I. megoldás. Számoljuk ki először a

$$^2\mathrm{H} + {}^3\mathrm{H} \to {}^4\mathrm{He} + \mathrm{n}$$

magreakcióban felszabaduló energiát! A magtömegek és az $E = \Delta m\, c^2$ összefüggés ismeretében kiszámíthatók (vagy táblázati adatok között megtalálhatók) a kötési energiák:

$$E_{\text{köt}}\left({}^2\mathrm{H}\right) = 2{,}224\ \mathrm{MeV}, \qquad E_{\text{köt}}\left({}^3\mathrm{H}\right) = 8{,}481\ \mathrm{MeV}, \qquad E_{\text{köt}}\left({}^4\mathrm{He}\right) = 28{,}297\ \mathrm{MeV}.$$

Az energiamegmaradás törvénye szerint

$$E_{\text{köt}}\left({}^4\mathrm{He}\right) - E_{\text{köt}}\left({}^2\mathrm{H}\right) - E_{\text{köt}}\left({}^3\mathrm{H}\right) = \frac{1}{2} m_{\mathrm{He}} v_{\mathrm{He}}^2 + \frac{1}{2} m_{\mathrm{n}} v_{\mathrm{n}}^2. \tag{1}$$

(Feltételezzük, hogy a reakciótermékek sebessége a fénysebességhez képest kicsiny, ezért a nemreletivisztikus mechanika törvényei alkalmazhatók.) Teljesül még a lendületmegmaradás törvénye is:

$$m_{\mathrm{He}} v_{\mathrm{He}} = m_{\mathrm{n}} v_{\mathrm{n}}. \tag{2}$$

A hélium mag sebességét (2)-ből kifejezve és (1)-be helyettesítve kapjuk, hogy a gyors neutronok mozgási energiája:

$$E_{\mathrm{n}} = \frac{1}{2} m_{\mathrm{n}} v_{\mathrm{n}}^2 =$$

$$= \frac{E_{\text{köt}}\left({}^4\mathrm{He}\right) - E_{\text{köt}}\left({}^2\mathrm{H}\right) - E_{\text{köt}}\left({}^3\mathrm{H}\right)}{1 + \frac{m_{\mathrm{n}}}{m_{\mathrm{He}}}} = \frac{17{,}592\ \mathrm{MeV}}{1{,}25} \approx 14{,}0\ \mathrm{MeV}. \tag{3}$$

Megjegyzés. A mozgási energiából a neutronok sebességét is kiszámolhatjuk, és láthatjuk, hogy az a fénysebességnek csak kb. 1/6 része; ezért elfogadható (néhány százalék pontossággal jó) közelítés a klasszikus fizika képleteinek alkalmazása.

II. megoldás. Számoljunk relativisztikusan! A nyugalmi tömegeket m-mel, az impulzusokat p-vel és a részecskéket a nevük kezdőbetűinek megfelelő indexszel fogjuk jelölni.

A lendületmegmaradás törvényéből adódóan (a deuteron lendületét elhanyagolva):

$$p_{\mathrm{He}} = p_{\mathrm{n}} = p.$$

(A két lendület iránya ellentétes).

Alkalmazzuk a $\mu = p/c$ jelölést (c a fénysebesség vákuumban). Az energiamegmaradás törvénye ebben a reakcióban (a relativisztikus energia-impulzus összefüggés felhasználásával):

$$m_{\mathrm{D}} c^2 + m_{\mathrm{T}} c^2 = \sqrt{\left(m_{\mathrm{He}} c^2\right)^2 + \left(\mu c^2\right)^2} + \sqrt{\left(m_{\mathrm{n}} c^2\right)^2 + \left(\mu c^2\right)^2},$$

vagyis

$$\sqrt{m_{\mathrm{He}}^2 + \mu^2} + \sqrt{m_{\mathrm{n}}^2 + \mu^2} = m_{\mathrm{D}} + m_{\mathrm{T}}. \tag{4}$$

Szorozva $\sqrt{m_{\mathrm{He}}^2 + \mu^2} - \sqrt{m_{\mathrm{n}}^2 + \mu^2}$-tel:

$$\left(m_{\mathrm{D}} + m_{\mathrm{T}}\right)\left(\sqrt{m_{\mathrm{He}}^2 + \mu^2} - \sqrt{m_{\mathrm{n}}^2 + \mu^2}\right) = m_{\mathrm{He}}^2 - m_{\mathrm{n}}^2,$$

$$\sqrt{m_{\mathrm{He}}^2 + \mu^2} - \sqrt{m_{\mathrm{n}}^2 + \mu^2} = \frac{m_{\mathrm{He}}^2 - m_{\mathrm{n}}^2}{m_{\mathrm{D}} + m_{\mathrm{T}}}. \tag{5}$$

A (4) egyenletből kivonva (5)-öt és osztva 2-vel:

$$\sqrt{m_{\mathrm{n}}^2 + \mu^2} = \frac{1}{2}\left(m_{\mathrm{D}} + m_{\mathrm{T}} - \frac{m_{\mathrm{He}}^2 - m_{\mathrm{n}}^2}{m_{\mathrm{D}} + m_{\mathrm{T}}}\right) = \frac{1}{2}\,\frac{\left(m_{\mathrm{D}} + m_{\mathrm{T}}\right)^2 - m_{\mathrm{He}}^2 + m_{\mathrm{n}}^2}{m_{\mathrm{D}} + m_{\mathrm{T}}}.$$

A neutron mozgási energiája tehát

$$E_{\mathrm{n}}^{\text{mozg.}} = \left(\sqrt{m_{\mathrm{n}}^2 + \mu^2} - m_{\mathrm{n}}\right) c^2 =$$

$$= \frac{\left(m_{\mathrm{D}} + m_{\mathrm{T}}\right)^2 - m_{\mathrm{He}}^2 + m_{\mathrm{n}}^2 - 2 m_{\mathrm{n}}\left(m_{\mathrm{D}} + m_{\mathrm{T}}\right)}{2\left(m_{\mathrm{D}} + m_{\mathrm{T}}\right)}\, c^2 =$$

$$= \frac{\left(m_{\mathrm{D}} + m_{\mathrm{T}} - m_{\mathrm{n}}\right)^2 - m_{\mathrm{He}}^2}{2\left(m_{\mathrm{D}} + m_{\mathrm{T}}\right)}\, c^2 \approx 2{,}18\ \mathrm{pJ} = 13{,}6\ \mathrm{MeV}.$$