਨ ਦੀ ਬੰਧਨ-ਊਰਜਾ ਤੋਂ ਮਸਾਂ ਵੀ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗਾ। ਜੇ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ ਖੇਤਰ ਵਿੱਚ ਵੱਧ ਤੋਂ ਵੱਧ P ਨਿਊਕਲੀਅਨ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹੋਣ ਤਾਂ ਇਹਦੀ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ P ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੋਵੇਗੀ। ਜੇ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ pk ਮੰਨੀਏ, ਜਿਥੇ r ਇੱਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ ਜਿਸਦੀ ਵਿਮਾਵਾ (Dimensions) ਉਹੀ ਹਨ ਜੋ ਊਰਜਾ ਦੀ ਹਨ । ਹੁਣ ਜੇ ਅਸੀਂ ਨਿਊਕਲੀਆਨ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਵਧਾਕੇ A ਦਾ ਮਾਨ ਵਧਾਈਏ, ਤਾਂ ਇਸਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਨਿਊਕਲੀਅਨਾਂ ਦੀ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਨਹੀਂ ਹੋਵੇਗੀ। ਕਿਉਕਿ ਕਿਸੇ ਵੀ ਵੱਡੇ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਜਿਆਦਾਤਰ ਨਿਊਕਲੀਆਨ ਇਸਦੇ ਅੰਦਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਸਤਹ ਦੀ ਬਜਾਏ, ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਤੇ A ਦੇ ਵਾਧੇ ਦਾ ਕੱਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਨਾ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਨ ਸਥਿਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਲਗਭਗ pk ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਨਾਭਿਕਾਂ ਦਾ ਉਹ ਗੁਣ ਜਿਸਦੇ ਕਾਰਣ ਕੋਈ ਨਾਭਿਕ ਸਿਰਫ ਅਪਣੇ ਨਜਦੀਕ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਨੂੰ ਪ੍ਰਭਵਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ, ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਸੰਤ੍ਰਿਪਤੀ ਗੁਣ (Saturation Property of Nuclear Force) ਕਹਾਂਉਦਾ ਹੈ।

III .ਇੱਕ ਬਹੁਤ ਭਾਰੇ ਨਾਭਿਕ ਜਿਵੇਂ Á=240 ਦੀ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਆਨ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ Á=120 ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਕਾਫੀ ਘੱਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਇਸਲਈ ਜੇ Á=240 ਦਾ ਕੋਈ ਨਾਭਿਕ Á=120 ਦੇ ਦੋ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਟੁੱਟਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਇਸ ਵਿੱਚ ਨਿਊਕਲੀਆਨ ਜਿਆਦਾ ਦ੍ਰਿੜਤਾ ਨਾਲ ਪਰਿਵੱਧ ਹੋਣਗੇ। ਇਸਦਾ ਮਤਲਬ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਇਸ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆਂ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਹ ਵਿਖੰਡਨ (Fussion) ਦੁਆਰਾ ਊਰਜਾ ਨਿਕਲਨ

ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਨੂੰ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਜਿਸਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਅਨੁਭਾਗ 13.7.1 ਵਿੱਚ ਚਰਚਾ ਕਰਾਂਗੇ।

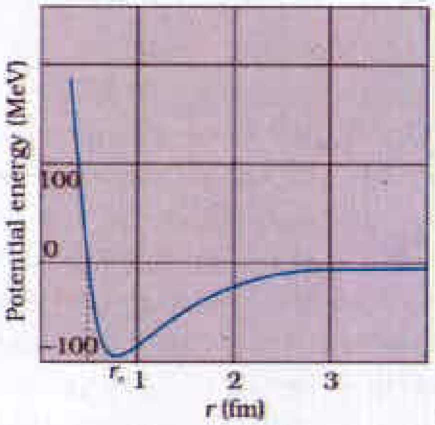
IV. ਸੋਚੋ ਕਿ ਜੇ ਦੋ ਹਲਕੇ ਨਾਭਿਕ (A<10) ਸੰਯੋਜਿਤ ਹੋ ਕੇ ਇੱਕ ਭਾਰੀ ਨਾਭਿਕ ਬਣਾਂਉਦੇ ਹਨ। ਸੰਯੋਜਨ ਦੁਆਰਾ ਬਣੇ ਇਸ ਭਾਰੇ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਅਨ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਹਲਕੇ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀ ਬੰਧਨ ਨਿਊਕਲੀਅਨ ਊਰਜਾ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਇਸਦਾ ਅਰਥ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਅੰਤਿਮ ਸਿਸਟਮ ਵਿੱਚ ਕਣ ਆਰੰਭਿਕ ਸਿਸਟਮ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਵੱਧ ਦ੍ਰਿੜਤਾ ਨਾਲ ਬੰਨੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

ਇੱਥੇ ਸੰਯੋਜਨ ਦੀ ਇਸ ਕਿਰਿਆਂ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਮੁਕਤ ਹੋਵੇਗੀ। ਇਹੀ ਸੂਰਜ ਦੀ ਊਰਜਾ ਦਾ ਸੋਮਾ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਵਿਸ਼ੇ ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਅਨੁਭਾਗ 13.7.3 ਵਿੱਚ ਚਰਚਾ ਕਰਾਂਗੇ।

13.5 ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ (Nuclear Force)

ਉਹ ਬਲ ਜੋ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾ ਦੀ ਗਤੀ ਨੂੰ ਕਾਬੂ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਸਾਡਾ ਜਾਣਿਆ ਪਹਿਚਾਣਿਆ ਕੂਲਮ ਬਲ ਹੈ।

ਅਨੁਭਾਗ 13.4 ਵਿੱਚ ਅਸੀਂ ਵੇਖਿਆ ਹੈ ਕਿ ਔਸਤ ਪੁੰਜ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਲਈ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਅਨ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਲਗਭਗ 8MeV ਹੈ ਜੋ ਪਰਮਾਣੂਆ ਦੀ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਅਧਿਕ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਨਾਭਿਕਾਂ ਵਿੱਚ ਕਣਾਂ ਨੂੰ ਆਪਸ ਵਿੱਚ ਜੋੜ ਕੇ ਰੱਖਣ ਲਈ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਸ਼ਕਤੀਸ਼ਾਲੀ ਆਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਦੀ ਲੋੜ ਹੈ। ਇਹ ਬਲ ਇਨਾਂ ਸ਼ਕਤੀਸ਼ਾਲੀ ਹੋਣਾ ਚਾਹਿਦਾ ਹੈ ਕਿ (ਧਨ ਚਾਰਜਿਤ) ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਲਗ ਰਹੇ ਅਪਕਰਸ਼ਣ ਬਲਾਂ ਨਾਲੋਂ ਵੱਧ ਪ੍ਰਭਾਵਸ਼ਾਲੀ ਹੋਕੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੋਵਾ ਨੂੰ ਨਾਭਿਕਾ ਦੇ ਸੁਖਮ ਆਇਤਨ ਨੂੰ ਬੰਨ ਕੇ ਰੱਖ ਸਕੇ। ਅਸੀਂ ਇਹ ਪਹਿਲੇ ਹੀ ਵੇਖ ਚੁਕੇ ਹਾਂ ਕਿ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਲੀਅਨ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਦੀ ਸਥਿਰਤਾ ਨੂੰ ਇਨ੍ਹਾ ਦੀ ਲਘੂ ਪਰਾਮੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਤੀ ਦੁਆਰਾ ਸਮਝਿਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਨਾਭਿਕੀ ਬੰਧਨ ਬਲਾਂ ਦੇ ਕੁਝ ਵਿਸ਼ੇਸ਼ਤਾਵਾਂ ਨੂੰ ਸੰਖੇਪ ਵਿੱਚ ਹੇਠਾਂ ਲਿਖਿਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਹ ਗਿਆਨ 1930 ਤੋਂ 1950 ਦੇ ਵਿੱਚ ਕੀਤੇ ਗਏ ਕਈ ਪ੍ਰਯੋਗਾ ਦੁਆਰਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ।



ਚਿਤਰ 13.2 ਇਕ ਨਾਭਿਕੀ ਯੁਗਮ (Pair) ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਦੀ ਦੂਰੀ ਦੇ ਫਲਨ (Funtion)ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ r_0 ਤੋਂ ਵੱਧ ਦੂਰੀ ਹੋਣ ਤੇ ਬਲ ਆਕਰਸ਼ਣ ਬਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ r_0 ਤੋਂ ਘੱਟ ਦੂਰੀ ਹੈ ਤੇ ਤੇਜ਼ ਆਪਕਰਸ਼ਣ ਬਲ । ਆਪਕਰਸ਼ਣ ਵੱਧ ਉਦੋ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਦੂਰੀ r_0 ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

I. ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ, ਚਾਰਜਾ ਵਿੱਚ ਲੱਗਣ ਵਾਲੇ ਕੂਲਮ ਬਲ ਅਤੇ ਪੁੰਜਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਲੱਗਣ ਵਾਲੇ ਗੁਰੂਤਾਕਰਸਣ ਬਲ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਜਿਆਦਾ ਸ਼ਕਤੀਸ਼ਾਲੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਨਾਭਿਕੀ ਬੰਧਨ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਲੱਗਣ ਵਾਲੇ ਕੂਲਮ ਆਪਕਰਸ਼ਣ ਬਲਾਂ ਤੇ ਕਾਬੂ ਪਾਉਣਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਹ ਇਸ ਲਈ ਸੰਭਵ ਹੋ ਪਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿਉਕਿ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ ਕੂਲਮ ਬਲ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਜਿਆਦਾ ਤਾਕਤਵਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਗੁਰੁਤਾਅਕਰਸ਼ਣ ਬਲ ਤਾਂ ਕੂਲਮ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਹੀ ਕਾਫੀ ਕਮਜੋਰ ਬਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

II. ਨਿਊਕਲੀਅਨਾ ਵਿੱਚ ਦੂਰੀ ਵਧਾਕੇ ਕੁਝ ਫੈਮਟੋਮੀਟਰ(Femtometer) ਤੋਂ ਵੱਧ ਕਰਨ ਤੇ ਉਹਨਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਲੱਗਣ ਵਾਲਾ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ ਤੇਜ਼ੀ ਨਾਲ ਘਟਕੇ ਸਿਫਰ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਕਾਰਨ, ਔਸਤ ਅਤੇ ਵੱਡੇ ਸਾਇਜ਼ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾ ਵਿੱਚ ਬਲਾਂ ਦੀ ਸੰਤ੍ਰਿਪਤਾ(Saturation of Force) ਵਾਲੀ ਸਥਿਤੀ ਆ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਜਿਸਦੇ ਕਾਰਣ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਅਨ ਊਰਜਾ ਸਥਿਰ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਦੋ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਸਥਿਤਿਜ ਊਰਜਾ (Potential energy) ਅਤੇ ਉਹਨਾ ਦੇ ਵਿੱਚ ਦੀ ਦੂਰੀ ਦੇ ਸੰਬੰਧ ਦਰਸਾਉਣ ਵਾਲਾ ਇੱਕ ਗ੍ਰਾਫ ਚਿੱਤਰ 13.2 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਲਗਭਗ 0.8 fm ਦੀ ਦੂਰੀ r_0 ਤੇ ਸਥਿਤਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਮਾਨ ਨਿਊਨਤਮ ਹੋ ਜਾਦਾਂ ਹੈ।

ਇਸਦਾ ਅਰਥ ਇਹ ਹੋਇਆ ਜੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਦੂਰੀ 0.8 fm ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ ਬਲ ਆਕਰਸ਼ਨ ਬਲ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ 0.8 fm ਤੋਂ ਘੱਟ ਦੂਰੀ ਦੇ ਲਈ ਅਪਕਰਸ਼ਣ ਬਲ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

III)ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ-ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ, ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ-ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ-ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਲੱਗਣ ਵਾਲੇ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ ਲਗਭਗ ਸਮਾਨ ਪਰਿਣਾਮ (Magnitude) ਦੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ ਬਿਜਲ ਚਾਰਜ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀ ਕਰਦੇ। ਕੂਲਮ ਦੇ ਨਿਯਮ ਅਤੇ ਨਿਊਟਨ ਦੇ ਗੁਰੂਤਾ ਨਿਯਮ ਦੇ ਵਾਂਗ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲਾਂ ਦਾ ਕੋਈ ਸਰਲ ਗਣਿਤਮਕ ਰੂਪ ਨਹੀਂ ਹੈ।

13.6 ਰੇਡਿਓਐਕਟਿਵਤਾ (Radio Activity)

ਰੇਡਿਓਐਕਟਿਵਤਾ ਦੀ ਖੋਜ ਏ. ਐਚ. ਬੈਕੇਰਲ A.H.Bacquerel ਨੇ ਸੰਨ 1836 ਵਿੱਚ ਸੰਯੋਗ ਵਸ ਕੀਤੀ। ਯੋਗਿਕਾਂ ਨੂੰ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਨਾਲ ਵਿਕਿਰਣਿਤ ਕਰਨ ਤੇ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਤੀ ਦੀਪਤਾ (flourescence)ਅਤੇ ਸੱਫੁਰਦੀਪਤਾ (phosphorescence) ਦਾ ਅਧਿਐਨ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ਬੈਕੇਰਲ ਨੇ ਇੱਕ ਰੋਚਕ ਪਰਿਘਟਨਾ ਵੇਖੀ । ਯੂਰੇਨਿਅਮ ਪੋਟਾਸ਼ੀਅਮ ਸਲਫੇਟ ਦੇ ਕੁਝ ਟੁੱਕੜਿਆ ਤੇ ਦ੍ਰਿਸ਼ ਪ੍ਰਕਾਸ਼ ਪਾਉਣ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਉਹਨਾ ਨੇ ਉਸਨੂੰ ਕਾਲੇ ਕਾਗਜ ਵਿਚ ਲਪੇਟ ਦਿੱਤਾ ਅਤੇ ਇਸ ਪੈਕੇਟ ਅਤੇ ਫੋਟੋਗ੍ਰਾਫਿਕ ਪਲੇਟ ਵਿਚ ਇਕ ਚਾਦੀ ਦਾ ਟੁਕੜਾ ਰੱਖਿਆ । ਇਸ ਤਰ੍ਹਾ ਕਈ ਘੰਟਿਆ ਤੱਕ ਰੱਖਣ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਜਦੋ ਫੋਟੋਗ੍ਰਾਫਿਕ ਪਲੇਟ ਨੂੰ ਉਕੇਰੀਆ (develope) ਤਾਂ ਇਹ ਵੇਖਿਆ ਗਿਆ ਕਿ ਇਹ ਪਲੇਟ ਕਾਲੀ ਪੈ ਚੁੱਕੀ ਸੀ) ਇਹ ਕਿਸੇ ਇਹੋ ਜਿਹੀ ਵਸਤੂ ਕਾਰਨ ਹੋਇਆ ਹੋਵੇਗਾ ਜੋ ਯੌਗਿਕ ਤੋਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੋਈ ਹੋਵੇਗੀ ਅਤੇ ਕਾਲੇ ਕਾਗਜ ਅਤੇ ਚਾਦੀ ਦੋਨਾਂ ਨੂੰ ਭੇਦ ਕੇ ਫੋਟੋਗ੍ਰਾਫਿਕ ਪਲੇਟ ਤੇ ਪਹੁੰਚੀ ਹੋਵੇਗੀ।

ਬਾਅਦ ਵਿਚ ਕੀਤੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾ ਨੇ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਰੇਡੀਓਐਕਟਿਵਤਾ ਇਕ ਨਾਭਿਕੀ ਪਰਿਘਟਨਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿਚ ਅਸਥਿਰ ਨਾਭਿਕਾ ਦਾ ਖੇ.(decay)ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਇਸ ਨੂੰ ਰੇਡੀਓਐਕਟਿਵ ਖੇ (rodioactive decay) ਆਖਦੇ ਹਨ। ਕੁਦਰਤ ਵਿਚ ਤਿੰਨ ਤਰ੍ਹਾ ਦੇ ਰੇਡੀਓਐਕਟਿਵ ਖੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ-

(1) α -ਖੇ ,ਜਿਸ ਵਿਚ ਹੀਲੀਅਮ ਨਾਭਿਕ ^4_2He ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

(2) β-ਖੇ, ਜਿਸ ਵਿਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਪਾਜਿਟ੍ਰਾਨ(positron) (ਉਹ ਕਣ ਜਿਸਦਾ ਪੁੰਜ ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਪਰ ਚਾਰਜ ਠੀਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਉਲਟ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

(3) γ-ਖੇ, ਜਿਸ ਵਿਚ ਉੱਚ ਉਰਜਾ (100keV ਜਾਂ ਅਧਿੱਕ) ਦੇ ਫੋਟਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

ਇਹਨਾ ਵਿਚ ਹਰੇਕ ਪ੍ਰਕਾਰ ਦੇ ਖੇ. ਤੇ ਅੱਗੇ ਵਿਚਾਰ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇਗਾ।

13.6.1 ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵ ਖੇ ਨਿਯਮ

ਕਿਸੇ ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵ ਨਮੂਨੇ ਵਿੱਚ ਜਿੱਥੇ α, β ਅਤੇ γ ਖੇ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੋਵੇ ਇਹ ਪਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਕਿਸੇ ਸਮੇਂ ਤੇ ਖੇ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਨਮੂਨੇ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਕੁੱਲ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਅਨੁਪਾਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਜੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਨਮੂਨੇ ਵਿੱਚ ਨਾਭਿਕਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ N ਹੋਵੇ ਅਤੇ Δt ਸਮੇ ਤੇ ΔN ਨਾਭਿਕਾਂ ਦਾ ਖੇ ਹੋ ਰਿਹਾ ਹੋਵੇ ਤਾਂ

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} \propto N$$

ਅਤੇ $\Delta N/\Delta t = \lambda N,$ (13.10)

ਜਿਥੇ λ ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵ ਖੇ ਅੰਕ (Radio Active decay constant) ਜਾਂ ਵਿਘਟਨ ਸਥਿਰਾਂਕ ਹੈ। (disintegration Constant)

Δt ਸਮੇ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਨਮੂਨੇ ਵਿੱਚ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਵਿੱਚ ਹੋਇਆ ਪਰਿਵਰਤਨ ਹੈ $dN = -dN$ ਇਸਲਈ (ਜੇ $\Delta t \to 0$)) ਤਾਂ N ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਨ ਦੀ ਦਰ ਹੈ

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

ਜਾਂ $$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

ਇਸ ਸਮੀਕਰਣ ਦਾ ਦੋਵੇਂ ਪਾਸੇ ਸਮਾਕਲਨ (Integration) ਕਰਨ ਤੇ

$$\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_{t_0}^{t} dt \qquad (13.11)$$

ਅਤੇ

$$\ln N - \ln N_0 = -\lambda (t - t_0) \qquad (13.12)$$

ਇੱਥੇ N_0 ਕਿਸੇ ਪਲ t_0 ਤੇ ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਹੈ। $t_0 = 0$ ਰੱਖਣ ਤੇ ਸਮੀਕਰਣ (13.12) ਨੂੰ ਦੁਬਾਰਾ ਲਿਖਣ ਤੇ

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \qquad (13.13)$$

ਜਿਸ ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \qquad (13.14)$$

ਧਿਆਨ ਦੇਣ ਯੋਗ ਹੈ ਕਿ ਬਿਜਲੀ ਦਾ ਬਲਬ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਕਿਸੇ ਚਰ ਘਾਤਕੀ ਖੈ ਨਿਯਮ ਦੀ ਪਾਲਨਾ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਜੇ ਅਸੀ ਹਜਾਰ ਬਲਬਾਂ ਦੀ ਉਮਰ (ਉਹ ਕਾਲ ਜਿਸਦੇ ਬਾਅਦ ਉਹ ਫਿਊਜ਼ ਹੋਣਗੇ) ਦਾ ਪਰੀਖਣ ਕਰੀਏ ਤਾਂ ਅਸੀਂ ਇਹ ਆਸ ਕਰਾਂਗੇ ਕਿ ਸਾਰੇ ਬਲਬ ਲਗਭਗ ਇੱਕਠੇ ਫਿਊਜ਼ ਹੋਣਗੇ। ਰੇਡਿਓ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦਾ ਖੈ ਇੱਕ ਵੱਖ ਨਿਯਮ , ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵ ਖੈ ਨਿਯਮ ਅਨੁਸਾਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਸਮੀਕਰਣ (13.14) ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਨਮੂਨੇ ਦੀ ਖੈ ਦਰ R ਪ੍ਰਤੀ ਇਕਾਂਕ ਸਮੇ ਵਿੱਚ ਖੈ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆਂ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਮੰਨ ਲਓ ਜੇ ਸਮੇ ਅੰਤਰਾਲ ਵਿੱਚ ਖੈ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਨਾਭਿਕਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆਂ ΔN ਤਾਂ $dN = -\Delta N$। ਧਨਾਤਮਕ ਰਾਸ਼ੀ R ਦੀ ਹੇਠ ਵਿਆਖਿਆ ਹੁੰਦੀ ਹੈ :- $R = -\frac{dN}{dt}$

ਸਮੀਕਰਨ (13.14) ਦਾ ਅਵਕਲਨ ਕਰਨ ਤੇ ;

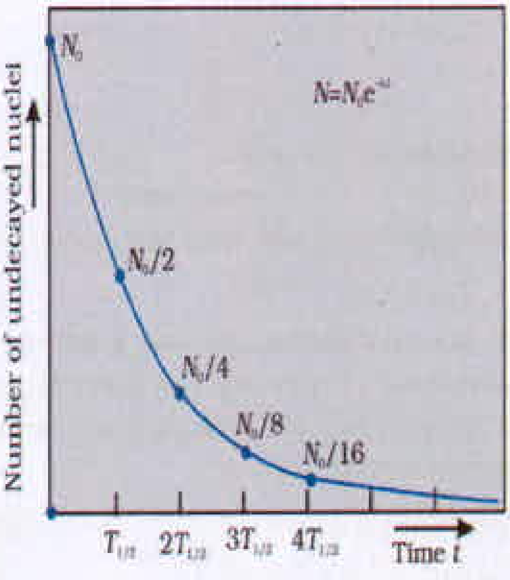
$$R = \frac{-dN}{dt} = -\lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

ਅਤੇ

$$R = R_0 e^{-\lambda t} \qquad (13.15)$$

ਇਹ ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵ ਖੈ ਨਿਯਮ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੈ (ਕਿਉਂਕਿ ਤੁਸੀਂ ਸਮੀਕਰਨ 13.15 ਦੇ ਸਮਾਕਲਨ (Integration) ਕਰਕੇ ਸਮੀਕਰਨ 13.14 ਮੁੜ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹੋ) ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਸਾਨੂੰ $R_0 = \lambda N_0$ ਤੇ $t = 0$. ਖੈ ਦਰ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਸਮੇਂ t ਤੇ ਖੈ ਦਰ R ਉਸ ਸਮੇ ਦੇ ਤੇ ਅਵਿਘਟਿਤ (Undecayed) ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆਂ N ਨਾਲ ਹੇਠ ਰੂਪ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੁੰਦੀਹੈ;

$$R = \lambda N \qquad 13.16$$



ਚਿੱਤਰ 13.3 ਰੇਡੀਓ ਐਕਟਿਵ ਪ੍ਰਜਾਤੀਆਂ ਦੀ ਦਰ ਘਾਤਾਂਕੀ (Exponential) ਖੈ ਹਰ $T_{1/2}$ ਸਮੇਂ ਦੇ ਬਾਦ ਦਿੱਤੀ ਪ੍ਰਜਾਤੀ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਅੱਧੀ ਰਹਿ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।

ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਨਮੂਨੇ ਦੀ ਖੈ ਦਰ ਵੱਧ ਪ੍ਰਯੋਗਿਕ ਮਾਪਣ ਰਾਸ਼ੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਇੱਕ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਨਾਂ ਐਕਟਿਵਤਾ(Activity) ਹੈ। ਇਸਦਾ SI ਮਾਤਰਕ ਬੈਕੇਰਲ (ਪ੍ਰਤੀਕ Bq) ਹੈ ਜੋ ਰੇਡਿਓਐਕਟਿਵਤਾ ਦੀ ਖੋਜ ਕਰਨ ਵਾਲੇ ਹੇਨਰੀ ਬੈਕੇਰਲ ਦੀ ਯਾਦ ਵਿੱਚ ਨਿਸ਼ਚਿਤ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਹੈ।

1 ਬੈਕੇਰਲ ਦਾ ਅਰਥ ਇੱਕ ਖੈ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕੰਡ ਹੈ। ਇੱਕ ਦੂਸਰੀ ਮਾਤ੍ਰਕ ਕਿਊਰੀ (Curie) (ਪ੍ਰਤੀਕ Ci) ਵੀ ਆਮਤੋਰ ਤੇ ਪ੍ਰਯੋਗ ਵਿੱਚ ਹੈ ਜੋ SI ਮਾਤ੍ਰਕ Bq ਨਾਲ ਹੇਠਾਂ ਰੂਪ ਨਾਲ ਸੰਬੰਧਿਤ ਹੈ:-

1 ਕਿਊਰੀ = 1 Ci = 3.7×10^{10} ਖੇ ਪ੍ਰਤੀ ਸੈਕੰਡ

= 3.7×10^{10} Bq

ਵੱਖ ਵੱਖ ਰੇਡਿਓ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਖੇ ਦਰ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਵਖਰਾਪਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਗੁਣ ਨੂੰ ਅਰਧ ਉਮਰ (Half Life) ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਮਾਪਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਰੇਡਿਓ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਅਰਧ ਉਮਰ $T_{1/2}$ ਉਹ ਸਮਾਂ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਇਸਦੀ ਸੰਖਿਆਂ ਆਰੰਭਿਕ ਸੰਖਿਆ (ਮੰਨਿਆ ਕਿ N_0) ਦੀ ਅੱਧੀ ਮਤਲਬ ($N_0/2$) ਰਹਿ ਜਾਵੇ।

ਸਮੀਕਰਨ (13.14) ਵਿੱਚ ਸਮਾਂ $t=T_{1/2}$

ਅਤੇ $N = N_0/2$ ਰੱਖਣ ਤੇ

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda} \qquad (13.17)$$

ਸਮੀਕਰਨ (13.16) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ , ਸਪਸ਼ਟ ਹੈ ਕਿ ਸੰਖਿਆ $T_{1/2}$, ਸਮੇ ਵਿੱਚ ਅੱਧੀ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਐਕਟਿਵਿਟੀ R_0 ਵੀ ਇਸ ਸਮੇ ਵਿੱਚ ਅੱਧੀ ਰਹਿ ਜਾਵੇਗੀ ।

ਇੱਕ ਹੋਰ ਸੰਬੰਧਿਤ ਮਾਪਦੰਡ ਔਸਤ ਉਮਰ (t) ਹੈ। ਇਸਦਾ ਮਾਨ ਵੀ ਸਮੀਕਰਨ (13.14) ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਸਮੇ ਅੰਤਰਾਲ t ਤੋਂ $t + \Delta t$ ਵਿਖੇ ਖੇ- ਹੋਏ ਨਾਭਿਕ $R(t)\Delta t$ $(= \lambda N_0 e^{-\lambda t}\Delta t)$ ਹੈ। ਇਹਨਾਂ ਵਿੱਚੋ ਸਾਰੇ t ਸਮੇ ਤਕ ਜੀਵਿਤ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ ।

ਇਸ ਲਈ ਇਹਨਾਂ ਸਾਰੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦਾ ਕੁਝ ਜੀਵਨ $t\,\lambda N_0 e^{-\lambda t}$ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਹ ਸਾਫ ਹੈ ਕਿ ਕੁਝ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦਾ ਜੀਵਨ ਕਾਲ ਘੱਟ ਅਤੇ ਕੁਝ ਦਾ ਜੀਵਨ ਕਾਲ ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ ਔਸਤ ਉਮਰ ਦਾ ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ ਉਕਤ ਸਮੀਕਰਨ ਦਾ ਕੁਝ ਸਮੇ 0 ਤੋਂ ∞ ਤੱਕ ਦੇ ਲਈ ਜੋੜ੍ਹ (ਯਾ ਸਮਾਕਲਨ) ਕਰਕੇ ਸਮੇ $t=0$ ਤੇ ਮੋਜੂਦ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ N_0 ਤੇ ਵੰਡ ਦੇਣਾ ਹੋਵੇਗਾ। ਇਸ ਲਈ

$$\tau = \frac{\lambda N_0 \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t}\,dt}{N_0} = \lambda \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t}\,dt$$

ਇਸ ਸਮਾਕਲਨ ਨੂੰ ਹੱਲ ਕਰਨ ਤੇ

$\tau = 1/\lambda$ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਵੇਗਾ।

ਉਪਰੋਕਤ ਸਿੱਟਿਆ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਸੰਖੇਪ ਵਿੱਚ ਹੇਠ ਅਨੁਸਾਰ ਦਰਸ਼ਾ ਸਕਦੇ ਹਾਂ:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2 \qquad (13.18)$$

ਇਹੋ ਜਿਹੇ ਰੇਡਿਓਐਕਟਿਵ ਤੱਤ(ਜਿਵੇਂ ਟ੍ਰਾਇਟਿਅਮ ਅਤੇ ਪਲੂਟੋਨਿਯਮ) ਜਿਹਨਾਂ ਦੀ ਅਰਧ ਉਮਰ ਦੁਨੀਆਂ ਦੀ ਉਮਰ (ਲਗਭਗ 15 ਅਰਬ ਸਾਲ) ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਹੈ ਕਾਫੀ ਸਮੇਂ ਪਹਿਲਾਂ ਹੀ ਵਿਘਟਿਤ ਹੋ ਚੁਕੇ ਹਨ ਅਤੇ ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਮੋਜੂਦ ਨਹੀ ਹਨ। ਪਰੰਤੂ ਇਹਨਾਂ ਦਾ ਨਾਭਿਕੀ ਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦੁਆਰਾ ਬਨਾਵਟੀ ਰੂਪ ਨਾਲ ਉਤਪਾਦਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ

ਉਦਾਹਰਨ 13.4 ਖੇ ਹੋ ਰਹੇ $^{238}_{92}U$ ਦੀ , α ਖੇ ਦੇ ਲਈ ਅਰਧ ਆਯੂ 4.5×10^9 ਸਾਲ ਹੈ । $^{238}_{92}U$ ਦੇ 1g ਨਮੂਨੇ ਦੀ ਐਕਟਿਤਾ ਕੀ ਹੈ ?

ਹੱਲ : $T_{1/2} = 4.5 \times 10^9$ y

$= 4.5 \times 10^9 \text{ y} \times 3.16 \times 10^7$ s/y

$= 1.42 \times 10^{17}$s

ਕਿਸੇ ਸਮਸਥਾਨਕ ਦੇ 1 kmol ਵਿੱਚ ਅਵਿਗਾਡਰੋ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਸ ਲਈ: 1g, $^{238}_{92}U$ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਮਾਣੂਆ ਦੀ ਸੰਖਿਆਂ $\frac{1}{238 \times 10^{3}}$ kmol $\times 6.025 \times 10^{26}$ ਪਰਮਾਣੂ /kmol

$= 25.3 \times 10^{20}$ ਹੈ।

ਖੇ ਦਰ R ਹੈ।

$R = \lambda N$

$\frac{0.693}{T_{1/2}} N \qquad \frac{0.693 \times 25.3 \times 10^{20}}{1.42 \times 10^{17}} s^{-1}$

$= 1.23 \times 10^4 s^{-1}$

$= 1.23 \times 10^4$ Bq

ਉਦਹਾਰਣ 13.5 β_ਖੇ ਦਆਰਾ , ਟ੍ਰਾਇਟਿਯਮ ਦੀ ਅਰਧ ਉਮਰ 12.5 ਸਾਲ ਹੈ। 25 ਸਾਲਾਂ ਬਾਅਦ ਸ਼ੁੱਧ ਟ੍ਰਾਇਟਿਅਮ ਦੇ ਇੱਕ ਨਮੂਨੇ ਦਾ ਕਿੰਨਾ ਭਾਗ ਅਵਿਘਟਿਤ ਹੋਵੇਗਾ ?

ਹੱਲ: ਪਰਿਭਾਸ਼ਾਂ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ 12.5 ਸਾਲ ਬਾਅਦ ਟ੍ਰਇਟਿਅਮ ਦੇ ਨਮੂਨੇ ਦਾ ½ ਭਾਗ ਬਚੇਗਾ। ਅਗਲੇ 12.5 ਸਾਲ ਬਾਅਦ ਇਸ ਅੱਧੇ ਦਾ ਫਿਰ ਅੱਧਾ ਮਤਲਬ ¼ ਭਾਗ ਬਚੇਗਾ। ਇਸ ਲਈ 25 ਸਾਲ ਬਾਅਦ ਸ਼ੁਧ ਟ੍ਰਾਇਟਿਯਮ ਦੇ ਕਿਸੇ ਨਮੂਨੇ ਦਾ ¼ ਅਵਿਘਟਿਤ ਭਾਗ ਰਹੇਗਾ।

13.6.2 ਐਲਫਾ ਖੇ

$^{238}_{92}U$ ਦਾ $^{234}_{90}Th$ ਵਿੱਚ ਖੇ ਅਲਫਾ ਖੇ ਦਾ ਇੱਕ ਪ੍ਰਚੱਲਿਤ ਉਦਹਾਰਨ ਹੈ । ਇੱਸ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਹੀਲੀਅਮ ਨਾਭਿਕ $^{4}_{2}He$ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ:

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He \qquad (13.19)$$

ਐਲਫਾ ਖੇ ਵਿੱਚ ਉਤਪਾਦਿਤ ਵਿਘਟਨ ਯੋਗ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆਂ ਖੇ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਮੂਲ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਨਾਲੇ 4 ਘੱਟ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਅੰਕ 2 ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਆਮ ਤੌਰ ਤੇ ਕਿਸੇ ਮੂਲ ਨਾਭਿਕ $^{A}_{Z}X$ ਦੇ ਨਾਭਿਕ $^{A-4}_{Z-2}Y$ ਦੇ ਵਿਘਟਨ ਦੇ ਰੂਪਾਂਤਰ ਨੂੰ ਅਸੀ ਹੇਠਾਂ ਤਰੀਕੇ ਨਾਲ ਦਰਸ਼ਾਉਦੇਂ ਹਾਂ:-

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He \qquad (13.20)$$

ਆਇਨਸਟਾਈਨ ਦੇ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ ਸਮਤੁਲਤਾ ਸੰਬੰਧ [ਸਮੀਕਰਨ 13.6] ਅਤੇ ਊਰਜਾ ਸੁਰੱਖਿਅਣ ਤੋਂ ਇਹ ਸਾਫ ਹੈ ਕਿ ਇਹ ਸੁਭਾਵਿਕ ਖੇ ਸਿਰਫ ਉਦੋਂ ਹੀ ਸੰਭਵ ਹੈ ਜਦੋਂ ਵਿਘਟਿਤ ਊਤਪਾਦਾਂ ਦਾ ਕੁਲ ਪੁੰਜ ਸ਼ੁਰੂਆਤੀ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਪੁੰਜ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੋਵੇ। ਪੁੰਜ ਵਿੱਚ ਇਹ ਅੰਤਰ ਉਤਪਾਦ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਕਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਪੁੰਜ ਸੂਚੀ ਤੋਂ ਇਹ ਪਤਾ ਲਗਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ $^{234}_{90}Th$ ਅਤੇ $^{4}_{2}He$ ਦਾ ਕੁਲ ਪੁੰਜ ਅਸਲ ਵਿੱਚ $^{238}_{92}U$ ਦੇ ਪੁੰਜ ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

ਸ਼ੁਰੂਆਤੀ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਵਿਘਟਿਤ ਉਤਪਾਦਾਂ ਦੀ ਕੁਲ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਅੰਤਰ ਇਸ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਦਾ Q ਮਾਨ (Q-value) ਜਾਂ ਵਿਘਟਨ ਊਰਜਾ (Disintegration Energy) ਕਹਾਉਂਦੀ ਹੈ।

ਐਲਫਾ ਖੇ ਵਿੱਚ

$$Q = (m_X - m_Y - m_{He})\, c^2 \qquad (13.21)$$

ਊਰਜਾ ਦਾ ਇਹ ਮਾਨ ਇਸ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਪੈਦਾ ਹੋਈ ਕੁਲ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਉਤਪਾਦਾ ਦੀ ਕੁਲ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ (ਜੇ ਸ਼ੁਰੂਆਤੀ ਨਾਭਿਕ X ਸਥਿਰ ਹੈ) ਵੀ ਹੈ। ਇਸੇ ਲਈ ਕਿਸੇ ਤਾਪ ਨਿਕਾਸੀ (Exothermtic reaction) ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ (ਜਿਵੇ ਕਿ ਐਲਫਾ ਖੇ) ਦੇ ਲਈ Q>0 ਹੈ।

ਉਦਾਹਰਣ 13.6 ਸਾਨੂੰ ਹੇਠਾਂ ਲਿਖੇ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਦਿੱਤੇ ਹੋਏ ਹਨ:-

$^{238}_{92}U$ = 238.05079 u $^{4}_{2}He$ = 4.00260 u

$^{234}_{90}Th$ = 234.04363 u $^{1}_{1}H$ = 1.00783 u

$^{237}_{91}Pa$ = 237.05121 u

ਇਥੇ ਪ੍ਰਤੀਕ Pa ਤੱਤ ਪ੍ਰੋਟਐਕਟੀਨੀਅਮ (Z = 91) ਦੇ ਲਈ ਹੈ।

a) $^{238}_{92}U$ ਦੇ α ਖੇ ਵਿੱਚ ਉਤਸਰਜਿਤ ਊਰਜਾ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ।

b ਦਰਸਾਓ ਕਿ $^{238}_{92}U$ ਆਪ ਮੁਹਾਰੀ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਨਹੀ ਕਰ ਸਕਦਾ।

ਹੱਲ a) $^{238}_{92}U$ ਦਾ ਅਲਫਾ ਖੇ ਸਮੀਕਰਨ 13.20 ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਆ ਵਿੱਚ ਉਤਸਰਜਿਤ ਊਰਜਾ ਦੇ ਲਈ ਸੂਤਰ ਹੈ:

$$Q = (M_U - M_{Th} - M_{He})\, c^2$$

ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੇ ਆਂਕੜੇ ਉਪਰੋਕਤ ਵਿੱਚ ਸੂਤਰ ਭਰਨ ਤੇ,

$$Q = (238.05079 - 234.04363 - 4.00260)u \times c^2$$
$$= (0.00456\ u)\, c^2$$
$$= (0.00456\ u)\, (931.5\ MeV/u)$$
$$= 4.25\ MeV.$$

b) ਜੇ $^{238}_{92}U$ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦਾ ਆਪ ਮੁਹਾਰੀ ਉਤਸਰਜਨ ਹੁੰਦਾ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਵਿਘਟਨ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਇਵੇ ਲਿਖਾਗੇ:-

$$^{238}_{92}U \dashrightarrow {}^{237}_{91}Pa + {}^{1}_{1}H$$

ਇਹ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਸੰਭਵ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਇਸ ਲਈ

$$= (M_U - M_{Pa} - M_H)\, c^2 \qquad \alpha$$
$$= (238.05079 - 237.05121 - 1.00783)\, u \times c^2$$
$$= (-0.00825\ u)\, c^2$$
$$= -(0.00825\ u)(931.5\ MeV/u)$$
$$= -7.68\ MeV$$

ਇਥੇ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਦਾ Q ਕਿਉਂਕਿ ਰਿਣਾਤਮਕ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਦਾ ਆਪ ਮੁਹਾਰੀ ਵਿਘਟਿਤ ਹੋਣਾ ਸੰਭਵ ਨਹੀ ਹੈ। $^{238}_{92}U$ ਨਾਭਿਕ ਤੋਂ ਇਕ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਨ ਲਈ ਸਾਨੂੰ ਇਸਨੂੰ 7.68MeV ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਨੀ ਪਵੇਗੀ ।

13.6.3 ਬੀਟਾ-ਖੇ (Beta Decay)

ਬੀਟਾ-ਖੇ ਵਿੱਚ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚੋ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ (β^--ਖੇ) ਜਾਂ ਇਕ ਪੱਾਜੀਟ੍ਰਾਨ (β^+-ਖੇ) ਦਾ ਆਪ ਮੁਹਾਰੀ ਉਤਸਰਜਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ।β^- ਖੇ ਅਤੇ β^+- ਖੇ ਦੇ ਆਮ ਉਦਾਹਰਨ ਹੇਠਾ ਦਿੱਤੇ ਹਨ

:

$$^{32}_{15}P \rightarrow {}^{32}_{16}S + e^- + \bar{\nu} \qquad (13.22)$$
$$^{22}_{11}Na \rightarrow {}^{22}_{10}Ne + e^+ + \nu \qquad (13.23)$$

ਇਹ ਖੇ ਸਮੀਕਰਨ (13.14) ਅਤੇ (13.15) ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹੀ ਹਨ ਜਿਸ ਨਾਲ ਅਸੀਂ ਪਹਿਲੇ ਹੀ ਇਹ ਅੰਦਾਜਾ ਨਹੀ ਲਾ ਸਕਦੇ ਕਿ ਕਿਹੜੇ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਖੇ-ਹੋਵੇਗਾ ।ਪਰੰਤੂ ਇਸ ਖੇ ਨੂੰ ਅਰਧ ਆਯੂ (T1/2) ਨਾਲ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ । ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਉਪਰੋਕਤ ਵਿਘਟਨਾਂ ਦੇ ਲਈ ਅਰਧ-ਉਮਰ 14.3 ਦਿਨ ਅਤੇ 2.6 ਸਾਲ ਹੈ । β ਖੇ ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਉਤਸਰਜਨ ਦੇ ਨਾਲ ਹੀ ਇਕ ਐਂਟੀਨਿਊਟਰੀਨੋ (Antineutrino) ($\bar{\nu}$) ਦਾ ਵੀ ਉਤਸਰਜਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

ਅਤੇ β^+-ਖੇ ਇੱਚ ਪਾਜੀਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਨਾਲ ਨਿਊਟ੍ਰੀਨੋ (Neutrino) (ν) ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਨਿਊਟ੍ਰੀਨੋ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਬਹੁਤ ਘੱਟ ਪੁੰਜ (ਲਗਭਗ ਸਿਫਰ) ਵਾਲੇ ਅਣ-ਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਹੁੰਦੇ ਹਨ । ਇਹ ਹੋਰ ਕਣਾ ਦੇ ਨਾਲ ਸਿਰਫ ਖੀਣ ਪਰਸਪਰ ਕਿਰਿਆ (Weak Interaction) ਕਰਦੇ ਹਨ । ਇਹ ਬਿਨਾਂ ਕਿਰਿਆ ਕੀਤੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਬਹੁਤ ਵੱਡੀ ਮਾਤਰਾ (ਪ੍ਰਿਥਵੀ ਵੀ) ਨੂੰ ਵੀ ਪਾਰ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਨ । ਇਹੀ ਕਾਰਨ ਹੈ ਕਿ ਇਹਨਾਂ ਦੀ ਸੂਹ ਲਭਨੀ ਬੜੀ ਔਖੀ ਹੈ । β^- ਅਤੇ β^+ ਦੋਵੇ ਵਿਘਟਨਾ ਵਿਚ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ A ਨਹੀਂ ਬਦਲੀ β^--ਖੇ ਵਿੱਚ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਅੰਕ Z1 ਵੱਧ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਅਤੇ β^+ - ਖੇ ਵਿਚ 1 ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । β^- - ਖੇ ਵਿਚ ਮੂਲ ਨਾਭਿਕੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਆ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਵਿਚ ਰੁਪਾਂਤਰਨ ਹੈ

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu} \qquad (13.24)$$

ਅਤੇ β^+ - ਖੇ ਵਿਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦਾ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਵਿਚ ਰੁਪਾਂਤਰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

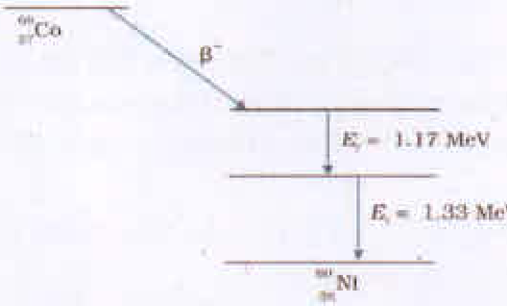
$$p \rightarrow n + e^+ + \nu \qquad (13.25)$$

ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦਾ ਪੁੰਜ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਪੁੰਜ ਨਾਲੋ ਘੱਟ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦਾ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਵਿਚ ਖੇ (ਸਮੀ (13.25)) ਸਿਰਫ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਹੀ ਸੰਭਵ ਹੈ ਜਦਕਿ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਵਿਚ ਵਿਘਟਨ ਮੁਕਤ ਅਵਸਥਾ ਵਿਚ ਵੀ ਸੰਭਵ ਹੈ (ਸਮੀ (13.24))

13.6.4 ਗਾਮਾ-ਖੇ (Gamma Decay)

ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਸਮਾਨ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਵੀ ਵੱਖ-ਵੱਖ ਊਰਜਾ ਸਤਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ । ਭੋ ਸਤਰ (Ground State) ਅਤੇ ਉੱਤੇਜਿਤ ਸਤਰ (Excited State) ਇਹਨਾਂ ਦੇ ਊਰਜਾ ਮਾਨਾ ਵਿਚ ਹੋਰ ਵੀ ਵੱਧ ਵਿਲੱਖਨਤਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ । ਪਰਮਾਣਵੀ ਊਰਜਾ ਸਤਰਾ (Atomic Energy Levels) ਦਾ ਕੋਟੀਮਾਨ (Order) eV ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦੋ ਕਿ ਨਾਭਿਕੀ ਊਰਜਾ ਸਤਰਾਂ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾਵਾਂ ਦਾ ਅੰਤਰ (MeV) ਦੇ ਕੋਟੀਮਾਨ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਜਦੋ ਕੋਈ ਨਾਭਿਕ ਉੱਤੇਜਿਤ ਸਤਰ ਤੋਂ ਆਪਣੇ ਆਪ ਭੋ ਸਤਰ (ਜਾਂ ਥੱਲੜੇ ਊਰਜਾ ਸਤਰ) ਤੇ ਆਉਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਦੋਨਾਂ ਊਰਜਾ ਸਤਰਾਂ ਦੇ ਅੰਤਰ ਦੇ ਸਮਾਨ ਊਰਜਾ ਦਾ ਫੋਟਾਨ (Photon) ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਇਹੀ ਗਾਮਾ-ਖੇ ਕਹਾਉਂਦਾ ਹੈ । ਇਹ ਊਰਜਾ (MeV), ਕਠੋਰ X-ਕਿਰਣਾ ਦੇ ਖੇਤਰ ਤੋਂ ਘੱਟ ਤਰੰਗ ਲੰਬਾਈ ਵਾਲੀ ਵਿਕਿਰਣਾ ਨਾਲ ਸਬੰਧਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ।

ਸਾਧਾਰਨ ਤੌਰ ਤੇ ਕਿਸੇ ਗਾਮਾ ਕਿਰਣ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ਐਲਫਾ ਅਤੇ ਬੀਟਾ ਖੇ ਕਾਰਨ ਵਿਘਟਿਤ ਨਾਭਿਕ (Daughter Nucleus) ਦੇ ਉੱਤੇਜਿਤ ਅਵਸਥਾ (Excited State) ਵਿਚ ਰਹਿਣ ਕਾਰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਉੱਤੇਜਿਤ ਨਾਭਿਕ ਭੋ ਸਤਰ ਤੇ ਆਉਣ ਦੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਆ ਵਿਚ ਇਕ ਫੋਟਾਨ ਅਤੇ ਇਕ ਤੋਂ ਜਿਆਦਾ ਫੋਟਾਨਾ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ਕਰਦੇ ਹਨ 1.17MeV ਅਤੇ 1.33MeV ਊਰਜਾਵਾਂ ਦੀ ਗਾਮਾ ਕਿਰਣਾਂ ਦੇ ਲੜੀਵਾਰ ਉਤਸਰਜਨ ਦਾ ਆਮ ਉਦਾਹਰਨ $^{60}_{27}Co$ ਨਾਭਿਕ ਦੇ β ਦੁਆਰਾ $^{60}_{28}Ni$ ਨਾਭਿਕ ਵਿਚ ਵਿਘਟਿਤ ਹੋਣ ਦੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਆ ਵਿਚ ਪ੍ਰਦਰਸ਼ਤਿ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ।



ਚਿੱਤਰ 13.4 → $^{60}_{28}Ni$ ਦੇ β - ਖੇ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਵਿਘਟਿਤ ਨਾਭਿਕ $^{60}_{28}Ni$ ਵਿੱਚੋਂ 2 ਗਾਮਾ ਕਿਰਣਾ ਦਾ ਉਤਸਰਜਨ ।

13.7 ਨਾਭਿਕੀ ਊਰਜਾ (Nuclear Energy)

ਚਿੱਤਰ 13.1 ਵਿਚ ਦਰਸ਼ਾਏ ਗਏ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਆਨ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ E_{bn} ਵਕਰ ਵਿਚ A = 30 ਅਤੇ A = 170 ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਇਕ ਲੰਬਾ ਪੱਧਰਾ ਭਾਗ ਹੈ । ਇਸ ਭਾਗ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਆਨ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਲਗਭਗ ਸਥਿਰ (8.0Mev) ਹੈ । ਹਲਕੇ ਨਾਭਿਕਾਂ A>30 ਵਾਲੇ ਭਾਗ ਅਤੇ ਭਾਰੀ ਨਾਭਿਕਾਂ A>170 ਵਾਲੇ ਭਾਗ ਵਿਚ ਜਿਵੇ ਅਸੀਂ ਪਹਿਲਾ ਹੀ ਦੇਖ ਚੁਕੇ ਹਾਂ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਆਂਨ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ 8.0MeV ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੈ । ਜੇ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਵੱਧ ਹੋਵੇ ਤਾਂ ਉਸ ਬੰਧਿਤ ਸਿਸਟਮ ਵਰਗੇ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਕੁਲ ਪੁੰਜ ਘੱਟ ਹੋਵੇਗਾ ਇਸ ਕਾਰਨ ਜੇ ਕੋਈ ਘੱਟ ਕੁਲ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਵਾਲਾ ਨਾਭਿਕ ਕਿਸੇ ਵੱਧ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਬਦਲਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਕੁਲ ਊਰਜਾ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲੇਗੀ ਕਿਸੇ ਭਾਰੇ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਦੋ ਅਤੇ ਦੋ ਤੋਂ ਵੱਧ ਵਿਚਕਾਰਲੇ ਪੁੰਜ ਖੰਡਾ (ਵਿਖੰਡਨ) ਅਤੇ ਹਲਕੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦਾ ਕਿਸੇ ਭਾਰੀ ਨਾਭਿਕਾਂ ਵਿੱਚ ਸੰਯੋਜਨ (Fusion) ਦੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਆ ਵਿੱਚ ਇਵੇ ਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ।

ਕੋਲੇ ਅਤੇ ਪੈਟ੍ਰੋਲੀਅਮ ਵਰਗੇ ਪਰੰਪਰਾਗਤ ਊਰਜਾ ਸੋਮਿਆ ਵਿੱਚ ਤਾਪਨਿਕਾਸੀ ਰਸਾਇਣਿਕ ਕਿਰਿਆਵਾਂ ਹੁੰਦੀਆ ਹਨ । ਇਥੇ ਨਿਕਾਸ ਹੋਣ ਵਾਲੀ ਊਰਜਾ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵੋਲਟ ਦੀ ਦਰ ਦੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਜਦਕਿ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਆ ਵਿਚ, MeV ਦਰ ਦੀ ਊਰਜਾ ਨਿਸ਼ਕਾਸ਼ਿਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ । ਇਸ ਲਈ ਪੁੰਜ ਦੀ ਸਮਾਨ ਮਾਤਰਾ ਲਈ ਰਸਾਇਣਿਕ ਸੋਮਿਆ ਦੀ ਬਜਾਏ ਨਾਭਿਕ ਸੋਮੇ ਲੱਖਾ ਗੁਣਾ ਊਰਜਾ ਦਾ ਨਿਕਾਸ ਕਰਦੇ ਹਨ । ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ 1kg ਯੂਰੇਨਿਅਮ ਦੇ ਵਿਖੰਡਨ ਤੋਂ ਲਗਭਗ 10^{14} J ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ, ਜਦਕਿ 1kg ਕੋਲੇ ਦੇ ਦਹਿਣ ਤੋਂ 10^{7} J ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ।

13.7.1 ਵਿਖੰਡਨ (Fission)

ਕੁਦਰਤੀ ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵ ਵਿਘਟਨਾਂ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਨਾਭਿਕਾਂ ਤੇ ਹੋਰ ਨਾਭਿਕੀ ਕਣਾ ਜਿਵੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ, ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ, ਐਲਫਾ-ਕਣ ਆਦਿ ਦੇ ਨਾਲ ਹੋਣ ਵਾਲੀ ਨਾਭਿਕੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਆਵਾ ਤੇ ਧਿਆਨ ਦੇਨ ਦੀ ਨਵੀ ਸੰਭਾਵਨਾਵਾ ਬਣਦੀ ਹਨ।

ਵਿਖੰਡਨ ਇੱਕ ਮਹੱਤਵਪੂਰਨ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ-ਪ੍ਰੇਰਕ ਨਾਭਿਕੀ ਪ੍ਰਕ੍ਰਿਆ ਹੈ । ਵਿਖੰਡਨ ਦੇ ਉਦਾਹਰਨ ਵਜੋ ਜਦੋ ਕਿਸੇ ਯੂਰੇਨਿਅਮ ਸਮਸਥਨਕ $^{235}_{92}U$ ਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਬੰਬਾਰੀ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਇਹ ਦੋ ਵਿਚਕਾਰਲੇ ਪੁੰਜ ਵਾਲੇ ਨਾਭਿਕੀ ਖੰਡਾ ਵਿਚ ਵਿਖੰਡਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ:

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{144}_{56}Ba + ^{89}_{36}Kr + 3\,^{1}_{0}n \qquad (13.26)$$

ਇਸ ਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਵਿਚਕਾਰਲੇ ਪੁੰਜ ਵਾਲੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਵੱਖ ਯੁਗਮ ਵੀ ਉਤਪੰਨ ਹੋ ਸਕਦੇ ਹਨ:-

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{133}_{51}Sb + ^{99}_{41}Nb + 4\,^{1}_{0}n \qquad (13.27)$$

ਇਕ ਹੋਰ ਉਦਾਹਰਨ ਹੈ :

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2\,^{1}_{0}n \qquad (13.28)$$

ਇਹ ਵਿਖੰਡਿਤ ਉਤਪਾਦ ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵ ਨਾਭਿਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਹਨਾਂ ਵਿਚ ਉਦੋ ਤਕ β^- ਖੇ ਦੀ ਲੜੀ ਚਲਦੀ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ ਜਦੋ ਤਕ ਕਿ ਅੰਤ ਵਿਚ ਸਥਿਰ ਖੰਡ ਨਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋ ਜਾਣ । ਯੂਰੇਨਿਅਮ ਵਰਗੇ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਵਿਖੰਡਨ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਨਿਕਲੀ ਊਰਜਾ (Q-ਮਾਨ) ਪ੍ਰਤੀ ਵਿਖੰਡਿਤ ਨਾਭਿਕ 200 MeV ਦੀ ਕੋਟੀ ਦੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ । ਇਸਦਾ ਆਕਲਨ ਅਸੀ ਇੰਝ ਕਰਦੇ ਹਾਂ :-

ਮੰਨਿਆ ਕਿ ਇੱਕ ਨਾਭਿਕ ਦਾ A = 240 ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ A = 120 ਦੇ ਦੋ ਖੰਡਾ ਵਿਚ ਵਿਖੰਡਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਤਦ A = 240 ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਲਈ E_{bn} ਲਗਭਗ 7.6 MeV ਤੋਂ (ਦੇਖੋ ਚਿੱਤਰ 13.1) ।

A = 120 ਵਾਲੇ ਵਿਖੰਡਿਤ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਲਈ E_{bn} ਲਗਭਗ 8.5MeV ਹੈ । ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਭਿਕਲਿਆਨ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਦਾ ਲਾਭ ਲਗਭਗ 0.9MeV ਹੈ । ਇਸ ਲਈ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਵਿਚ ਕੁਲ ਲਾਭ 240x0.9 ਯਾ 216MeV ਹੈ । ਵਿਖੰਡਨ ਦੀ ਘਟਨਾਵਾਂ ਦੀ ਵਿਘਟਨ ਊਰਜਾ ਪਹਿਲੇ ਖੇ-ਉਤਪਾਦਾ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ

ਨਿਕਲਦੀ ਹੈ । ਅੰਤ ਵਿਚ ਇਹ ਆਲੇ-ਦੁਆਲੇ ਦੇ ਮਾਦੇ ਤੋਂ ਤਬਦੀਲ ਹੋਕੇ ਤਾਪ ਵਿਚ ਬਦਲ ਜਾਂਦੀ ਹੈ । ਨਾਭਿਕੀ ਰਿਐਕਟਰਾਂ ਵਿਚ ਨਾਭਿਕੀ ਵਿਖੰਡਨ ਊਰਜਾ ਤੋਂ ਬਿਜਲੀ ਦਾ ਉਤਪਾਦਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਪਰਮਾਣੂ ਬੰਬ ਵਿਚ ਨਿਕਲਨ ਵਾਲੀ ਵਿਸ਼ਾਲ ਊਰਜਾ ਬੇਕਾਬੂ ਨਾਭਿਕੀ ਵਿਖੰਡਨ ਤੋਂ ਹੀ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ । ਅਗਲੇ ਅਨੁਭਾਗ ਵਿਚ ਅਸੀਂ ਕੁਝ ਵਿਸਤਾਰ ਨਾਲ ਇਹ ਚਰਚਾ ਕਰਾਂਗੇ ਕਿ ਨਾਭਿਕੀ ਰਿਐਕਟਰ ਕਿਵੇ ਕਾਰਜ ਕਰਦਾ ਹੈ ।

13.7.2 ਨਾਭਿਕੀ ਰਿਐਕਟਰ (Nuclear Reacter)

ਸਮੀਕਰਨਾਂ 13.26 ਤੋਂ 13.28 ਵਿਚ ਦਰਸ਼ਾਏ ਵਿਖੰਡਨ ਤੋਂ ਇਕ ਅਤੀ ਜ਼ਰੂਰੀ ਸੱਚਾਈ ਲਗਦੀ ਹੈ । ਵਿਖੰਡਨ ਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਇਕ ਵਾਧੂ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਉਤਪੰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਪ੍ਰਤੀ ਯੂਰੇਨਿਅਮ ਵਿਖੰਡਨ ਵਿੱਚ ਔਸਤ 2.5 ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੀ ਉਤਪੱਤੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ । ਇਹ ਇਕ ਅਨੁਪਾਤ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਵਿਖੰਡਨ ਘਟਨਾਵਾਂ ਵਿਚ 2 ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਕੁਝ ਵਿੱਚ 3 ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਪੈਦਾ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਹੋਰ ਵਿਖੰਡਨ ਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦੀ ਸ਼ੁਰੂਆਤ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਹੋਰ ਵੀ ਜ਼ਿਆਦਾ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੀ ਪੈਦਾਵਾਰ ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ । ਇਸਦੇ ਨਾਲ ਇਕ ਲੜੀ ਕਿਰਿਆ (Chain Reaction) ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਬਣ ਜਾਂਦੀ ਹੈ । ਇਹ ਵਿਚਾਰ ਸਭ ਤੋਂ ਪਹਿਲਾ ਏਨਰਿਕੋ ਫਰਮੀ (Enrico Fermi) ਨੇ ਰਖਿਆ ਸੀ । ਜੇ ਇਸ ਲੜੀ ਕਿਰਿਆ ਨੂੰ ਕਾਬੂ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਸਾਨੂੰ ਸੁਖਾਵੀ ਤੌਰ ਤੇ ਊਰਜਾ ਮਿਲ ਸਕਦੀ ਹੈ । ਨਾਭਿਕੀ ਰਿਐਕਟਰ ਵਿਚ ਇਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਜੇ ਲੜੀ ਕਿਰਿਆ ਬੇਕਾਬੂ ਹੋ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਇਸ ਨਾਲ ਵਿਨਾਸ਼ਕਾਰੀ ਊਰਜਾ ਉਤਪਨ ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ ਜਿਵੇ ਕਿ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕੀ ਬੰਬ ਵਿਚ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਪਰੰਤੂ ਕਿਸੇ ਲੜੀ ਕਿਰਿਆ ਨੂੰ ਚਲਦੀ ਰੱਖਣ ਵਿਚ ਇਕ ਹੋਰ ਕਠਿਨਾਈ ਹੈ ਜਿਵੇ ਕਿ ਇੱਥੇ ਦੱਸਿਆ ਹੈ । ਪ੍ਰਯੋਗਾ ਤੋਂ ਸਾਨੂੰ ਪਤਾ ਹੈ ਕਿ ਮੰਦ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ (ਤਾਪੀਅ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ Thermal Neutrons) ਤੇਜ (Fast) ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਥਾਂ $^{235}_{92}U$ ਨੂੰ ਵਿਖੰਡਿਤ ਕਰਨ ਵਿਚ ਜ਼ਿਆਦਾ ਉਪਯੋਗੀ ਹਨ। ਵਿਖੰਡਨ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਨਿਕਲੇ ਤੇਜ਼ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਹੋਰ ਵਿਖੰਡਨ ਕਰਣ ਦੀ ਥਾਂ ਬਾਹਰ ਵੀ ਨਿਕਲ ਜਾਂਦੇ ਹਨ । $^{235}_{92}U$ ਦੇ ਵਿਖੰਡਨ ਵਿਚ ਪੈਦਾ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਊਰਜਾ ਔਸਤ 2MeV ਦੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ । ਇਹ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਜਦੋ ਤਕ ਕਿ ਇਹਨਾਂ ਨੂੰ ਹੋਲੇ ਨਾ ਕੀਤਾ ਜਾਵੇ ਯੂਰੇਨਿਅਮ ਨਾਭਿਕਾਂ ਨਾਲ ਕਿਰਿਆ ਕੀਤੇ ਬਗੈਰ ਹੀ ਬਾਹਰ ਨਿਕਲ ਜਾਂਦੇ ਹਨ । ਯੂਰੇਨਿਅਮ ਨਾਭਿਕਾਂ ਤੋਂ ਇਹਨਾਂ ਤੇਜ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਲੜੀ ਕਿਰਿਆ ਬਣਾਏ ਰਖਣ ਲਈ ਵਿਖੰਡਨ ਵਾਲੇ ਪਦਾਰਥ ਦੀ ਬਹੁਤ ਅਧਿਕ ਮਾਤਰਾ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ । ਤੇਜ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਨੂੰ ਹਲਕੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਨਾਲ ਇਲਾਸਟਿਕ ਸਕ੍ਰੈਟਰਿੰਗ (Elastic Scattering) ਦੁਆਰਾ ਧੀਮਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ । ਅਸਲ ਵਿਚ ਚੈਡਵਿਕ ਦੇ ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਨੇ ਇਹ ਦਰਸਾਇਆ ਕਿ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਨਾਲ ਇਲਾਸਟਿਕ ਟੱਕਰ ਨਾਲ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਲਗਭਗ ਸਥਿਰ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਸਾਰੀ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੁਆਰਾ ਲੈ ਲਈ ਜਾਂਦੀ ਹੈ । ਇਹ ਸਥਿਤੀ ਉਞੰ ਹੀ ਹੈ ਜਿਵੇ ਕਿਸੇ ਗਤੀਮਾਨ ਕੱਚ ਦੀ ਗੋਲੀ ਦੀ ਹੋਰ ਸਥਿਰ ਗੋਲੀ ਨਾਲ ਆਹਮਣੇ ਸਾਹਮਣੇ ਦੀ ਟੱਕਰ । ਇਸ ਲਈ ਰਿਐਕਟਾਂ ਵਿਚ ਤੇਜ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਨੂੰ ਧੀਮਾ ਕਰਨ ਲਈ ਵਿਖੰਡਨ ਯੋਗ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਨਾਲ ਹਲਕੇ ਨਾਭਿਕਾ (ਜਿਹਨਾਂ ਨੂੰ ਅਸੀਂ ਅਵਸੰਦਕ (Moderator)ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ) ਦੀ ਵਰਤੋ ਕੀਤੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਜ਼ਿਆਦਾਤਰ ਪ੍ਰਯੋਗ ਹੋਣ ਵਾਲੇ ਅਵਸ਼ੰਦਕ ਜਲ, ਭਾਰੀ ਜਲ (D_2O) ਅਤੇ ਗ੍ਰੈਫਾਈਟ ਹਨ।

ਭਾਭਾ ਪਰਮਾਣੂ ਅਨੁਸੰਧਾਨ ਕੇਂਦਰ (BARC) ਮੁੰਬਈ ਦੇ ਅਪਸਰਾ ਰਿਐਕਟਰ ਵਿਚ ਅਵਸੰਦਕ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਜਲ ਦਾ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ । ਊਰਜਾ ਉਤਪਾਦਨ ਲਈ ਭਾਰਤ ਦੇ ਹੋਰ ਰਿਐਕਟਰਾਂ ਵਿਚ ਅਵਸੰਦਕ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਭਾਰੀ ਜਲ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ।

ਅਵਸੰਦਕ ਦੇ ਉਪਯੋਗ ਕਾਰਨ ਕਿਸੇ ਪੱਧਰ ਦੇ ਨਿਕਲੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੁਆਰਾ ਵਿਖੰਡਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦਾ ਉਸਦੇ ਪਿਛਲੇ ਪੱਧਰ ਤੇ ਨਿਕਲੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੁਆਰਾ ਵਿਖੰਡਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਨਾਲ ਅਨੁਪਾਤ K ਦਾ ਮਾਨ ਇਕ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ । ਇਸ ਅਨੁਪਾਤ ਨੂੰ ਗੁਣਨ ਕਾਰਕ (Multiplication Factor) ਕਹਿੰਦੇ ਹਨ । ਇਹ ਰਿਐਕਟਰ ਵਿਚ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੀ ਵ੍ਰਿਧੀ ਦਰ ਨੂੰ ਮਾਪਦਾ ਹੈ । K=1 ਦੇ ਲਈ ਰਿਐਕਟਰ ਦੀ ਪਰਵ੍ਰਿਤੀ ਕ੍ਰਾਂਤਿਕ (Critical) ਕਹਾਉਂਦੀ ਹੈ ਜੋ ਕਿ ਸਥਿਰ ਸ਼ਕਤੀ ਉਤਪਾਦਨ ਦੀ ਪ੍ਰਵਿਰਤੀ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ । K ਦਾ ਮਾਨ ਇਕ ਤੋਂ ਵੱਧ ਹੋਣ ਤੇ ਕਿਰਿਆ ਦਰ ਅਤੇ ਰਿਐਕਟਰ ਦੀ ਸ਼ਕਤੀ ਵਿੱਚ ਚਰ ਘਾਤਾਂਕੀ (Exponential) ਵ੍ਰਿਧੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। K ਦਾ ਮਾਨ ਇੱਕ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਨੇੜੇ ਨਾ ਹੋਣ ਤੇ ਰਿਐਕਟਰ ਅਤੀ ਕ੍ਰਾਂਤਿਕ (Super Critical) ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ ਅਤੇ ਰਿਐਕਟਰ ਵਿਚ ਧਮਾਕਾ ਵੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ । ਸਨ 1986 ਵਿਚ ਯੁਕੇਨ ਦੇ ਚਰਨੋਬਿਲ ਰਿਐਕਟਰ ਵਿਚ ਹੋਇਆ ਧਮਾਕਾ ਇਸ ਦਖਦ ਤੱਧ ਦੀ ਯਾਦ ਕਰਵਾਉਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਨਾਭਿਕੀ ਰਿਐਕਟਰ ਵਿਚ ਕੋਈ ਦੁਰਘਟਨਾ ਕਿੰਨੀ ਵਿਨਾਸ਼ਕਾਰੀ ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ ।

ਕਿਰਿਆ ਦਰ ਤੇ ਕਾਬੂ ਕੈਡਮੀਅਮ ਵਰਗੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਅਵਸ਼ੋਸ਼ਕ ਪਦਾਰਥ ਤੋ ਬਣੀ ਕਾਬੂ ਛੜਾ (Control rods) ਦੁਆਰਾ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਕਾਬੂ ਛੜਾ ਤੋਂ ਇਲਾਵਾ ਰਿਐਕਟਰ ਵਿਚ ਰੱਖਿਆ ਛੜਾ (Safety rods) ਦਾ ਵੀ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ । ਇਹਨਾਂ ਰੱਖਿਆ ਛੜਾ ਨੂੰ ਲੋੜ ਪੈਣ ਤੇ ਰਿਐਕਟਰ ਵਿਚ ਪ੍ਰਵਿਸ਼ਟ ਕਰਵਾਕੇ K ਦਾ ਮਾਨ ਛੇਤੀ ਨਾਲ ਇਕ ਤੋ ਘੱਟ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ।

ਕੁਦਰਤੀ ਰੂਪ ਵਿਚ ਪਾਏ ਜਾਨ ਵਾਲੇ ਯੂਰੇਨਿਅਮ ਵਿਚ ਅਧਿਕ $^{235}_{92}U$ ਸਮਸਥਾਨਕ ਵਿਖੰਡਨਯੋਗ ਹੁੰਦਾ। ਜਦੋ ਇਸ ਵਿਚ ਕਿਸੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦਾ ਗ੍ਰਹਿਣ (Capture) ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਤਾਂ ਰੇਡੀਓ ਐਕਟੀਵ ਪਲੂਟੋਨਿਅਮ ਦਾ ਉਤਪਾਦਨ ਹੇਠ ਕਿਰਿਆਵਾ ਨਾਲ ਹੁੰਦਾ ਹੈ:-

$$^{238}_{92}U + n \rightarrow {}^{239}_{92}U \rightarrow {}^{239}_{93}Np + e^- + \bar{\nu}$$

$$^{239}_{93}Np \rightarrow {}^{239}_{94}Pu + e^- + \bar{\nu} \qquad (13.29)$$

ਪਲੂਟੋਨਿਅਮ ਵਿਚ ਧੀਮੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੇ ਹਮਲੇ ਨਾਲ ਵਿਖੰਡਨ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ । ਚਿੱਤਰ 13.5 ਵਿਚ ਤਾਪੀ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਵਿਖੰਡਨ ਤੇ ਆਧਾਰਿਤ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕੀ ਰਿਐਕਟਰ ਦਾ ਸਰਲ ਰੂਪ ਦਰਸਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ । ਰਿਐਕਟਰ ਦੀ ਕੋਰ ਨਾਭਿਕੀ ਵਿਖੰਡਨ ਦਾ ਖੇਤਰ ਹੈ। ਇਸ ਵਿਚ ਉਪਯੁਕਤ ਘੜੇ ਹੋਏ ਰੂਪ ਵਿਚ ਈਂਧਨ (ਬਾਲਣ) ਤੱਤ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਬਾਲਣ ਕੁਦਰਤੀ ਰੂਪ ਵਿਚ ਪਾਏ ਜਾਣ ਵਾਲੇ ਯੂਰੇਨਿਯਮ ਦੀ ਬਜਾਏ $^{235}_{92}U$ ਵਿਚ ਅਧਿਕ ਬਹੁਲ ਯੂਰੇਨਿਅਮ (Enriched Uranium) ਵੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ । ਕੋਰ ਵਿੱਚ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਨੂੰ ਧੀਮਾ ਕਰਨ ਲਈ ਮੰਦਕ (Moderator) ਲੱਗੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ । ਲੀਕੇਜ (Leakage) ਰੋਕਣ ਲਈ ਕੋਰ ਇਕ ਪਰਾਵਰਤਕ (Reflector) ਨਾਲ ਘਿਰੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਵਿਖੰਡਨ ਵਿੱਚ ਨਿਕਲੀ ਤਾਪ ਊਰਜਾ ਨੂੰ ਉਪਯੁਕਤ ਸ਼ੀਤਲਕ (Coolant) ਦੁਆਰਾ ਲਗਾਤਾਰ ਹਟਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ । ਵਿਖੰਡਿਤ ਰੇਡੀਓ ਐਕਟਿਵ ਉਤਪਾਦ ਦੇ ਪਲਾਇਨ ਨੂੰ ਰੋਕਣ ਲਈ ਪਾਤਰ ਲੱਗੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ । ਇਸ ਸਾਰੀ ਵਿਵਸਥਾ ਤੋ ਹਾਨੀਕਾਰਕ ਵਿਕਿਰਣਾ ਨੂੰ ਬਾਹਰ ਨਾ ਆਉਣ ਦੇਣ ਲਈ ਇਕ ਕਵਚ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ । ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੇ ਅਵਸ਼ੋਸ਼ਣ ਦੀ ਉੱਚ ਯੋਗਤਾ ਵਾਲੀ ਛੜਾਂ (ਜਿਵੇ ਕੈਡਸਿਅਮ ਤੋ ਬਣੀ) ਦੇ ਉਪਯੋਗ ਨਾਲ ਰਿਐਕਟਰ ਨੂੰ ਬੰਦ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਸ਼ੀਤਲਕ ਤੋਂ ਤਾਪ ਇਕ ਕਾਰਜਕਾਰੀ ਤਰਲ ਨੂੰ ਬਦਲੀ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਜਿਸਤੋਂ ਭਾਫ ਦਾ ਉਦਪਾਦਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਇਸ ਭਾਫ ਤੋਂ ਟਰਬਾਈਨ ਨੂੰ ਘੁਮਾਕੇ ਬਿਜਲੀ ਦਾ ਉਤਪਾਦਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਕਿਸੇ ਹੋਰ ਸ਼ਕਤੀ ਰਿਐਕਟਰ ਦੇ ਵਾਂਗ ਹੀ ਨਾਭਿਕੀ ਰਿਐਕਟਰ ਤੋਂ ਕਾਫੀ ਮਾਤਰ ਵਿਚ ਬੇਲੋੜੇ ਉਤਪਾਦ ਨਿਕਲਦੇ ਹਨ । ਪਰੰਤੂ ਨਾਭਿਕੀ ਬੇਲੋੜੇ ਪਦਾਰਥਾ ਨੂੰ ਠਿਕਾਨੇ ਲਗਾਉਣ ਲਈ ਖਾਸ ਧਿਆਨ ਰੱਖਨਾ ਪੈਂਦਾ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਇਹ ਰੇਡੀਓ ਐਕਟਿਵ ਅਤੇ ਹਾਨੀਕਾਰਕ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਰਿਐਕਟਰ ਦੇ ਸੰਚਾਲਨ ਉਸਦੇ ਰੱਖ ਰਖਾਵ ਅਤੇ ਖਪਤ ਹੋਏ ਈਂਧਨ ਦੇ ਲਈ ਵੱਡੇ ਸੁਰੱਖਿਆ ਪ੍ਰਬੰਧ ਕੀਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ । ਭਾਰਤੀ ਪਰਮਾਣੂ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰੋਗ੍ਰਾਮ ਵਿਚ ਇਹ ਸੁਰਖਿਆ ਪ੍ਰਬੰਧ ਖਾਸ ਹਨ । ਰਿਡੀਓਐਕਟਿਵ ਬੇਲੋੜੇ ਪਦਾਰਥ (ਰਹਿੰਦ ਖੂੰਦ) ਨੂੰ ਘੱਟ ਕਿਰਿਆਸ਼ੀਲ ਅਤੇ ਅਲਪਜੀਵੀ ਤਰਲਾਂ ਵਿਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਕਰਨ ਦੀ ਸਭਾਵਨਾਵਾਂ ਦੇ ਅਧਿਐਨ ਲਈ ਇਕ ਉਪਯੁਕਤ ਯੋਜਨਾ ਤੇ ਵਿਕਾਸ ਕਾਰਜ ਚਲ ਰਿਹਾ ਹੈ ।

13.7.3 ਨਾਭਿਕੀ ਸੰਯੋਜਨ (Nuclear Fusion) ਤਾਰਿਆ ਵਿਚ ਊਰਜਾ ਜਨਨ

ਚਿੱਤਰ 13.1 ਵਿਚ ਦਰਸਾਇਆ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਵਕਰ ਇਹ ਵੀ ਦਰਸਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਜੇ ਦੋ ਹਲਕੇ ਨਾਭਿਕ ਮਿਲ ਕੇ ਇੱਕ ਵੱਡਾ ਨਾਭਿਕ ਬਨਾਉਣ ਤਾਂ ਊਰਜਾ ਮੁਕਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ । ਇਸ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਨੂੰ ਨਾਭਿਕੀ ਸੰਯੋਜਨ (Nuclear Fusion) ਆਖਦੇ ਹਨ । ਇਸ ਵਰਗੀਆਂ ਹੋਰ ਊਰਜਾ ਨਿਕਾਸੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦੇ ਕੁਝ ਉਦਾਹਰਨ ਹੇਠ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ:

$$^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{2}_{1}H + e^+ + \nu + 0.42\ \text{MeV} \qquad [13.29(a)]$$

$$^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He + n + 3.27\ \text{MeV} \qquad [13.29(b)]$$

$$^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{1}H + {}^{1}_{1}H + 4.03\ \text{MeV} \qquad [13.29(c)]$$

ਅਭਿਕਿਰਿਆ (13.29) (a) ਵਿਚ ਦੋ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਮਿਲ ਕੇ ਇਕ ਡਿਊਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਇਕ ਪਾਜ਼ੀਟ੍ਰਾਨ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਕਿਰਿਆ ਵਿਚ 0.42MeV ਊਰਜਾ ਨਿਕਲਦੀ ਹੈ । ਅਭਿਕਿਰਿਆ (13.29) (b) ਵਿਚ ਦੋ ਡਿਊਟ੍ਰਾਨ ਮਿਲਕੇ ਇਕ ਹੀਲੀਅਮ ਦਾ ਹਲਕਾ ਸਮਸਥਾਨਕ ਬਨਾਉਂਦੇ ਹਨ । ਅਭਿਕਿਰਿਆ 13.29 (c) ਵਿਚ ਦੋ ਡਿਊਟ੍ਰਾਨ ਮਿਲਕੇ ਇੱਕ ਟ੍ਰੀਟਿਅਮ ਨਿਊਕਲੀਅਮ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹਨ । ਸੰਯੋਜਨ ਲਈ ਦੋ ਨਾਭਿਕਾਂ ਨੂੰ ਬਹੁਤ ਅਧਿਕ ਨੇੜੇ ਆਉਣਾ ਬਹੁਤ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਉਹਨਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਆਕਰਸ਼ਿਤ ਲਘੁ-ਪਰਾਸੀ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ (Short Range Nuclear Forces) ਕਾਰਜ ਕਰ ਸਕਣ। ਭਾਵੇ ਦੋਵੇ ਨਾਭਿਕ ਤੇ ਚਾਰਜ ਧਨਾਤਮਕ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਇਹਨਾਂ ਵਿਚ ਕੂਲਮ ਅਪਕਰਸ਼ਣ ਬਲ ਹੋਵੇਗਾ । ਇਸ ਲਈ ਕੂਲਮ ਅਵਰੋਧ ਧਾਰ ਕਰਨ ਲਈ ਕਾਫੀ ਊਰਜਾ ਹੋਣਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ । ਇਸ ਕੂਲਮ ਅਵਰੋਧ ਦੀ ਉਚਾਈ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰਜਾਂ ਅਤੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਕਰਦੀ ਹਨ । ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ ਇਹ ਸੋਖੇ ਹੀ ਦਰਸਾਇਆ ਜਾਂ ਸਕਦਾ ਹੈ ਕਿ ਦੋ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਲਈ ਇਹ ਅਵਰੋਧ ਉਚਾਈ (Barrier Height) ਲਗਭਗ 400KeV ਹੈ ਅਤੇ ਅਧਿਕ ਚਾਰਜ ਵਾਲੇ ਨਾਭਿਕਾ ਦੇ ਲਈ ਇਹ ਅਵਰੋਧ ਉਚਾਈ ਹੋਰ ਵੀ ਜ਼ਿਆਦਾ ਹੋਵੇਗੀ । ਕਿਸੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਗੈਸ ਵਿਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਦੁਆਰਾ ਕੂਲਮ ਅਵਰੋਧ ਨੂੰ ਪਾਰ ਕਰਨ ਲਈ ਉਚਿਤ $3x10^9$ K ਤਾਪ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋ ਸਕਦੀ ਹੈ । ਇਸ ਤਾਪ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਸੂਤਰ $3/2kT = K$ ਵਿਚ K ਦਾ ਮਾਨ 400keV ਰੱਖਣ ਤੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ । ਜਦੋ ਸੰਯੋਜਨ ਸਿਸਟਮ ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ ਵਧਾ ਕੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਜੋ ਕਣਾ ਕੋਲ ਕੂਲਮ ਅਪਕਰਸ਼ਨ ਬਲਾਂ ਨੂੰ ਕਾਬੂ ਕਰਨ ਲਈ ਉਚਿਤ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਹੋਵੇ, ਇਸ ਸੰਯੋਜਨ ਨੂੰ ਤਾਪ ਨਾਭਿਕੀ ਸੰਯੋਜਨ (Thermonuclear Fusion) ਆਖਦੇ ਹਨ ।

ਤਾਰਿਆ ਦੇ ਅੰਦਰ ਤਾਪ ਉਤਪਤੀ ਦਾ ਸੋਮਾ ਤਾਪ ਨਾਭਿਕੀ ਸੰਯੋਜਨ ਹੀ ਹੈ । ਸੂਰਜ ਦੇ ਕੋਰ ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ ਲਗਭਗ $1.5x10^7$K ਹੈ ਜੋ ਕਿ ਔਸਤ ਊਰਜਾ ਦੇ ਕਣਾਂ ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਅਨੁਮਾਨਿਤ ਤਾਪ ਤੋਂ ਕਾਫੀ ਘੱਟ ਹੈ । ਇਸ ਲਈ ਸੂਰਜ ਵਿਚ ਰੋਣ ਵਾਲੀ ਸੰਯੋਜਨ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਔਸਤ ਊਰਜਾਵਾਂ ਤੋਂ ਬਹੁਤ ਅਧਿਕ ਊਰਜਾ ਵਾਲੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਭਾਗ ਲੈਂਦੇ ਹਨ ।

ਇਸ ਲਈ ਨਾਭਿਕੀ ਸੰਯੋਜਨ ਬਹੁਤ ਉੱਚ ਤਾਪ ਅਤੇ ਦਾਬ ਤੇ ਹੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਤਾਪ ਦਾਬ ਦੀ ਇਹ ਸਥਿਤੀਆਂ ਕੇਵਲ ਤਾਰਿਆ ਦੇ ਅੰਦਰ ਹੀ ਉਪਲਬਧ ਹਨ ।

ਸੂਰਜ ਵਿਚ ਹੋਣ ਵਾਲੀ ਸੰਯੋਜਨ ਇਕ ਬਹੁਚਰਨ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿਚ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਹੀਲੀਅਮ ਵਿਚ ਬਦਲਦੀ ਹੈ । ਇਸ ਲਈ ਸੂਰਜ ਦੇ ਕੋਰ ਵਿਚ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਈਂਧਨ ਹੈ । ਪ੍ਰੋਟਾਨ-ਪ੍ਰੋਟਾਨ (p-p) ਚੱਕਰ ਜਿਸ ਦੁਆਰਾ ਇਹ ਘਟਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਹੇਠ ਅਭਿਕਿਰਿਆਵਾ ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ।

$${}^1_1H + {}^1_1H \rightarrow {}^2_1H + e^+ + \nu + 0.42 \text{ MeV} \qquad \text{(i)}$$

$$e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma + 1.02 \text{ MeV} \qquad \text{(ii)}$$

$${}^2_1H + {}^1_1H \rightarrow {}^3_2He + \gamma + 5.49 \text{ MeV} \qquad \text{(iii)}$$

$${}^3_2He + {}^3_2He \rightarrow {}^4_2He + {}^1_1H + {}^1_1H + 12.86 \text{ MeV} \qquad \text{(iv)} \quad (13.30)$$

ਚੌਥੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਹੋਣ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹੈ ਕਿ ਪਹਿਲੀ ਤਿੰਨ ਅਭਿਕਿਰਿਆਂਚਾ ਦੋ-ਦੋ ਬਾਰ ਹੋਣ ਅਤੇ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੋ ਹਲਕੇ ਹੀਲੀਅਮ ਨਾਭਿਕ ਮਿਲਕੇ ਸਾਦੇ ਹੀਲੀਅਮ ਦਾ ਇਕ ਨਾਭਿਕ ਬਣਾਏ । ਜੇ ਅਸੀਂ 2(i) + 2(ii) + 2(iii) + (iv) ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੀਏ ਤਾ ਕੁਲ ਪ੍ਰਭਾਵ ਹੋਵੇਗਾ,

$$4\,{}^1_1H + 2e^- \rightarrow {}^4_2He + 2\nu + 6\gamma = 26.7 \text{ MeV}$$

$$(4\,{}^1_1H + 4e^-) \rightarrow ({}^4_2He + 2e^-) = 2\nu + 6\gamma + 26.7 \text{ MeV} \qquad (13.31)$$

ਇਸ ਲਈ 4 ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਮਿਲਕੇ ਇਕ ${}^4_2He$ ਪਰਮਾਣੂ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਇਸ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਵਿਚ 26.7 MeV ਊਰਜਾ ਮੁਕਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ ।

ਕਿਸੇ ਤਾਰੇ ਦੇ ਕੋਰ ਵਿਚ ਸਿਰਫ ਹੀਲੀਅਮ ਦਾ ਹੀ ਉਤਪਾਦਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ । ਜਿਵੇਂ-ਜਿਵੇਂ ਕੋਰ ਵਿਚ ਹਾਈਡਰੋਜਨ (ਹੀਲੀਅਮ ਵਿਚ ਬਦਲਕੇ) ਘੱਟਦੀ ਹੈ, ਕੋਰ ਠੰਡਾ ਹੋਣ ਲਗਦਾ ਹੈ । ਇਸ ਨਾਲ ਤਾਰਾ ਆਪਣੇ ਗੁਰੂਤਵ ਕਾਰਨ ਸਿਕੁੜ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨਾਲ ਕੋਰ ਦਾ ਤਾਪ ਵਧਨ ਲਗਦਾ ਹੈ । ਜੇ ਕੋਰ ਦਾ ਤਾਪਮਾਨ 10^8K ਤਕ ਵੱਧ ਜਾਵੇ ਤਾਂ ਸੰਯੋਜਨ ਕਿਰਿਆ ਦੁਬਾਰਾ ਹੋਣ ਲਗੇਗੀ ਪਰੰਤੂ ਹੁਣ ਹੀਲੀਅਨ ਕਾਰਬਨ ਵਿਚ ਬਦਲੇਗੀ ਇਸ ਤਰਾਂ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਨਾਲ ਸੰਯੋਜਨ ਦੁਆਰਾ ਵੱਡੇ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ ਵਾਲੇ ਤਤਾਂ ਦਾ ਜਨਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਪਰੰਤੂ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਵਕਰ (ਚਿੱਤਰ 13.1) ਦੇ ਉਪਰ ਸਥਿਤ ਭਾਰੀ ਤੱਤਾ ਦਾ ਨਿਰਮਾਣ ਇਸ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਦੁਆਰਾ ਨਹੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ।

ਸੂਰਜ ਦੀ ਉਮਰ ਲਗਭਗ $5x10^9$ ਸਾਲ ਹੈ ਅਤੇ ਇਹ ਅਨੁਮਾਨ ਲਗਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਸੂਰਜ ਨੂੰ ਹੋਰ 5 ਅਰਬ ਸਾਲਾਂ ਤੱਕ ਬਣਾਏ ਰਖਣ ਲਈ ਜ਼ਰੂਰੀ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਉਪਲਬਧ ਹੈ । ਇਸਤੋ ਬਾਅਦ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦਾ ਜਲਣਾ ਰੁਕ ਜਾਵੇਗਾ ਅਤੇ ਸੂਰਜ ਠੰਡਾ ਹੋਣ ਲਗ ਪਵੇਗਾ ਇਸ ਨਾਲ ਸੂਰਜ ਆਪਣੇ ਗੁਰੂਤਵ ਕਾਰਨ ਸਿਕੁੜਨ ਲੱਗੇਗਾ ਜਿਸ ਨਾਲ ਸੂਰਜ ਦੇ ਕੋਰ ਦਾ ਤਾਪ ਵਧੇਗਾ । ਇਸ ਨਾਲ ਸੂਰਜ ਦਾ ਬਾਹਰੀ ਆਵਰਨ ਫੈਲਨ ਲਗੇਗਾ ਜਿਸ ਨਾਲ ਸੂਰਜ ਇਕ ਲਾਲ ਦਾਨਵ ਵਿਚ ਤਬਦੀਲ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ ।

ਨਾਭਿਕੀ ਵਿਨਾਸ਼

ਇੱਕ ਯੂਰੇਨਿਅਮ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਵਿਖੰਡਨ ਵਿਚ ਲਗਭਗ 0.9×235 MeV (≈200 MeV) ਊਰਜਾ ਨਿਕਲਦੀ ਹੈ ਜੇ ਲਗਭਗ 50kg $^{235}_{92}U$ ਦਾ ਹਰੇਕ ਨਾਭਿਕ ਵਿਖੰਡਿਤ ਹੋ ਜਾਵੇ ਤਾ ਲਗਭਗ 4×10^{15}J ਊਰਜਾ ਉਤਪੰਨ ਹੋਵੇਗੀ

ਇਹ ਊਰਜਾ 20000 ਟਨ TNT ਦੇ ਸਮਤੁਲ ਹੈ ਜੋ ਕਿ ਇੱਕ ਮਹਾ ਵਿਸਫੋਟ ਦੇ ਲਈ ਕਾਫੀ ਹੈ । ਵੱਡੀ ਮਾਤਰਾ ਵਿਚ ਨਾਭਿਕੀ ਊਰਜਾ ਦਾ ਬੇਕਾਬੂ ਵਿਸਰਜਨ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿਸਫੋਟ ਕਹਾਉਂਦਾ ਹੈ । 6 ਅਗਸਤ 1945 ਵਿਚ ਲੜਾਈ ਵਿਚ ਪਹਿਲੀ ਬਾਰ ਇਕ ਪਰਮਾਣੂ ਯੁਕਤੀ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕੀਤਾ ਗਿਆ ਅਮਰੀਕਾ ਨੇ ਜਪਾਨ ਦੇ ਸ਼ਹਿਰ ਹਿਰੋਸ਼ਿਮਾ ਤੇ ਇਕ ਪਰਮਾਣੂ ਬਮ ਸੁੱਟਿਆ ।

ਵਿਸਫੋਟ 20000 ਟਨ TNT ਦੇ ਸਮਤੁਲ ਸੀ। ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵ ਉਤਪਾਦਾਂ ਨੇ ਇੱਕ ਪੱਲ ਵਿੱਚ 343000 ਆਬਾਦੀ ਵਾਲੇ ਸ਼ਹਿਰ ਦੇ 10 ਵਰਗ ਕਿਲੋਮੀਟਰ ਖੇਤਰ ਨੂੰ ਤਬਾਹ ਕਰ ਦਿੱਤਾ । ਇਸ ਵਿੱਚ 66000 ਨਿਵਾਸੀ ਮਾਰੇ ਗਏ, 69000 ਜਖਮੀ ਹੋਏ ਅਤੇ ਸ਼ਹਿਰ ਦੀ 67% ਤੋਂ ਵੱਧ ਇਮਾਰਤਾਂ ਤਹਿਸ-ਨਹਿਸ ਹੋ ਗਿਆ ।

ਸੰਯੋਜਨ ਅਭਿਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦੇ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਉੱਚ ਤਾਪ ਵਿਖੰਡਣ ਬੰਬ ਨਾਲ ਉਤਪੰਨ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ । 1954 ਇੰਚ 10 ਮੈਗਾਟਨ TNT ਦੀ ਵਿਸਫੋਟਕ ਯੋਗਤਾ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਮਹਾ ਵਿਸਫੋਟ ਦਾ ਪਰੀਖਣ ਕੀਤਾ ਗਿਆ । ਇਹ ਬੰਬ ਜਿਹਨਾ ਵਿੱਚ ਹਾਈਡ੍ਰੋਜਨ ਦੇ ਸਮਸਥਾਨਕ, ਡਿਊਟੀਰੀਅਮ ਅਤੇ ਟ੍ਰੀਟੀਅਮ ਦਾ ਸੰਯੋਜਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ, ਹਾਇਡ੍ਰੋਜਨ ਬੰਬ ਕਹਿਲਾਂਦੇ ਹਨ । ਇਹ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਕਿ ਏਨੇ ਸ਼ਕਤੀਸ਼ਾਲੀ ਨਾਭਿਕ ਹਥਿਆਰ ਸਥਾਪਿਤ ਕਰ ਲਏ ਗਏ ਹਨ ਜੋ ਸਹਿਜ਼ ਕਿ ਬਟਨ ਦਬਾਉਂਦੇ ਹੀ ਕਈ ਬਾਰ ਪ੍ਰਿਥਵੀ ਤੋ ਦਾ ਜੀਵਨ ਦਾ ਸਫਾਇਆ ਕਰ ਸਕਦੇ ਹਨ । ਇਹੋ ਜਿਹੇ ਨਾਭਿਕ ਵਿਨਾਸ਼ ਨਾਲ ਨਾ ਸਿਰਫ ਪ੍ਰਿਥਵੀ ਦਾ ਵਰਤਮਾਨ ਜੀਵਨ ਨਸ਼ਟ ਹੋਵੇਗਾ ਜਦਕਿ ਇਸ ਦੇ ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵ ਅਵਸ਼ੇਸ਼ ਆਉਣ ਵਾਲੇ ਸਮੇ ਦੇ ਲਈ ਵੀ ਪ੍ਰਿਥਵੀ ਤੇ ਜੀਵਨ ਸਿਰਜਨ ਯੋਗ ਨਹੀ ਰਹਿਣ ਦੇਣਗੇ । ਸਧਾਂਤਿਕ ਗਣਨਾਵਾਂ ਦੇ ਅਧਾਰ ਤੇ ਜੋ ਪਾਰਦ੍ਰਿਸ਼ ਸਾਮਣੇ ਆਉਂਦਾ ਹੈ ਉਸ ਦੀ ਅਟਕਲ (Prediction) ਇਹ ਕਿ ਇੱਕ ਲੰਬਾ ਨਾਭਿਕੀ ਸੀਤ ਯੁੱਗ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋ ਜਾਵੇਗਾ ਕਿਓਂ ਕਿ ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵ ਅਵਸ਼ੇਸ਼ ਬੱਦਲਾ ਵਾਂਗ ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਵਿੱਚ ਤੈਰਣਗੇ ਅਤੇ ਸੂਰਜ ਤੋਂ ਪ੍ਰਿਥਵੀ ਵੱਲ ਆਉਣ ਵਾਲੀ ਸਾਰੀਆਂ ਵਿਕਰਣਾਂ ਨੂੰ ਸੋਖ ਲੈਣਗੇ ।

13.7.4: ਨਿਅੰਤ੍ਰਿਤ ਤਾਪ ਨਾਭਿਕ ਸੰਯੋਜਨ

ਕਿਸੇ ਤਾਰੇ ਵਿੱਚ ਨਾਭਿਕ ਹੋਣ ਵਾਲੀ ਤਾਪ ਨਾਭਿਕੀ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਦਾ ਰੁਪਾਤਰਨ ਇੱਕ ਤਾਪ ਨਾਭਿਕੀ ਯੁਕਤੀ ਨਾਲ ਕੀਤਾ ਜਾਂਦਾ ਹੈ । ਕਿਸੇ ਨਿਯੰਤ੍ਰਿਤ ਸੰਯੋਜਨ ਰਿਐਕਟਰ ਦਾ ਉਦੇਸ਼ ਨਾਭਿਕ ਬਾਲਨ ਨੂੰ 10^8K ਤਾਪ ਦੀ ਰੇਂਜ ਵਿੱਚ ਗਰਮ ਕਰਕੇ ਸਥਾਈ ਸ਼ਕਤੀ ਪੈਦਾ ਕਰਨਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਤਾਪ ਤੇ ਨਾਭਿਕੀ ਬਾਲਣ ਧਨਾਤਮਕ ਅਇਨਾਂ ਅਤੇ ਇਲੈਂਕਟ੍ਰਾਨਾ (Plasma) ਦਾ ਮਿਸ਼ਰਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ।

ਕਿਉਂਕਿ ਇਸ ਤਾਪ ਨੂੰ ਬਣਾਏ ਰੱਖਣ ਲਈ ਕੋਈ ਵਸਤੂ ਉਪਲਬਧ ਨਹੀਂ ਹੈ ਇਸ ਲਈ ਇਸ ਤਾਪ ਨੂੰ ਬਣਾਏ ਰੱਖਣਾ

ਇੱਕ ਚੁਨੌਤੀ ਹੈ। ਭਾਰਤ ਸਮੇਤ ਵਿਸ਼ਵ ਦੇ ਕਈ ਦੇਸ਼ ਇਸ ਸੰਬੰਧ ਵਿਚ ਯੁਕਤੀਆਂ ਦੇ ਵਿਕਾਸ ਲਈ ਯਤਨਸ਼ੀਲ ਹਨ। ਇਹਨਾਂ ਯਤਨਾ ਦੇ ਸਫਲ ਹੋਣ ਤੇ ਸੰਭਾਵਨਾ ਹੈ ਕਿ ਸੰਯੋਜਨ ਰਿਐਕਟਰ ਸਮਾਜ ਨੂੰ ਲਗਭਗ ਬੇਕਾਬੂ ਸ਼ਕਤੀ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰ ਸਕਨਗੇ ।

ਉਦਾਹਰਨ 13.7 ਹੇਠਾ ਲਿਖੇ ਪ੍ਰਸ਼ਨਾ ਦੇ ਉੱਤਰ ਦੋ:

(a) ਕਿ ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦੇ ਸਮੀਕਰਨ (ਜਿਵੇ ਕਿ ਭਾਗ 13.7 ਵਿਚ ਦਿੱਤੇ ਹਨ) ਰਸਾਇਣਿਕ ਸਮੀਕਰਨ (ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ $2H_2+O_2 \rightarrow 2H_2O$) ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਸੰਤੁਲਿਤ ਹਨ ? ਜੇ ਨਹੀਂ ਤਾਂ ਇਸ ਕਿਸ ਰੂਪ ਵਿਚ ਇਹ ਦੋਵਾ ਪਾਸੇਂ ਸੰਤੁਲਿਤ ਹੋਣਗੇ ?

(b) ਜੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆਂ, ਹਰੇਕ ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਸੁਰਖਿਅਤ ਰਹਿੰਦੀ ਹੈ, ਤਾਂ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਪੁੰਜ ਕਿਵੇ ਊਰਜਾ ਵਿੱਚ (ਜਾਂ ਇਸਦਾ ਉਲਟ) ਬਦਲਦਾ ਹੈ ?

(c) ਸਾਧਾਰਨ ਵਿਚਾਰ ਹੈ ਕਿ ਸਿਰਫ ਨਾਭਿਕੀ ਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਹੀ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ ਇਕ ਦੂਸਰੇ ਵਿਚ ਬਦਲੇ ਜਾ ਸਕਦੇ ਹਨ ਜਦਕਿ ਰਸਾਇਣਿਕ ਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਇਹ ਕਦੇ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਇਹ ਕਹਿਣਾ ਝੂਠ ਹੈ । ਸਮਝਾਓ ।

ਹਲ: **(a)** ਕਿਸੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਕਿਰਿਆ ਦੇ ਸੰਤੁਲਨ ਹੋਣ ਦੀ ਸਥਿਤੀ ਵਿੱਚ ਸਮੀਕਰਨ ਦੇ ਦੋਵੇ ਪਾਸੇ ਤੱਤਾ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਸਮਾਨ ਹੁੰਦੀ ਹੈ । ਕਿਸੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਪਰਮਾਣੂਆ ਦੇ ਮੂਲ ਸੰਯੋਜਨ ਵਿਚ ਬਦਲਾਵ ਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਪਰੰਤੂ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਤੱਤਾ ਦਾ ਬਦਲਾਵ (Transmutation) ਵੀ ਹੋ ਸਕਦਾ ਹੈ । ਇਸ ਲਈ ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ ਹਰ ਇੱਕ ਤੱਤ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦਾ ਸੁਰਖਿਅਤ ਹੋਣਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਹੈ । ਪਰੰਤੂ, ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆਵਾਂ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਅਤੇ ਨਿਓਟ੍ਰਾਨਾ ਦੋਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਵੱਖ ਵੱਖ ਰੂਪ ਵਿਚ ਸੁਰਖਿਅਤ ਰਹਿਦੀ ਹੈ ।

[ਅਸਲ ਵਿੱਚ, ਬਹੁਤ ਵੱਧ ਊਰਜਾ ਦੇ ਪਰਿਮੰਡਲ ਵਿੱਚ ਇਹ ਕਥਨ ਵੀ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਸੱਚ ਨਹੀਂ ਹੈ । ਅਸਲ ਵਿੱਚ ਕੁਲ ਚਾਰਜ ਅਤੇ ਕੁਲ ਬੇਰੀਅਨ ਸੰਖਿਆ (Total baryon number) ਸੁਰਖਿਅਤ ਰਹਿੰਦੇ ਹਨ । ਅਸੀਂ ਇਸ ਤੇ ਅੱਗੇ ਹੋਰ ਵਿਚਾਰ ਨਹੀਂ ਕਰਾਂਗੇ] ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਆਵਾਂ [ਜਿਵੇ ਕਿ ਸਮੀਕਰਨ(13.26)] ਵਿੱਚ ਸਮੀਕਰਨ ਦੇ ਦੋਵੇ ਪਾਸੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦੇ ਸੰਖਿਆਵਾ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆਵਾਂ ਵੱਖ ਵੱਖ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਸਮਾਨ ਹੈ ।

(b) ਅਸੀਂ ਜਾਣਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਦਾ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਪੁੰਜ ਵਿਚ ਰਿਣਾਤਮਕ ਯੋਗਦਾਨ(ਪੁੰਜ ਹਾਨੀ) ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਕਿਉਂਕਿ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੋਨਾਂ ਦੀ ਸੰਖਿਆਵਾ ਸੁਰਖਿਅਤ ਰਹਿੰਦੀ ਹਨ ਇਸ ਲਈ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਦੇ ਦੋਨੋ ਪਾਸੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦਾ ਕੁਲ ਵਿਰਾਮ ਪੁੰਜ (Restmass) ਸਮਾਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਪਰੰਤੂ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਸੱਜੇ ਪਾਸੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਕੁਲ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਦੇ ਖਬੇ ਪਾਸੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਕੁਲ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਦੇ ਸਮਾਨ ਹੋਣਾ ਜ਼ਰੂਰੀ ਨਹੀਂ ਹੈ । ਇਹਨਾਂ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾਵਾਂ ਦਾ ਅੰਤਰ ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆਂ ਤੇ ਸੋਖੀ ਗਈ ਊਰਜਾ ਜਾਂ ਨਿਕਲਣ ਵਾਲੀ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਨਿਕਲਦਾ ਹੈ । ਕਿਉਕਿ ਬੰਧਨ-ਊਰਜਾ ਪੁੰਜ ਵਿਚ ਯੋਗਦਾਨ ਦਿੰਦੀ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਅਸੀਂ ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਦੋਨਾਂ ਪਾਸੇ ਦੇ ਕੁਲ ਪੁੰਜ ਦਾ ਅੰਤਰ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । (ਜਾਂ ਇਸਦੇ ਉਲਟ ਊਰਜਾ ਕੁਲ ਪੁੰਜ ਦੇ ਅੰਤਰ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ।) ਇਸ ਰੂਪ ਵਿਚ ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆਂ ਪੁੰਜ-ਊਰਜਾ ਦੇ ਅੰਤਰ ਰੂਪਾਂਤਰਨ ਦਾ ਉਦਾਹਰਨ ਹੈ ।

(c) ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਅੰਤਰ ਰੂਪਾਂਤਰਨ ਦੀ ਦ੍ਰਿਸ਼ਟੀ ਤੋਂ, ਇੱਕ ਰਸਾਇਣਿਕ ਕਿਰਿਆ ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਦੇ ਸਮਰੂਪ ਹੈ । ਕਿਸੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਸੋਖੀ ਗਈ ਜਾਂ ਨਿਕਲਨ ਵਾਲੀ ਊਰਜਾ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਦੇ ਦੋਨਾਂ ਪਾਸਿਆਂ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਅਤੇ ਅਣੂਆਂ ਦੀ ਰਸਾਇਣਿਕ (ਨਾਭਿਕੀ ਨਹੀ) ਬੰਧਨ ਊਰਜਾਵਾਂ ਦੇ ਅੰਤਰ ਨੂੰ ਸਪਸ਼ਟ ਕਰਦੀ ਹੈ ।

ਕਿਉਕਿ ਰਸਾਇਣਿਕ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਵੀ ਕਿਸੇ ਪਰਮਾਣੂ ਜਾਂ ਅਣੂ ਦੇ ਕੁਲ ਪੁੰਜ ਵਿੱਚ ਰਿਣਾਤਮਕ ਯੋਗਦਾਨ (ਪੁੰਜ-ਹਾਨੀ) ਨੂੰ ਦਰਸਾਉਦੀ ਹੈ, ਇਸ ਲਈ ਅਸੀਂ ਸਿੱਟਾ ਕੱਢ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਕਿਸੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਦੋਨਾਂ ਪਾਸਿਆਂ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਅਤੇ ਅਣੂਆਂ ਦੇ ਕੁਲ ਪੁੰਜ ਦਾ ਅੰਤਰ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਜਾਂ

ਊਰਜਾ ਕੁਲ ਪੁੰਜਾਂ ਦੇ ਅੰਤਰ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਭਾਵੇ, ਕਿਸੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਪੁੰਜ ਹਾਨੀਆਂ ਦਾ ਪਰਿਮਾਣ ਨਾਭਿਕੀ ਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਪੁੰਜ ਹਾਨੀਆਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿਚ ਕਈ ਲੱਖ ਗੁਣਾ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ (ਜੋ ਕਿ ਸੱਚ ਨਹੀ ਹੈ) ਕਿ ਕਿਸੇ ਰਸਾਇਣਿਕ ਕਿਰਿਆ ਵਿਚ ਕੋਈ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ ਦਾ ਅੰਤਰ ਰੂਪਾਂਤਰਨ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ।

ਸਾਰਾਂਸ਼ (SUMMARY)

1. ਹਰੇਕ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿਚ ਇੱਕ ਨਾਭਿਕ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਨਾਭਿਕ ਧੰਨ ਚਾਰਜਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਤੋਂ 10^4 ਗੁਣਾ ਛੋਟਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਪਰਮਾਣੂ ਦਾ 99.9% ਤੋ ਵੱਧ ਪੁੰਜ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਹੀ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ।
2. ਪਰਮਾਣੂਆਂ ਦੇ ਪਧਰ ਤੇ ਪੁੰਜ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਇਕਾਈਆਂ (u) ਵਿਚ ਮਾਪੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ । ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਅਨੁਸਾਰ 1 ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਇਕਾਈ (1u) c-12 ਦੇ ਇਕ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦੇ 1/12 ਵੇ ਭਾਰ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ । $1u = 1.660563 \times 10^{-27}$ kg
3. ਨਾਭਿਕ ਵਿਚ ਇਕ ਅਣਚਾਰਜਿਤ ਕਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਿਸ ਨੂੰ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਆਖਦੇ ਹਨ । ਇਸਦਾ ਪੁੰਜ ਲਗਭਗ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ।
4. ਕਿਸੇ ਤੱਤ ਦੀ ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਖਿਆ Z ਉਸ ਤੱਤ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ A, ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਵਿਚ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਅਤੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਕੀ ਕੁਲ ਸੰਖਿਆ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੁੰਦੀ ਹੈ : $A = Z + N$; ਇਥੇ N ਨਾਭਿਕ ਵਿਚ ਮੌਜੂਦ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦਰਸ਼ਾਉਦਾ ਹੈ । ਇਕ ਨਾਭਿਕੀ ਪਰਜਾਤੀ ਅਤੇ ਇਕ ਨਿਊਕਲਾਈਡ (Nuclide) ਨੂੰ $^{A}_{Z}X$ ਦੁਆਰਾ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦੇ ਹਨ ਜਿਥੇ X ਉਸ ਰਸਾਇਣਿਕ ਪਰਜਾਤੀ ਦਾ ਸੰਕੇਤ ਹੈ । ਸਮਾਨ ਪਰਮਾਣੂ ਸੰਖਿਆ Z ਐਪਰ ਵੱਖ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਸੰਖਿਆ N ਦੇ ਨਿਊਕਲਾਈਡ ਸਮਸਥਾਨਕ ਕਹਲਾਉਂਦੇ ਹਨ । ਉਹ ਨਿਊਕਲਾਈਡ ਜਿਹਨਾਂ ਲਈ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ A ਦਾ ਮਾਨ ਸਮਾਨ ਹੋਵੇ ਆਈਸੋਬਾਰ (Isobars) ਕਹਿਲਾਉਦੇ ਹਨ ਅਤੇ ਉਹ ਜਿਹਨਾ ਵਿਚ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਸੰਖਿਆ N ਦਾ ਮਾਨ ਸਮਾਨ ਹੋਵੇ ਆਈਸੋਟਾਨ (Isotones) ਕਹਿਲਾਉਂਦੇ ਹਨ । ਜਿਆਦਾਤਰ ਤੱਤ ਦੋ ਜਾਂ ਦੋ ਤੇ ਵੱਧ ਸਮਸਥਾਨਕਾ ਦਾ ਮਿਸ਼ਰਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ । ਤੱਤ ਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਉਸਦੇ ਸਮਸਥਾਨਕਾ ਦੇ ਪੁੰਜਾ ਦਾ ਭਾਰਿਤ ਮੱਧ (Weighted Mean) ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਜਿੱਥੇ ਭਾਰ ਤੋਂ ਮਤਲਬ ਸਮਸਥਾਨਕਾ ਦੀ ਸਾਪੇਖੀ ਬਹੁਲਤਾ ਤੋਂ ਹੈ ।
5. ਨਾਭਿਕ ਨੂੰ ਗੋਲਾਕਾਰ ਮੰਨਦੇ ਹੋਏ ਉਸਦਾ ਇਕ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਨਿਰਧਾਰਿਤ ਕੀਤਾ ਜਾਂ ਸਕਦਾ ਹੈ । ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਵਿਖੰਡਨ (Scattering) ਪ੍ਰਯੋਗਾਂ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਗਿਆਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ । ਇਹ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਨਾਭਿਕਾ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਹੇਠ ਲਿਖੇ ਸੂਤਰ ਨਾਲ ਵਿਅਕਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ $R = R_0 A^{1/3}$ ਜਿੱਥੇ R_0 = ਇਕ ਸਥਿਰ ਅੰਕ = 1.2fm ਇਹ ਦਰਸ਼ਾਉਦਾ ਹੈ ਕਿ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਘਣਤਵ A ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀ ਕਰਦਾ ਅਤੇ ਇਹ $10^{17} kg/m^3$ ਦੀ ਕੋਟੀ ਦਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ।
6. ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅੰਦਰ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਅਲਪ-ਪਰਾਸੀ (Shortranged) ਪ੍ਰਬਲ ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ ਦੁਆਰਾ ਬੰਨੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ । ਨਾਭਿਕੀ ਬਲ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਵਿੱਚ ਭੇਦ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ ।
7. ਨਾਭਿਕੀ ਪੁੰਜ M ਹਮੇਸਾ ਆਪਣੇ ਸੰਘਟਕਾਂ ਦੇ ਕੁਲ ਪੁੰਜ Σm ਤੋਂ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ । ਨਾਭਿਕੀ ਅਤੇ ਇਸਦੇ ਸੰਘਟਕਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜਾਂ ਦਾ ਅੰਤਰ ਪੁੰਜ ਹਾਨੀ ਕਹਾਉਂਦਾ ਹੈ ।

$$\Delta M = (Z m_p + (A - Z) m_n) - M$$

ਆਈਸਟਾਈਨ ਦਾ ਪੁੰਜ-ਊਰਜਾ ਸਿਧਾਂਤ $E = mc^2$ ਇਸ ਪੁੰਜ ਅੰਤਰ ਨੂੰ ਊਰਜਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਇਵੇਂ ਵਿਅਕਤ ਕਰਦਾ ਹੈ :

$$\Delta E_b = \Delta M c^2$$

ਊਰਜਾ ΔE_b ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਬੰਧਨ-ਊਰਜਾ ਕਹਾਉਂਦਾ ਹੈ। A=30 ਤੋਂ ਲੈ ਕੇ A=170 ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ ਦੀ ਰੇਂਜ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਆਨ ਬੰਧਨ-ਊਰਜਾ ਦਾ ਮਾਨ ਲਗਭਗ ਸਥਿਰ ਹੈ। ਇਹ ਲਗਭਗ 8Mev ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਅਨ ਹੈ।

8. ਨਾਭਿਕੀ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆਵਾਂ ਤੋਂ ਜੁੜੀ ਊਰਜਾ ਰਸਾਇਣਿਕ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆਵਾਂ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਲਗਭਗ ਦੱਸ ਲੱਖ ਗੁਣਾ ਵੱਧ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

9. ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕੀ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਦਾ Q ਮਾਨ ਹੈ :-

Q = ਅੰਤਿਮ ਗਣਿਤ ਊਰਜਾ-ਪ੍ਰਾਰੰਭਿਕ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ

ਪੁੰਜ-ਊਰਜਾ ਸੁਰਖਿਅਣ ਦੇ ਕਾਰਨ ਇਹ ਕਹਿ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ,

Q = (ਪ੍ਰਾਰੰਭਿਕ ਪੁੰਜਾ ਦਾ ਯੋਗ – ਅੰਤਿਮ – ਪੁੰਜਾ ਦਾ ਜੋੜ) C^2

10. ਰੇਡਿਓ ਐਕਟਿਵਤਾ ਉਹ ਪਰਿਘਟਨਾ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਪ੍ਰਜਾਤੀ ਦੇ ਨਾਭਿਕ α ਜਾਂ β ਯਾ γ ਕਿਰਨਾਂ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਕੇ ਰੂਪਾਂਤਰਰਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦੇ ਹਨ, ਜਿਥੇ α - ਕਿਰਣਾਂ ਹੀਲੀਅਮ ਦੇ ਨਾਭਿਕ ਹਨ ; β - ਕਿਰਨਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਹਨ ਅਤੇ γ ਕਿਰਣਾ x-ਕਿਰਣਾ ਤੋਂ ਵੀ ਛੋਟੀ ਤਰੰਗਲੰਬਾਈ ਦੀ ਬਿਜਲ - ਚੁੰਬਕੀ ਵਿਕਿਰਣਾ ਹਨ।

11. ਰੇਡੀਓ ਐਕਟਿਵ ਖੇ ਦਾ ਨਿਯਮ ਹੈ : $N(t) = N(0)\, e^{-\lambda t}$ ਜਿਥੇ λ ਖੇ - ਅੰਕ ਯਾ ਵਿਘਟਨ ਸਥਿਰ ਅੰਕ ਹੈ। ਕਿਸੇ ਰੇਡੀਓਨਾਭਿਕ ਦੀ ਅਰਧ ਉਮਰ ($T_{1/2}$) ਉਹ ਸਮਾਂ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਉਹਨਾਂ ਦੀ ਕੁਲ ਸੰਖਿਆ N ਉਹਨਾ ਦੇ ਆਰੰਭਿਕ ਮਾਨ ਦੀ ਅੱਧੀ ਰਹਿ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। ਔਸਤ ਆਯੂ τ ਉਹ ਸਮਾਂ ਹੈ ਜਿਸ ਵਿੱਚ N ਆਪਣੇ ਅਰੰਭਿਕ ਮਾਨ ਦਾ e^{-1} ਗੁਣਾ ਬਾਕੀ ਰਹਿ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \tau \ln 2$$

12. ਜਦੋਂ ਘੱਟ ਕਠੋਰਤਾ ਤੋਂ ਸਬੰਧਿਤ ਨਾਭਿਕ ਕਠੋਰਤਾ ਤੋਂ ਬੱਧਿਤ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਪਰਿਵਰਤਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਤਾਂ ਊਰਜਾ ਮੁਕਤ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਵਿਖੰਡਨ ਵਿੱਚ ਇੱਕ ਭਾਰੀ ਨਾਭਿਕ ਦੋ ਛੋਟੇ ਖੰਡਾ ਵਿੱਚ ਵਿਭਾਜਿਤ ਹੋ ਜਾਂਦਾ ਹੈ ਉਦਾਹਰਨ ਲਈ

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{133}_{51}Sb + ^{99}_{10}Nb + 4\,^{1}_{0}n$$

13. ਇਹ ਤੱਥ ਕਿ ਵਿਖੰਡਨ ਵਿੱਚ ਜਿੰਨੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਯੋਗ ਹੁੰਦੇ ਹਨ ਉਸ ਤੋਂ ਵੱਧ ਉਤਪੰਨ ਹੁੰਦੇ ਹਨ, ਲੜੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਦੀ ਸੰਭਾਵਨਾ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਪੈਦਾ ਹੋਣ ਵਾਲਾ ਹਰੇਕ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ, ਨਵੇਂ ਵਿਖੰਡਨ ਦੀ ਸ਼ੁਰੂਆਤ ਕਰਦਾ ਹੈ। ਨਾਭਿਕੀ ਬੰਬ ਬਿਸਫੋਟ ਵਿੱਚ ਬੇਕਾਬੂ ਲੜੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਤੇਜੀ ਨਾਲ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਨਾਭਿਕੀ ਰਿਐਕਟਰ ਵਿੱਚ ਇਹ ਕਾਬੂ ਅਤੇ ਸਥਿਰ ਦਰ ਤੇ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਰਿਐਕਟਰ ਵਿੱਚ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਵਿਧੀ ਗੁਣਾਂਕ k ਦਾ ਮਾਨ 1 ਬਣਾਏ ਰੱਖਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

14. ਸੰਯੋਜਨ ਵਿੱਚ ਹਲਕੇ ਨਾਭਿਕ ਮਿਲਕੇ ਵੱਡਾ ਨਾਭਿਕ ਬਣਾਉਂਦੇ ਹਨ। ਸੂਰਜ ਸਮੇਤ ਤਾਰਿਆਂ ਵਿੱਚ ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਨਾਭਿਕ ਦਾ ਹੀਲੀਅਮ ਨਾਭਿਕਾ ਵਿੱਚ ਸੰਯੋਜਨ ਊਰਜਾ ਦਾ ਸੋਮਾ ਹੈ।

ਭੌਤਿਕ ਰਾਸ਼ੀ	ਸੰਕੇਤ	ਵਿਸਾਵਾ	ਇਕਾਈ	ਟਿੱਪਣੀ
ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਇਕਾਈ		[M]	u	ਪਰਮਾਣੂ ਯਾ ਨਾਭਿਕੀ ਪੁੰਜ ਨੂੰ ਵਿਅਕਤ ਕਰਨ ਲਈ ਪੁੰਜ ਮਾਤਕ 1 ਇੱਕ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਇਕਾਈ ^{12}C ਪਰਮਾਣੂ ਦੇ ਪੁੰਜ 1/12 ਵੇਂ ਭਾਗ ਦੇ ਬਰਾਬਰ ਹੈ।
ਖੇ ਸਥਿਰ ਅੰਕ	λ	$[T^{-1}]$	$[S^{-1}]$	
ਅਰਧ ਆਯੂ	$T_{1/2}$	[T]	S	ਉਹ ਸਮਾ ਜਿਸ ਵਿੱਚ ਰੇਡੀਓ ਐਕਟਿਵ ਨਮੂਨੇ ਦੇ ਨਾਭਿਕਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਸ਼ੁਰੂ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਤੋਂ ਅੱਧੀ ਰਹਿ ਜਾਂਦੀ ਹੈ।
ਰੇਡੀਓ ਐਕਟਿਵ ਨਮੂਨੇ ਦੀ ਐਕਟਿਵਤਾ	R	$[T^{-1}]$	Bq	ਇੱਕ ਰੇਡੀਓ ਐਕਟਿਵ ਸੋਮੇ ਦੀ ਐਕਟਿਵਤਾ ਦਾ ਮਾਪ

ਵਿਚਾਰਯੋਗ ਵਿਸ਼ੇ

1. ਨਾਭਿਕੀ ਪਦਾਰਥ ਦਾ ਘਣਤਵ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਸਾਇਜ ਦੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ। ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਘਣਤਵ ਇਸ ਨਿਯਮ ਦਾ ਪਾਲਣ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ।

2. ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਕੈਟਰਿੰਗ ਦੁਆਰਾ ਗਿਆਤ ਕੀਤੀ ਗਈ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦਾ ਮਾਨ ਐਲਫਾ – ਕਣ ਸਕੈਟਰਿੰਗ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਪਤਾ ਕੀਤੀ ਗਈ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਤੋਂ ਕੁਝ ਵੱਖ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ। ਇਹੋ ਜਿਹਾ ਇਸ ਲਈ ਹੈ ਕਿਉਂਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਸਕੈਟਰਿੰਗ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਚਾਰਜ ਵਿਤਰਨ ਤੋਂ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜਦਕਿ ਐਲਫਾ ਕਣ ਅਤੇ ਉਸ ਜਿਹੇ ਹੋਰ ਕਣ ਨਾਭਿਕੀ ਪਦਾਰਥ ਤੋਂ ਪ੍ਰਭਾਵਿਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

3. ਆਇਨਸਟਾਈਨ (Einstein) ਦੁਆਰਾ ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਊਰਜਾ ਦੀ ਸਮਤੁਲਤਾ $E = mc^2$ ਪਰਦਰਸਿਤ ਕੀਤੇ ਜਾਣ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਹੁਣ ਅਸੀਂ ਪੁੰਜ ਸੁਰਖਿਅਣ ਅਤੇ ਊਰਜਾ ਸੁਰਖਿਅਣ ਦੇ ਵੱਖ ਨਿਯਮ ਦੀ ਗੱਲ ਨਹੀਂ ਕਰਦੇ ਅਤੇ ਪੁੰਜ ਊਰਜਾ ਦੇ ਇੱਕ ਹੀ ਨਿਯਮ ਦੀ ਗੱਲ ਕਰਦੇ ਹਾਂ। ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਇਹ ਨਿਯਮ ਆਪ ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦਾ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਨਾਭਿਕੀ ਭੌਤਿਕੀ ਵਿੱਚ ਪਾਇਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ। ਪੁੰਜ ਅਤੇ ਊਰਜਾ ਦੀ ਸਮਤੁਲਤਾ ਦੇ ਨਿਯਮ, ਨਾਭਿਕੀ ਊਰਜਾ ਅਤੇ ਉਸਦੇ ਸ਼ਕਤੀ ਸੋਮੇ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਉਪਯੋਗ ਦਾ ਆਧਾਰ ਹੈ। ਇਸ ਨਿਯਮ ਦਾ ਉਪਯੋਗ ਕਰਕੇ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕੀ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ (ਖੇ ਯਾ ਅਭਿਕਿਰਿਆ) ਦੇ Q – ਮਾਨ ਨੂੰ ਸ਼ੁਰੂਆਤੀ ਅਤੇ ਅੰਤਿਮ ਪੁੰਜਾ ਦੇ ਪਦਾ ਵਿੱਚ ਵਿਅਕਤ ਕੀਤਾ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ।

4. (ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਆਨ) ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਵਕਰ ਦੀ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਇਹ ਦਰਸਾਉਂਦੀ ਹੈ ਕਿ ਤਾਪ ਨਿਕਾਸੀ ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆਵਾਂ ਸੰਭਵ ਹਨ ਜੋ ਦੋ ਹਲਕੇ ਨਾਭਿਕਾ ਦਾ ਸੰਯੋਜਨ ਕਰਕੇ ਯਾ ਇੱਕ ਭਾਰੀ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਮੱਧ ਪੰਜ ਵਾਲੇ ਦੋ ਨਾਭਿਕਾ ਦੇ ਵਿਖੰਡਨ ਵਿੱਚ ਵੇਖੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ।

5. ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਲਈ ਹਲਕੇ ਨਾਭਿਕਾਂ ਵਿੱਚ ਜਰੂਰੀ ਆਰੰਭਿਕ ਊਰਜਾ ਹੋਣੀ ਚਾਹਿਦੀ ਹੈ ਤਾਂ ਜੋ ਇਹ ਕੂਲਮ ਪੋਟੇਂਸਿਅਲ ਬੈਰੀਅਰ (Coulomb potentral barrier) ਦੇ ਅਵਰੋਧ ਨੂੰ ਪਾਰ ਕਰ ਸਕੇ। ਇਹੀ ਕਾਰਨ ਹੈ ਕਿ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਲਈ ਬਹੁਤ ਉੱਚ ਤਾਪ ਦੀ ਲੋੜ ਹੁੰਦੀ ਹੈ।

6. ਭਾਵੇਂ (ਪ੍ਰਤੀ ਨਿਊਕਲੀਆਨ) ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ ਵਕਰ ਲਗਾਤਾਰਮਈ ਹੈ ਅਤੇ ਇੱਸ ਵਿੱਚ ਹੋਲੇ - ਹੋਲੇ ਹੀ ਪਰਿਵਰਤਨ ਆਉਂਦਾ ਹੈ ਪਰੰਤੂ ਇਸ ਵਿੱਚ ^{4}He, ^{16}O ਆਦਿ ਨਿਊਕਲਾਈਡਾ ਦੇ ਲਈ ਸਿਖਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਹ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹੀ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਵੀ ਸੈੱਲ ਰਚਨਾ ਹੋਣ ਦਾ ਸਬੂਤ ਮੰਨਿਆ ਜਾਂਦਾ ਹੈ।

7. ਧਿਆਨ ਦਿਓ ਕਿ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ – ਪੱਜੀਟ੍ਰੋਨ ਇੱਕ ਕਣ – ਪ੍ਰਤੀਕਣ ਜੋੜਾ ਹੈ। ਇਸ ਵਿੱਚ ਪੁੰਜ ਇੱਕ ਸਮਾਨ ਹੈ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਵਿੱਚ ਚਾਰਜਾ ਦੇ ਪਰਿਮਾਣ ਸਮਾਨ ਪਰੰਤੂ ਉਲਟ ਪ੍ਰਕਿਰਤੀ ਦੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। (ਇਹ ਪਾਇਆ ਗਿਆ ਹੈ ਕਿ ਜਦੋਂ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਅਤੇ ਇੱਕ ਪੱਜੀਟ੍ਰਾਨ ਇੱਕ ਦੂਜੇ ਨਾਲ ਸਾਥ ਆਉਂਦੇ ਹਨ ਤਾਂ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਦਾ ਵਿਲੋਪਣ ਕਰ ਦਿੰਦੇ ਹਨ ਅਤੇ γ - ਕਿਰਣਾ ਫੋਟੋਨਾ ਦੇ ਰੂਪ ਵਿੱਚ ਊਰਜਾ ਪ੍ਰਦਾਨ ਕਰਦੇ ਹਨ।)

8. β^- - ਖੇ (ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਉਤਸਰਜਨ) ਵਿੱਚ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਨਾਲ ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੋਣ ਵਾਲਾ ਕਣ ਐਂਟੀ – ਨਿਊਟਰੀਨੋ (anti-neutrino)($\bar{\nu}$)ਹੈ। ਇਸਦੇ ਉਲਟ β^+ - ਖੇ (ਪੱਜੀਟ੍ਰਾਨ ਉਤੱਸਰਜਨ) ਵਿੱਚ ਨਿਊਟਰੀਨੋ (ν) ਉਤਸਰਜਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਨਿਊਟਰੀਨੋ ਅਤੇ ਐਂਟੀ ਨਿਊਟਰੀਨੋ ਦਾ ਜੋੜਾ ਕਣ – ਪ੍ਰਤੀਕਣ ਦਾ ਜੋੜਾ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਹਰੇਕ ਕਣ ਦਾ ਇੱਕ ਪ੍ਰਤੀ – ਕਣ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ ਲਈ, ਐਂਟੀ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਜੋ ਕਿ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀ ਕਣ ਹੈ, ਕਿ ਹੋਣਾ ਚਾਹੀਦਾ ਹੈ ?

9. ਇੱਕ ਮੁਕਤ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਅਸਥਾਈ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। $(n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu})$ ਐਪਰ, ਇਸੇ ਤਰ੍ਹਾਂ ਦੇ ਮੁਕਤ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦਾ ਖੇ ਸੰਭਵ ਨਹੀਂ ਹੈ। ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਨਾ ਹੋਣ ਦਾ ਕਾਰਨ ਇਹ ਹੈ ਕਿ ਪ੍ਰੋਟਾਨ ਦਾ ਪੁੰਜ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਦੇ ਪੁੰਜ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਵਿੱਚ ਥੋੜਾ ਘੱਟ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

10. ਆਮ ਤੋਰ ਤੇ, ਐਲਫਾ ਯਾ ਬੀਟਾ ਉਤਸਰਜਨ ਤੋਂ ਬਾਅਦ ਗਾਮਾ ਉਤਸਰਜਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਗਾਮਾ ਫੋਨਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਕੇ ਕੋਈ ਨਾਭਿਕ ਉਚਤਰ ਅਵਸਥਾ (excited state) ਤੋਂ ਨਿਮਨਤਰ ਅਵਸਥਾ (ground state) ਵਿੱਚ ਲੋਟਦਾ ਹੈ। ਐਲਫਾ ਅਤੇ ਬੀਟਾ ਉਤਸਰਜਨ ਦੇ ਬਾਅਦ ਕੋਈ ਨਾਭਿਕ ਉਚੱਤਰ ਅਵਸਥਾ ਵਿੱਚ ਰਹਿ ਸਕਦਾ ਹੈ। ਇੱਕ ਹੀ ਨਾਭਿਕ ਤੋਂ (ਜਿਵੇਂ ਕਿ ਚਿੱਤਰ 13.4 ਵਿੱਚ ਦਰਸਾਏ ਗਏ ^{60}Ni ਦੇ ਸੰਦਰਭ ਵਿੱਚ) ਗਾਮਾ ਕਿਰਣਾ ਦਾ ਲੜੀਵਾਰ ਉਤਸਰਜਨ ਇੱਸ ਗੱਲ ਦਾ ਸਾਫ ਪ੍ਰਮਾਣੂ ਹੈ ਕਿ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਵੀ ਪਰਮਾਣੂਆ ਵਾਂਗ ਖੰਡਿਤ ਊਰਜਾ ਪੱਧਰ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

11. ਰੇਡੀਓ ਐਕਟਿਵਤਾ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਅਸਥਾਈ ਹੋਣ ਦਾ ਸੂਚਕ ਹੈ। ਹਲਕੇ ਨਾਭਿਕ ਵਿੱਚ ਸਥਾਈ ਹੋਣ ਲਈ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਦੀ ਸੰਖਿਆ ਦਾ ਅਨੁਪਾਤ 1:1 ਹੋਣਾ ਚਾਹਿਦਾ ਹੈ। ਭਾਰੇ, ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਸਥਿਰ ਹੋਣ ਲਈ ਇਹ ਅਨੁਪਾਤ 3:2 ਹੋਣਾ ਚਾਹਿਦਾ ਹੈ। (ਪ੍ਰੋਟਾਨਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਲਗਨ ਵਾਲੇ ਅਪ-ਕਰਸ਼ਨ ਦੇ ਪ੍ਰਭਾਵ ਦੇ ਖਾਤਮੇ ਲਈ ਹੋਰ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੀ ਲੋੜ ਹੋਵੇਗੀ)। ਇਹਨਾਂ ਸਥਾਈ ਅਨੁਪਾਤਾ ਨੂੰ ਨਾ ਰੱਖਣ ਵਾਲੇ ਨਾਭਿਕ ਅਸਥਾਈ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਨਾਭਿਕਾ ਵਿੱਚ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਦੀ ਅਧਿਕਤਾ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਅਸਲ ਵਿੱਚ, (ਸਾਰੇ ਤੱਤਾ ਦੇ) ਗਿਆਤ ਸਮਸਥਾਨਕਾਂ ਦੇ ਸਿਫਰ ਲਗਭਗ 10% ਹੀ ਸਥਾਈ ਹਨ। ਹੋਰ ਨਾਭਿਕ ਬਨਾਵਟੀ ਰੂਪ ਨਾਲ ਪ੍ਰਯੋਗਸ਼ਾਲਾ ਵਿੱਚ ਤਿਆਰ ਕੀਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ (ਇਹ ਸਥਾਈ ਪ੍ਰਜਾਤੀਆ ਤੇ α , p , d , n ਯਾ ਹੋਰ ਰਣਾ ਦੇ ਪ੍ਰਖੇਣ ਦੁਆਰਾ ਬਨਾਏ ਜਾਂਦੇ ਹਨ)। ਅਸਥਾਈ ਸਮਸਥਾਨਕ ਸੰਸਾਰ ਵਿੱਚ ਪਦਾਰਥਾਂ ਦੇ ਖਗੋਲੀ ਪ੍ਰਖੇਣਾ ਵਿੱਚ ਵੀ ਅਵਲੋਕਿਤ ਕੀਤੇ ਜਾਂਦੇ ਹਨ।

ਅਭਿਆਸ

ਅਭਿਆਸ ਦੇ ਪ੍ਰਸ਼ਨ ਹੱਲ ਕਰਨ ਵਿੱਚ ਹੇਠਾਂ ਲਿਖੇ ਆਕੜੇ ਆਪ ਜੀ ਲਈ ਉਪਯੋਗੀ ਸਿਧ ਹੋਣਗੇ।

$e = 1.6 \times 10^{-19} C$	$N = 6.023 \times 10^{23}$ per moe
$1/(4\pi\varepsilon_0) = 9 \times 10^{9} N m^2/C^2$	$k = 1.381 \times 10^{-23} J^0 K^{-1}$
$1 MeV = 1.6 \times 10^{-13} J$	$1 u = 931.5 MeV/C^2$
$1 Year = 3.154 \times 10^{7} s$	
$m_H = 1.007825 u$	$m_n = 1.008665 u$
$m(^4_2He) = 4.002603 u$	$m_e = 0.000548 u$

13.1 (a) ਲੀਥੀਅਮ ਦੇ ਦੋ ਸਥਾਈ ਸਮਸਥਾਨਕਾ ^6_3Li ਅਤੇ ^7_3Li ਦੀ ਬਹੁਲਤਾ ਦਾ ਪ੍ਰਤੀਸ਼ਤ ਲੜੀਵਾਰ 7.5 ਅਤੇ 92.5 ਹੈ। ਇਹਨਾ ਸਮਸਥਾਨਕਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਲੜੀਵਾਰ : 6.010512 u ਅਤੇ 7.0100 u ਹੈ ਲੀਥੀਅਮ ਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਪਤਾ ਕਰੋ।

(b) ਬੋਰਾਨ ਦੇ ਦੋ ਸਥਾਈ ਸਮਸਥਾਨਕ $^{10}_5B$ ਅਤੇ $^{11}_5B$ ਹਨ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਲੜੀਵਾਰ 10.01294 u ਅਤੇ 11.00931 u ਅਤੇ ਬੋਰਾਨ ਦਾ ਪਰਮਾਣੂ ਭਾਰ 10.811 u ਹੈ। $^{10}_5B$ ਅਤੇ $^{11}_5B$ ਦੀ ਬਹੁਲਤਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

13.2 ਨਿਆਨ ਦੇ ਤਿੰਨ ਸਥਾਈ ਸਮਸਥਾਨਕਾਂ ਦੀ ਬਹੁਲਤਾ ਲੜੀਵਾਰ : 90.51% , 0.27% ਅਤੇ 9.22% ਹੈ। ਇਨ੍ਹਾਂ ਸਮਸਥਾਨਕਾਂ ਦੇ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਲੜੀਵਾਰ 19.99 u, 20.99 u ਅਤੇ 21.99 u ਹੈ। ਨਿਆਨ ਦਾ ਐਸਤ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਪਤਾ ਕਰੋ।

13.3 ਨਾਈਟ੍ਰੋਜਨ ਨਿਊਕਲਿਅਸ ($^{14}_7N$) ਦੀ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ MeV ਵਿੱਚ ਪਤਾ ਕਰੋ $m_N = 14.00307 u$

13.4 ਨਿਮਨਲਿਖਿਤ ਆੱਕੜੀਆ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ $^{56}_{26}Fe$ ਅਤੇ $^{209}_{83}Bi$ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੀ ਬੰਧਨ ਊਰਜਾ MeV ਵਿੱਚ ਪਤਾ ਕਰੋ। $m(^{56}_{26}Fe) = 55.934939 u$ $m(^{209}_{83}Bi) = 208.980388 u$

13.5 ਇੱਕ ਦਿੱਤੇ ਹੋਏ ਸਿੱਕੇ ਦਾ ਪੁੰਜ 3.0 g ਹੈ। ਉਸ ਊਰਜਾ ਦੀ ਗਣਤਾ ਕਰੋ ਜਿਸਦੀ ਇੱਸ ਸਿੱਕੇ ਦੇ ਸਾਰੇ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਅਤੇ ਪ੍ਰੋਟਾਨਾ ਨੂੰ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਤੋਂ ਵੱਖ ਕਰਨ ਲਈ ਜਰੂਰਤ ਹੋਵੇ। ਸਰਲਤਾ ਲਈ ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਸਿੱਕਾ ਪੂਰੀ ਤਰ੍ਹਾਂ ($^{63}_{29}Cu$ ਦਾ ਪੁੰਜ = 62.92960 u))।

13.6 ਨਿਮਨਲਿਖਿਤ ਲਈ ਨਾਭਿਕੀ ਸਮੀਕਰਨ ਲਿਖੋ :

(i) α - decay of $^{226}_{88}Ra$

(ii) α - decay of $^{242}_{94}Pu$

(iii) β^-- decay of $^{32}_{15}P$

(iv) β^-- decay of $^{210}_{83}Bi$

(v) β^+- decay of $^{11}_6C$

(iii) β^+- decay of $^{97}_{43}Tc$

(vii) Electron capture of β^- - decay of $^{120}_{15}Xe$

13.7 ਇੱਕ ਰੇਡੀਓਐਕਟਿਵ ਸਮਸਥਾਨਕ ਦੀ ਅਰਧ ਆਯੂ T ਸਾਲ ਹੈ। ਕਿੰਨੇ ਸਮੇਂ ਬਾਅਦ ਇਸਦੀ ਐਕਟਿਵਤਾ, ਸ਼ੁਰੂਆਤੀ ਐਕਟਿਵਤਾ ਦਾ (a) 3.125% ਅਤੇ (b) 1% ਰਹਿ ਜਾਵੇਗੀ।

13.8 ਜੀਵਿਤ ਕਾਰਬਨ-ਯੁਕਤ ਪੁੰਜ ਦੀ ਸਾਧਾਰਨ ਐਕਟਿਵਤਾ, ਪ੍ਰਤੀ ਗ੍ਰਾਮ ਕਾਰਬਨ ਲਈ 15 ਖੇ-ਪ੍ਰਤੀ ਮਿਨਟ ਹੈ। ਇਹ ਐਕਟਿਵਤਾ, ਸਥਾਈ ਸਮਸਥਾਨਕ $^{14}_{6}C$ ਦੇ ਨਾਲ--ਨਾਲ ਅਲਪ ਮਾਤਰਾ ਵਿੱਚ ਮੌਜੂਦ ਰੇਡੀਓ ਐਕਟਿਵਤਾ $^{12}_{6}C$ ਦੇ ਕਾਰਨ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਜੀਵ ਦੀ ਮੌਤ ਹੋਣ ਤੇ ਵਾਯੂਮੰਡਲ ਦੇ ਨਾਲ ਇਸਦੀ ਪਰਸਪਰ, ਕਿਰਿਆ (ਜੋ ਉਪਰੋਕਤ ਸੰਤੁਲਿਤ ਐਕਟਿਵਤਾ ਨੂੰ ਬਣਾਏ ਰਖਦੀ ਹੈ) ਸਮਾਪਤ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ ਅਤੇ ਇਸਦੀ ਐਕਟਿਵਤਾ ਘੱਟ ਹੋਣੀ ਸ਼ੁਰੂ ਹੋ ਜਾਂਦੀ ਹੈ। $^{14}_{6}C$ ਦੀ ਗਿਆਤ ਅਰਧ ਆਯੂ (5730 ਸਾਲ) ਅਤੇ ਨਮੂਨੇ ਦੀ ਮਾਪੀ ਗਈ ਐਕਟਿਵਤਾ ਦੇ, ਆਧਾਰ ਤੇ ਇਸਦੀ ਨੇੜਲੀ ਆਯੂ ਦੀ ਗੁਣਤਾ ਕੀਤੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ। ਇਹੀ ਪੁਰਾਤਨ ਵਿਗਿਆਨ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਯੋਗ ਹੋਣ ਵਾਲੀ $^{14}_{6}C$ ਕਾਲ-ਨਿਰਧਾਰਨ (Carbon dating) ਪਧਤੀ ਦਾ ਸਿਧਾਂਤ ਹੈ। ਇਹ ਮੰਨ ਕੇ ਕਿ ਮੋਹਨ ਜੋਦੜੋ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਿਸੇ ਨਮੂਨੇ ਦੀ ਐਕਟਿਵਤਾ 9- ਖੇ ਪ੍ਰਤੀ ਮਿੰਟ ਪ੍ਰਤੀ ਗ੍ਰਾਮ ਕਾਰਬਨ ਹੈ। ਸਿੰਧ ਘਾਟੀ ਸਭੇਤਾ ਦੀ ਨੇੜਲੀ ਆਯੂ ਦਾ ਆਕਲਨ ਕਰੋ।

13.9 8.0 mCi ਸਕਿਰਤਾ ਦਾ ਰੇਡੀਓਐਕਟਿਵ ਸੋਮਾ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ $^{60}_{27}Co$ ਦੀ ਕਿੰਨੀ ਮਾਤਰਾ ਦੀ ਲੋੜ ਹੋਵੇਗੀ। $^{60}_{27}Co$ ਦੀ ਅਰਧ ਆਯੂ 5.3 ਸਾਲ ਹੈ।

13.10 $^{90}_{38}Sr$ ਦੀ ਅਰਧ-ਆਯੂ 28 ਸਾਲ ਹੈ। ਇਸ ਸਮਸਥਾਨਕ ਦੇ 15 mg ਦੀ ਵਿਘਟਨ ਦਰ ਕੀ ਹੈ ?

13.11 ਸੋਨੇ ਦੇ ਸਮਸਥਾਨਕ $^{197}_{79}Au$ ਅਤੇ ਚਾਂਦੀ ਦੇ ਸਮਸਥਾਨਕ $^{107}_{47}Ag$ ਦੀ ਨਾਭਿਕੀ ਅਰਧ-ਵਿਆਸ ਦੇ ਅਨੁਪਾਤ ਦਾ ਨੇੜਲਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰੋ।

13.12 (a) $^{226}_{88}Ra$ ਅਤੇ (b) $^{226}_{88}Ra$ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ α- ਖੇ ਵਿੱਚ ਨਿਕਲੇ α- ਕਣਾਂ ਦਾ ਮਾਨ Q- ਮਾਨ ਅਤੇ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਗਿਆਤ ਕਰੋ।

ਦਿੱਤਾ ਹੈ : m ($^{226}_{88}$ Ra) = 226.02540 u , m ($^{222}_{86}$ Rn) = 222.1750 u ,

m ($^{222}_{86}$ Rn) = 220.01137 u , m ($^{216}_{84}$ Po) = 216.00189 u ,

13.13 ਰੇਡੀਓ ਨਿਊਕਲਿਆਈਡ (Radio nuclide) ^{11}C ਦਾ ਖੇ ਨਿਮਨਲਿਖਿਤ ਸਮੀਕਰਨ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ:

$$^{11}_{6}C \rightarrow ^{11}_{5}B + e^{+} + \nu : \quad T_{1/2} = 20.3 \text{ min}$$

ਉਤਸਰਜਿਤ ਪੱਜੀਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਅਧਿਕਤਮ ਊਰਜਾ 0.960 MeV ਹੈ ਪੁੰਜਾਂ ਦੇ ਨਿਮਨਲਿਖਿਤ ਮਾਨ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਹਨ :-

m ($^{11}_{6}$ C) = 11.011434 u ਅਤੇ m ($^{11}_{6}$ B) = 11.009305 u

Q- ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰੋ ਅਤੇ ਉਤਸਰਜਿਤ ਪਾਜੀਟ੍ਰਾਨ ਦੀ ਅਧਿਕਤਮ ਊਰਜਾ ਦੇ ਮਾਨ ਤੋਂ ਇਸਦੀ ਤੁਲਨਾ ਕਰੋ।

13.14 $^{23}_{10}Ne$ ਦਾ ਨਾਭਿਕ, β^{-} ਉਤਸਰਜਨ ਦੇ ਨਾਲ ਖੇ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸ β^{-} ਖੇ ਦੇ ਲਈ ਸਮੀਕਰਨ ਲਿਖੋ ਅਤੇ ਉਤਸਰਜਿਤ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੀ ਅਧਿਕਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

m ($^{23}_{10}$ Na) = 22.994466 u

m ($^{23}_{10}$ Na) = 22.089770 u

13.15 ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆ A + B → C + d ਦੀ Q-ਮਾਨ ਨਿਮਨਲਿਖਿਤ ਸਮੀਕਰਨ ਦੁਆਰਾ ਪਰਿਭਾਸ਼ਿਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ

$$Q = [m_A + m_b - m_c - m_d] C^2$$

ਜਿੱਥੇ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪੁੰਜ, ਨਭਿਕੀ ਵਿਰਸ ਪੁੰਜ (rest mass) ਹਨ। ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਅੰਕੜਿਆਂ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਦੱਸੋ ਕਿ ਨਿਮਨਲਿਖਿਤ ਕਿਰਿਆਵਾ ਤਾਪਸੋਖੀ ਹਨ ਜਾਂ ਤਾਪ ਨਿਕਾਸੀ :

(i) ${}^1_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^2_1 H + {}^2_1H$

(ii) ${}^{12}_6C + {}^{12}_6C \rightarrow {}^{20}_{10}Ne + {}^4_2He$

ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ

$m\ ({}^2_1H) = 2.014102\ u$

$m\ ({}^3_1H) = 3.016049\ u$

$m\ ({}^{12}_6H) = 12.000000\ u$

$m\ ({}^{20}_{10}Ne) = 19.992439\ u$

13.16 ਮੰਨਿਆ ਕਿ ਅਸੀਂ ${}^{56}_{26}Fe$ ਨਾਭਿਕ ਦੇ ਦੋ ਸਮਾਨ ਅਵਧਵਾਂ ${}^{28}_{13}Al$ ਵਿੱਚ ਵਿਖੰਡਨ ਕਰੀਏ। ਕਿ ਊਰਜਾ ਦੀ ਨਜਰ ਨਾਲ ਇਹ ਵਿਖੰਡਨ ਸੰਭਵ ਹੈ ? ਇਸ ਕੇਸੇ ਵਿੱਚ Q- ਮਾਨ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਕੇ ਅਪਨਾ ਤਰਕ ਦਿਓ। ਦਿੱਤਾ ਹੈ : ਅਤੇ $m\ ({}^{56}_{26}Fe) = 55.93494\ u$

$m\ ({}^{28}_{13}Al) = 27.98191\ u$

13.17 ${}^{239}_{94}Pu$ ਦੇ ਵਿਖੰਡਨ ਗੁਣ ਬਹੁਤ ਕੁੱਝ ${}^{235}_{92}U$ ਤੋਂ ਮਿਲਦੇ -- ਜੁਲਦੇ ਹਨ। ਪ੍ਰਤੀ ਵਿਖੰਡਨ ਨਿਕਲੀ ਔਸਤ ਊਰਜਾ 180 MeV ਹੈ। ਜੇ 1kg ਸ਼ੁੱਧ ${}^{239}_{94}Pu$ ਦੇ ਸਾਰੇ ਪਰਮਾਣੂ ਵਿਖੰਡਨ ਹੋ ਜਾਣ ਤੇ ਕਿੰਨੀ ਊਰਜਾ MeV ਵਿੱਚ ਨਿਕਲੇਗੀ ?

13.18 ਕਿਸੇ 1000 MV ਵਿਖੰਡਨ ਰਿਐਕਟਰ ਦੇ ਅੱਟੀ ਵਿੰਧਨ ਦਾ 5 ਸਾਲ ਵਿੱਚ ਖਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਸ਼ੁਰੂ ਵਿੱਚ ਇਸ ਵਿੱਚ ਕਿੰਨਾ ${}^{235}_{92}U$ ਸੀ ? ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਰਿਐਕਟਰ 80% ਸਮੇਂ ਕਾਰਜਸ਼ੀਲ ਰਹਿੰਦਾ ਹੈ, ਇਸਦੀ ਪੂਰੀ ਊਰਜਾ ${}^{235}_{92}U$ ਦੇ ਵਿਖੰਡਨ ਤੋਂ ਹੀ ਉਤਪੰਨ ਹੋਈ ਹੈ ਅਤੇ ${}^{235}_{92}U$ ਨਿਊਕਲਾਈਡ ਸਿਰਫ ਵਿਖੰਡਨ ਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਹੀ ਖਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ।

13.19 2.0kg ਡਿਊਟੀਰੀਅਮ ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਤੋਂ ਇੱਕ 100 ਵਾੱਟ ਦਾ ਬਿਜਲਈ ਲੈਂਪ ਕਿੰਨੀ ਦੇਰ ਤੱਕ ਪ੍ਰਕਾਸਿਤ ਰੱਖੇ ਜਾ ਸਕਦਾ ਹੈ ? ਸੰਯੋਜਨ ਕਿਰਿਆ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਲਿਖੀ ਜਾ ਸਕਦੀ ਹੈ :

${}^2_1H + {}^2_1H \rightarrow {}^3_2He + n + 3.27\ MeV$

13.20 ਦੋ ਡਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੇ ਆਹਮਣੇ-ਸਾਹਮਣੇ ਦੀ ਟੱਕਰ ਲਈ ਕਲਮ ਅਵਰੋਧ ਦੀ ਉਚਾਈ ਪਤਾ ਕਰੋ। (ਸੰਕੇਤ-- ਕੁਲਾਮ ਅਵਰੋਧ ਦੀ ਉਚਾਈ ਦਾ ਮਾਨ ਇਨ੍ਹਾਂ ਡਿਊਟ੍ਰਾਨਾ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਲੱਗਣ ਵਾਲੇ ਉਸ ਕੁਲਮ ਪ੍ਰਤੀਕਰਸਣ ਬਲ ਦੇ ਬਾਰਬਰ ਹੁੰਦਾ ਹੈ ਜੋ ਇੱਕ ਦੂਸਰੇ ਨਾਲ ਸੰਪਰਕ ਵਿੱਚ ਰੱਖੇ ਜਾਣ ਤੇ ਉਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਵਿੱਚ ਲਗਦਾ ਹੈ)। ਇਹ ਮੰਨ ਸਕਦੇ ਹਾਂ ਕਿ ਡਿਊਟ੍ਰਾਨ 2.0fm ਪ੍ਰਭਾਵੀ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਦੇ ਠੋਸ ਗੋਲੇ ਹੁੰਦੇ ਹਨ।

13.21 ਸਮੀਕਰਨ $R= R_0A^{1/3}$ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ, ਦਰਸਾਓ ਕਿ ਨਾਭਿਕੀ ਪਦਾਰਥਾ ਦੀ ਘਣਤਾ ਲਗਭਗ ਸਥਿਰ ਹੈ (ਭਾਵ A ਤੇ ਨਿਰਭਰ ਨਹੀਂ ਕਰਦਾ) ਇੱਥੇ R_0 ਇੱਕ ਨਿਯਤਾਂਕ ਹੈ ਅਤੇ A ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਪੁੰਜ ਸੰਖਿਆ ਹੈ।

13.22 ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕ ਤੋਂ β^- (ਪਾੱਜੀਟ੍ਰਾਨ) ਉਤਸਰਜਨ ਦੀ ਇੱਕ ਹੋਰ ਪ੍ਰਤੀਯੋਗੀ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਹੈ ਜਿਸੇ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪਰਿਗ੍ਰਹਿਣ (electron capture) ਕਹਿੰਦੇ ਹੈ। ਇਸ ਵਿੱਚ ਪਰਮਾਣੂ ਦੀ ਅੰਦਰੂਨੀ ਸ਼ੈਲ, ਮੰਨ ਲਓ K- ਸ਼ੈਲ, ਤੋਂ ਇੱਕ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ, ਨਾਭਿਕ ਪਰਿਗ੍ਰਹਿਤ ਕਰ ਲੈਂਦਾ ਹੈ ਅਤੇ ਇੱਕ ਨਿਊਟਰੀਨੋ (neutrino), ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਦਾ ਹੈ :

$$e^+ + {}^A_Z X \rightarrow {}^{A}_{Z-1} X + v$$

ਦਰਸਾਓ ਕਿ ਜੇ β^+ ਉਤਸਰਜਨ ਊਰਜਾ ਵਿਚਾਰ ਤੋਂ ਅਨੁਮਤ ਹੈ ਤਾਂ ਇਲੈਕਟ੍ਰਾਨ ਪਰਿਗ੍ਰਹਿਣ ਦੀ ਅਨੁਮਤ ਹੈ ਪਰੰਤੂ ਇਸਦਾ ਉਲਟ ਅਨੁਮਤ ਨਹੀਂ ਹੈ।

ਹੋਰ ਅਭਿਆਸ (Additional Exercise)

13.23 ਆਵਰਤ-ਸਾਰਣੀ ਵਿੱਚ ਮੈਗਨੀਸ਼ੀਅਮ ਦਾ ਔਸਤ ਪਰਮਾਣੂ ਪੁੰਜ 24.312 u ਦਿੱਤਾ ਹੋਇਆ ਹੈ। ਇਹ ਔਸਤ ਮਾਨ, ਪ੍ਰਿਥਵੀ ਤੇ ਇਸਦੇ ਸਮਸਥਾਨਕਾਂ ਦੀ ਸਾਪੇਖ ਬਹੁਲਤਾ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਦਿੱਤਾ ਹੋਇਆ ਹੈ। ਮੈਗਨੀਸੀਅਮ ਦੇ ਤਿੰਨ ਸਮਸਥਾਨਕ ਅਤੇ ਇਨ੍ਹਾਂ ਦੇ ਪੁੰਜ ਇਸ ਤਰ੍ਹਾਂ ਹਨ :- ${}^{24}_{12}Mg$ (23.98504 u), ${}^{25}_{12}Mg$ (24.98584 u) ਅਤੇ ${}^{26}_{12}Mg$ (25.98259 u)। ਕੁਦਰਤ ਵਿੱਚ ਪ੍ਰਾਪਤ ਮੈਗਨੀਸੀਅਮ ਵਿੱਚ ${}^{24}_{12}Mg$ ਦੀ ਬਹੁਲਤਾ 78.99% ਹੈ। ਹੋਰ ਦੋਨਾਂ ਸਮਸਥਾਨਕਾ ਦੀ ਬਹੁਲਤਾ ਦਾ ਪਰਿਕਲਨ ਕਰੋ।

13.24 ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਿਥਕਰਨ ਊਰਜਾ (Separation energy) ਪਰਿਭਾਸ਼ਾ ਦੇ ਅਨੁਸਾਰ, ਉਹ ਊਰਜਾ ਹੈ ਜੋ ਕਿਸੇ ਨਾਭਿਕ ਤੋਂ ਇੱਕ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਨੂੰ ਵੱਡਨ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਹੁੰਦੀ ਹੈ। ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤੇ ਗਏ ਅੰਕੜੇ ਦੀ ਪ੍ਰਯੋਗ ਕਰਦੇ ਹੋਏ ${}^{41}_{20}Ca$ ਅਤੇ ${}^{27}_{13}Al$ ਨਾਭਿਕ ਦੀ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਪ੍ਰਿਥਕਰਨ ਊਰਜਾ ਪਤਾ ਕਰੋ।

$m({}^{40}_{20}Ca) = 39.962591$ u

$m({}^{41}_{20}Ca) = 40.962278$ u

$m({}^{26}_{13}Al) = 25.986895$ u

$m({}^{27}_{13}Al) = 26.981541$ u

13.25 ਕਿਸੇ ਸੋਮੇ ਵਿੱਚ ਫਾਸਫੋਰਸ ਦੇ ਦੋ ਰੇਡੀਓ ਐਕਵਿਟ ਨਿਊਲਾਈਡ ਹਨ ${}^{32}_{15}P(T_{1/2}=14.3d)$ ਅਤੇ ${}^{33}_{15}P(T_{1/2}=25.3d)$ ਸ਼ੁਰੂ ਵਿੱਚ 33p ਤੋਂ 10% ਖੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਇਸਤੋਂ 90% ਖੇ ਪ੍ਰਾਪਤ ਕਰਨ ਲਈ ਕਿੰਨੇ ਸਮੇਂ ਦਾ ਇੰਤਜਾਰ ਕਰਨਾ ਪਏਗਾ ?

13.26 ਕੁਝ ਖਾਸ ਪਰਿਸਥਿਆਂ ਵਿੱਚ, ਇੱਕ ਨਾਭਿਕ, α - ਕਣ ਤੋਂ ਵੱਧ ਪੁੰਜ ਵਾਲਾ ਇੱਕ ਕਣ ਉਤਸਰਜਿਤ ਕਰਕੇ ਖੇ ਹੁੰਦਾ ਹੈ। ਨਿਮਨਲਿਖਿਤ ਖੇ - ਪ੍ਰਕਿਰਿਆਵਾਂ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ :-

$${}^{223}_{88}Ra \rightarrow {}^{209}_{82}Pb + {}^{14}_{6}C$$

$${}^{223}_{88}Ra \rightarrow {}^{219}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

ਇਨ੍ਹਾਂ ਦੋਨਾਂ ਖੇ-ਪ੍ਰਕਿਰਿਆਵਾਂ ਲਈ Q-ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰੋ ਅਤੇ ਦਰਸਾਓ ਕਿ ਦੋਵੇ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆਵਾਂ ਊਰਜਾ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਸੰਭਵ ਹਨ।

13.27 ਤੇਜ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨਾਂ ਦੁਆਰਾ $^{238}_{92}U$ ਦੇ ਵਿਖੰਡਨ ਤੇ ਵਿਚਾਰ ਕਰੋ। ਕਿਸੇ ਵਿਖੰਡਨ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਸ਼ੁਰੂਆਤੀ ਅੰਸ਼ਾਂ (Primary fragments) ਦੇ ਬੀਟਾ-ਖੇ ਦੇ ਬਾਅਦ ਕੋਈ ਨਿਊਟ੍ਰਾਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਨਹੀਂ ਹੁੰਦਾ ਅਤੇ $^{140}_{58}Ce$ ਅਤੇ $^{99}_{44}Ru$ ਅੰਤਿਮ ਉਤਪਾਦ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੁੰਦੇ ਹਨ। ਵਿਖੰਡਨ ਪ੍ਰਕਿਰਿਆ ਲਈ Q ਦਾ ਮਾਨ ਪਤਾ ਕਰੋ। ਜਰੂਰੀ ਅੰਕੜੇ ਹਨ :

$m(^{238}_{92}U) = 238.05079$ u

$m(^{140}_{58}Ce) = 139.90543$ u

$m(^{99}_{44}Ru) = 98.90594$ u

13.28 D-T ਅਭਿਕਿਰਿਆ (ਡਿਊਟੀਰੀਅਮ –ਟ੍ਰੀਟੀਅਮ ਸੰਯੋਜਨ) ਤੇ ਵਿਚਾਰ $^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + n$ ਕਰੋ।

(a) ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤੇ ਅੰਕੜੇ ਦੇ ਆਧਾਰ ਤੇ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਤੋਂ ਨਿਕਲੀ ਊਰਜਾ ਦਾ ਮਾਨ MeV ਵਿੱਚ ਪਤਾ ਕਰੋ।

$m(^{2}_{1}H) = 2.014102$ u

$m(^{3}_{1}H) = 3.016049$ u

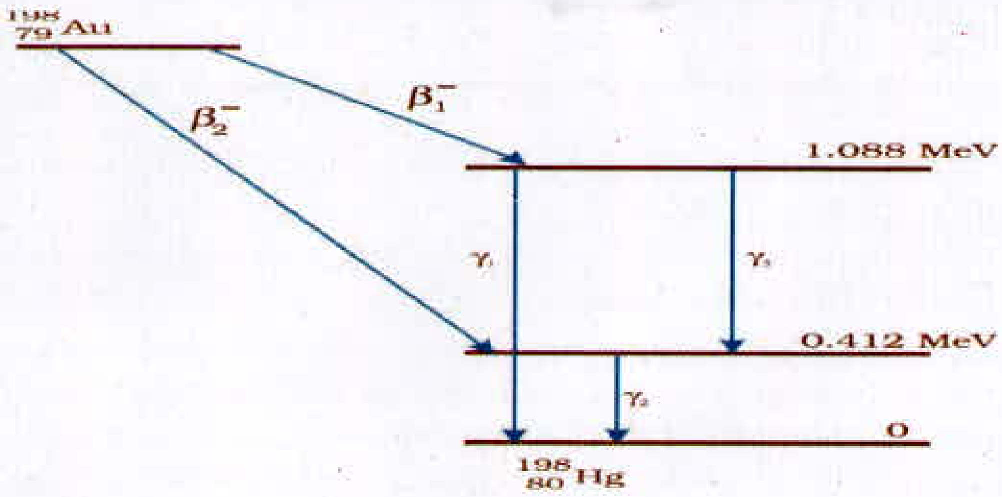
(b) ਡਿਊਟੀਰੀਅਮ ਅਤੇ ਟ੍ਰਾਈਟੀਅਮ ਦੋਨਾਂ ਦਾ ਅਰਧ ਵਿਆਸ ਲਗਭਗ 1.5 fm ਮੰਨ ਲਓ। ਇਸ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ, ਦੋਨਾਂ ਨਾਭਿਕਾਂ ਦੇ ਵਿਚਕਾਰ ਕੂਲਮ ਅਪਕਰਸ਼ਣ ਤੋਂ ਦੂਰ ਕਰਨ ਲਈ ਕਿੰਨੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਦੀ ਲੋੜ ਪਵੇਗੀ ਅਭਿਕਿਰਿਆ ਸ਼ੁਰੂ ਕਰਨ ਲਈ ਗੈਸਾਂ (D ਅਤੇ T ਗੈਸਾਂ) ਨੂੰ ਕਿਸ ਤਾਪ ਤੇ ਗਰਮ ਕੀਤਾ ਜਾਣਾ ਚਾਹਿੰਦਾ ਹੈ।

ਸੰਕੇਤ (ਕਿਸੇ ਸੰਯੋਜਨ ਕਿਰਿਆ ਲਈ ਜਰੂਰੀ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ = ਸੰਯੋਜਨ ਕਿਰਿਆ ਵਿੱਚ ਕਣਾਂ ਦੀ ਔਸਤ ਤਾਪ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ = 2 (3 $kT/2$) : k : ਬੋਲਟਜਮਾਨ ਸਥਿਰ ਅੰਕ (Boltzman's Constant) ਅਤੇ T = ਪਰਸਤਾਪ

13.29 ਹੇਠਾਂ ਦਿੱਤੀ ਗਈ ਖੇ - ਯੋਜਨਾ ਵਿੱਚ, γ - ਖੇ ਦੀ ਵਿਕਿਰਣ ਅਵਿਰਤੀਆ ਅਤੇ β-ਕਣਾ ਦੀ ਅਧਿਕਤਮ ਗਤਿਜ ਊਰਜਾ ਪਤਾ ਕਰੋ : ਦਿੱਤਾ ਹੈ

$m(^{198}Au) = 197.968233$ u

$m(^{198}Hg) = 197.966760$ u



ਚਿੱਤਰ : 13.6

13.30 ਸੂਰਜ ਦੇ ਅੰਦਰ (a) 1kg ਹਾਈਡਰੋਜਨ ਦੇ ਸੰਯੋਜਨ ਦੇ ਸਮੇਂ ਨਿਕਲੀ ਊਰਜਾ ਪਤਾ ਕਰੋ। (b) ਵਿਖੰਡਨ ਰਿਐਕਟਰ ਵਿੱਚ 1.0kg ^{235}U ਦੇ ਵਿਖੰਡਨ ਵਿੱਚ ਨਿਕਲੀ ਊਰਜਾ ਪਤਾ ਕਰੋ (a) ਅਤੇ (b) ਪ੍ਰਸ਼ਨਾ ਵਿੱਚ ਨਿਕਲੀ ਊਰਜਾ ਦੀ ਤੁਲਨਾ ਕਰੋ।

13.31 ਮੰਨ ਲਓ ਕਿ ਭਾਰਤ ਦਾ 2020 ਤਕ 200,000 MW ਬਿਜਲੀ ਸਕਤੀ ਪੈਦਾ ਕਰਨ ਦਾ ਹੈ। ਇਸਦਾ 10% ਨਿਭਿਕੀ ਸ਼ਕਤੀ ਰਿਐਕਟਰਾਂ ਤੋਂ ਪ੍ਰਾਪਤ ਹੋਣਾ ਹੈ। ਮੰਨਿਆ ਕਿ ਰਿਐਕਟਰ ਦੀ ਔਸਤ ਉਪਯੋਗ ਕੁਸਲਤਾ (ਤਾਪ ਨੂੰ ਬਿਜਲੀ ਵਿੱਚ ਤਬਦੀਲ ਕਰਨ ਦੀ ਕੁਸਲਤਾ) 25% ਹੈ। 2020 ਦੇ ਅੰਤ ਤਕ ਸਾਡੇ ਦੇਸ ਨੂੰ ਪ੍ਰਤੀ ਸਾਲ ਕਿੰਨੇ ਵਿਖੰਡਨਯੋਗ ਯੂਰੇਨਿਅਮ ਦੀ ਲੋੜ ਹੋਵੇਗੀ। ^{235}U ਪ੍ਰਤੀ ਵਿਖੰਡਨ ਉਤਸਰਜਿਤ ਊਰਜਾ 200MeV ਹੈ।