

**Decadimento  $\beta$**

Tre reazioni nucleari

$${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + e^- + \bar{\nu}_e \text{ beta-}$$

$${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + e^+ + \nu_e \text{ beta+}$$

$$e^- + {}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + \nu_e \text{ cattura elettronica}$$

Q-valore per le prime due reazioni

$$Q^{\beta\mp} = M(A, Z) - M(A, Z \pm 1) - m_e$$

per la cattura elettronica

$$Q^{E.C.} = M(A, Z) + m_e - M(A, Z - 1)$$

Consideriamo nulla la massa del neutrino

Due esempi notevoli di queste due reazioni riguardano i nucleoni. Il neutrone libero è instabile per decadimento  $\beta^-$

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e. \quad (1)$$

Il  $Q$  valore di questa reazione è di 0.782 MeV e l'energia viene distribuita come energia cinetica dei prodotti del decadimento.

La reazione

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu_e, \quad (2)$$

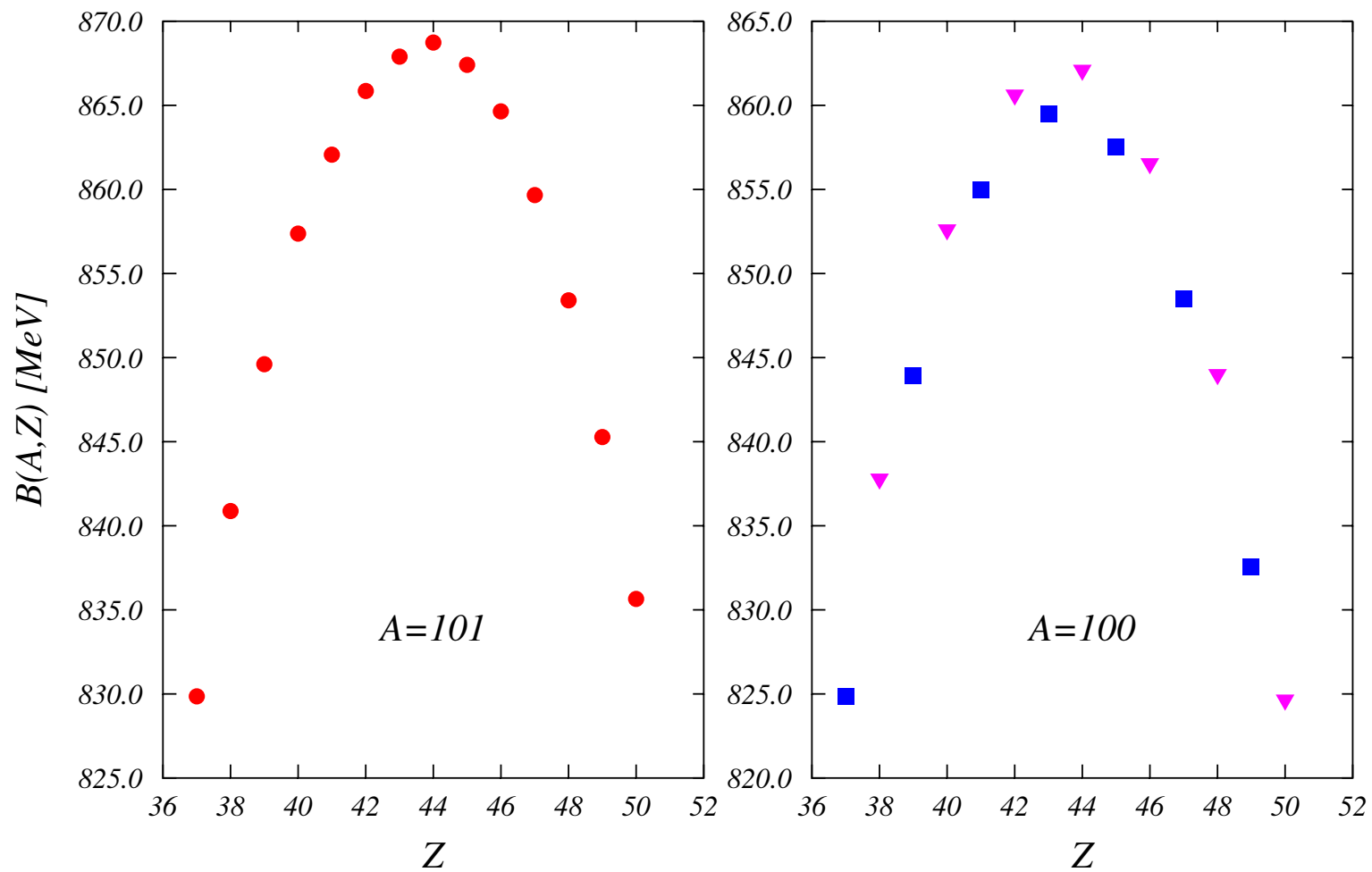
ha un  $Q$  valore negativo e quindi non avviene. Anche la reazione di cattura

$$e^- + p \rightarrow n + \nu_e \quad (3)$$

ha  $Q$  valore negativo e quindi non avviene (i prodotti di questa reazione sono più pesanti dell'atomo di idrogeno di 0.782 MeV).

| Z   | 39      | 40      | 41      | 42      | 43      | 44      | 45      | 46      | 47      |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A   | Y       | Zr      | Nb      | Mo      | Tc      | Ru      | Rh      | Pd      | Ag      |
| 100 | -843.92 | -852.44 | -855.00 | -860.46 | -859.51 | -861.93 | -857.51 | -856.37 | -848.51 |
| 101 | -849.61 | -857.37 | -862.07 | -865.86 | -867.90 | -868.73 | -867.41 | -864.64 | -859.66 |

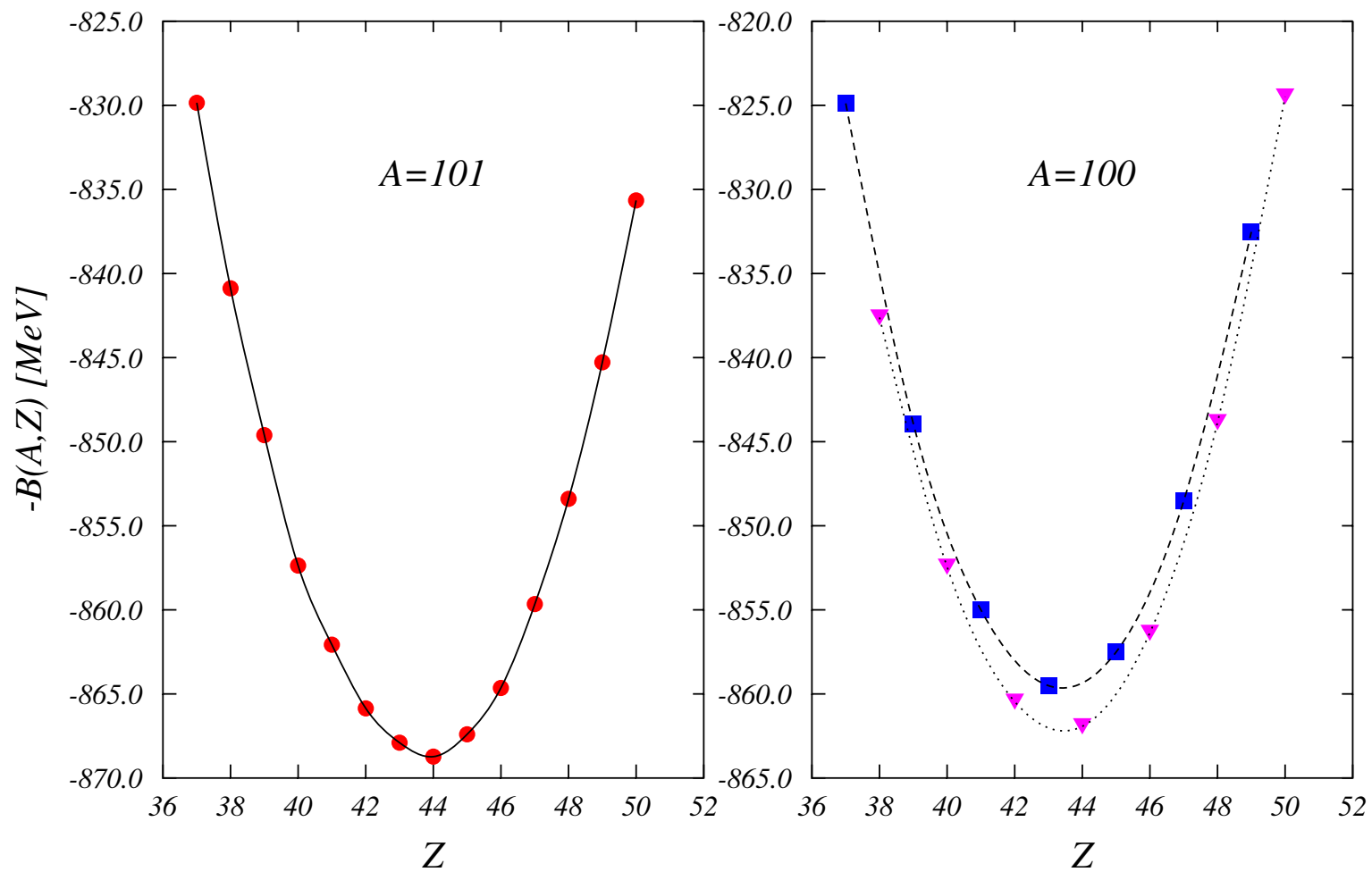
Energie di legame, in MeV, degli isotopi con numero di massa  $A=100$  e  $A=101$ .



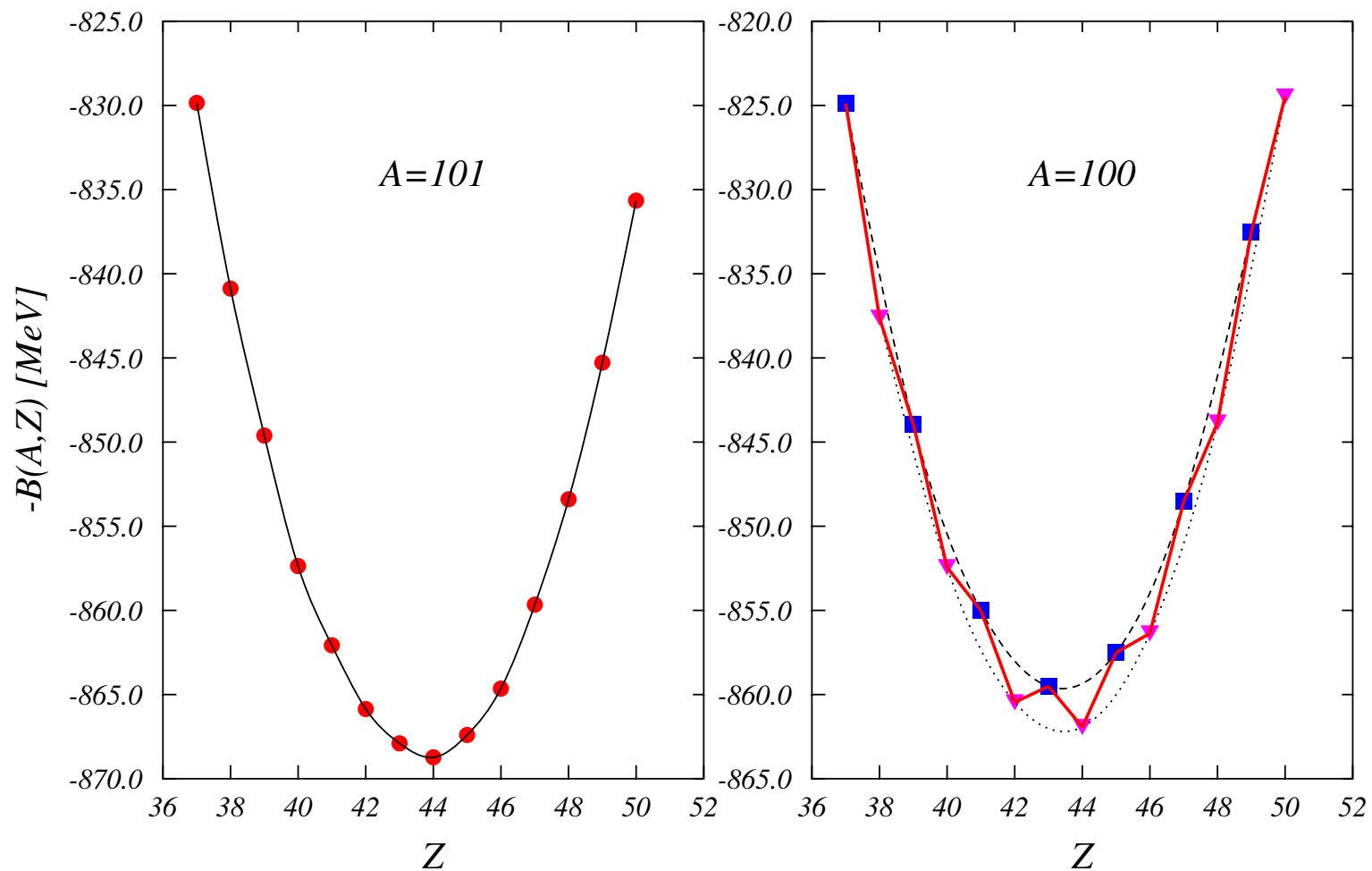
Energie di legame, in MeV, degli isotopi con numero di massa  $A=100$  e  $A=101$ .

Dalla formula semi-empirica della massa

$$\begin{aligned} M(A, Z) &= Zm_p + (A - Z)m_n - a_v A - a_s A^{2/3} \\ &\quad - a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}} - a_i \frac{(A - 2Z)^2}{A} - \delta(A) \\ &= (m_n - a_v - a_s A^{-1/3} - a_i)A - \delta(A) \\ &\quad + (m_p - m_n + 4a_i)Z + (-4a_i A^{-1} - a_c A^{-1/3})Z^2 \\ &= K_1 A - \delta(A) + K_2 Z + K_3 Z^2 \end{aligned}$$



Energie di legame, in MeV, degli isotopi con numero di massa  $A=100$  e  $A=101$ .



Energie di legame, in MeV, degli isotopi con numero di massa  $A=100$  e  $A=101$ .

# Domande

[N2-1] Schematizza in un disegno e descrivi lo spettro di emissione di elettroni da un decadimento  $\beta$  in funzione della loro energia.

[N2-6] Il decadimento

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$$

è energeticamente proibito. Com'è possibile che molti nuclei decadano  $\beta^+$  ?

[N2-7] La cattura elettronica è un processo in competizione con il decadimento  $\beta^+$  del nucleo. Calcola il  $Q$ -valore per entrambi i processi e identifica quello energeticamente più favorevole.

[N3-14] Utilizzando la formula semi-empirica della massa identificare il valore di  $Z$  del nucleo stabile per un insieme di isobari pari-dispari.