

## Scheda di auto-valutazione: decadimenti $\alpha, \beta$ e $\gamma$

### Argomenti da conoscere per sostenere con profitto l'esame

- Regola d'oro di Fermi: derivazione teorica (come sviluppo perturbativo non relativistico), spread dei livelli energetici di un nucleo in presenza di un campo esterno, densità degli stati per decadimenti  $\gamma$ .
- Decadimento  $\gamma$ : Derivazione della costante di decadimento per il campo di dipolo elettrico. Regole di selezione per le transizioni elettriche e magnetiche.
- Decadimento  $\beta$ : Condizioni energetiche, parabole di stabilità, densità degli stati per decadimenti a tre corpi, aspetti cinematici, teoria di Fermi, transizioni di Fermi e Gamow-Teller, funzioni d'onda per i leptoni e relativa espansione di multipolo, elementi di matrice, vita media ridotta, regole di selezione, plot di Kurie e stima della massa del neutrino, violazione di parità.
- Decadimento  $\alpha$ : Fenomenologia, condizioni energetiche, legge di Geiger-Nuttal, teoria di Gamow (approssimazione WKB), regole di selezione.

### Esercizi

Di seguito alcuni calcoli che lo studente dovrebbe essere in grado di affrontare

#### 1. Completare le seguenti reazioni

- Decadimento del  ${}^8\text{Li}$  per  $\beta^-$
- Decadimento del  ${}^{15}\text{O}$  per  $\beta^+$
- Decadimento del  ${}_{15}^{32}\text{P}$  per  $\beta^-$
- Decadimento del  ${}_{43}^{97}\text{Tc}$  per cattura elettronica
- Decadimento del  ${}_{86}^{212}\text{Rn}$  per  $\alpha$
- Decadimento del  ${}_{90}^{230}\text{Th}$  per  $\alpha$

#### 2. Lo schema di decadimento del Bromio-80 ( ${}^{80}\text{Br}$ ) è mostrato in Fig. 1. Classificare tutti i modi di decadimento e stimare tutte le costanti di decadimento possibili.

#### 3. Classificare i seguenti decadimenti in base al loro grado di *forbiddenness*

- ${}^{89}\text{Sr}(5/2^+) \rightarrow {}^{89}\text{Y}(1/2^-)$
- ${}^{36}\text{Cl}(2^+) \rightarrow {}^{36}\text{Ar}(0^+)$
- ${}^{26}\text{Al}(5^+) \rightarrow {}^{26}\text{Mg}^*(2^+)$
- ${}^{26}\text{Si}(0^+) \rightarrow {}^{26}\text{Al}(0^+) \rightarrow {}^{26}\text{Mg}(0^+)$
- ${}^{97}\text{Zr}(1/2^+) \rightarrow {}^{97}\text{Nb}^*(1/2^-)$
- ${}^{135}\text{Xe}(3/2^+) \rightarrow {}^{135}\text{Cs}(7/2^+)$

4. Per le seguenti transizioni  $\gamma$ , specificare tutti i multipoli permessi e indicare quali multipoli possono essere i più intensi nella radiazione emessa

- (a)  $9/2^- \rightarrow 7/2^+$
- (b)  $1^- \rightarrow 2^+$
- (c)  $4^+ \rightarrow 2^+$
- (d)  $11/2^- \rightarrow 3/2^-$

Nota: Personalmente consiglio di risolvere gli esercizi formando piccoli gruppi lavoro

Di seguito alcuni calcoli che verranno illustrati in classe

1. Il  $^{24}\text{Ne}$  ( $t_{1/2}=3.38$  min) decade  $\beta^-$  in  $^{24}\text{Na}$  ( $t_{1/2}=15$  h), che a sua volta decade  $\beta^-$  in  $^{24}\text{Mg}$ . Dire quali livelli sono raggiungibili dal decadimento beta e indicare lo schema di diseccitazione gamma successiva (compresa la multipolarità delle transizioni). I valori delle masse sono le seguenti:  $m(^{24}\text{Ne})=22348.5$  MeV/ $c^2$ ,  $m(^{24}\text{Na})=22346.05$  MeV/ $c^2$  e  $m(^{24}\text{Mg})=22340.55$  MeV/ $c^2$  (Fig. 2).
2. Il nucleo  $^{59}\text{Fe}$  emette due gruppi di  $\beta^-$  di energia massima rispettivamente 0.46 MeV (50%) e 0.26 MeV (50%). Vengono anche osservati raggi gamma con energie di 1.30, 1.10 e 0.2 MeV. Dire quale è lo schema di disintegrazione. Trattandosi di un decadimento  $\beta^-$ , il nucleo figlio è sicuramente il  $^{59}\text{Co}$ . Le masse dei nuclidi sono:  $m(^{59}\text{Fe})=54894.1$  MeV/ $c^2$  e  $m(^{59}\text{Co})=54892.54$  MeV/ $c^2$ .
3. Lo schema dei livelli del  $^{182}\text{W}$ , nucleo di arrivo nel decadimento  $\beta^-$  del  $^{182}\text{Ta}$  (g.s.  $3^-$ ) è rappresentato in Fig. 3. Dire quali sono i possibili schemi di decadimento beta e gamma, specificando multipolarità ed energie.  $m(^{182}\text{Ta})=169472.0$  MeV/ $c^2$ ,  $m(^{182}\text{W})=169471.3$  MeV/ $c^2$ .

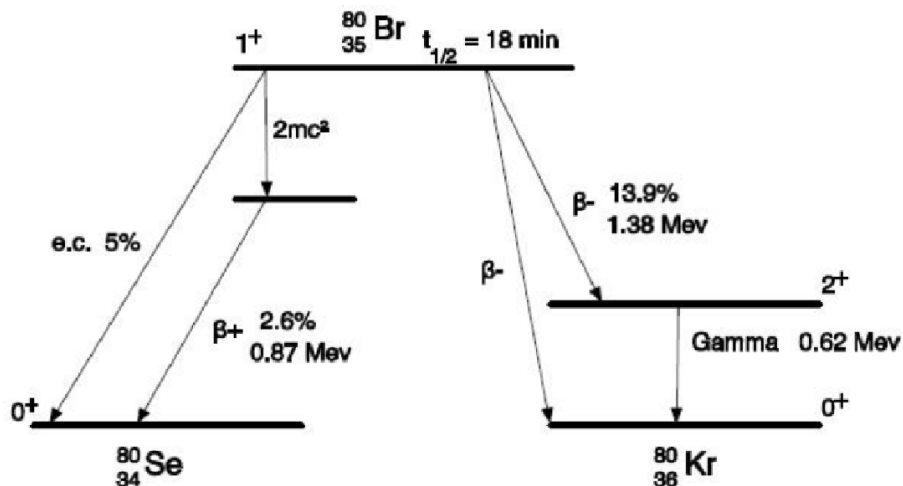


Figure 1: Decadimento  $\beta$  del  $^{80}\text{Br}$ .

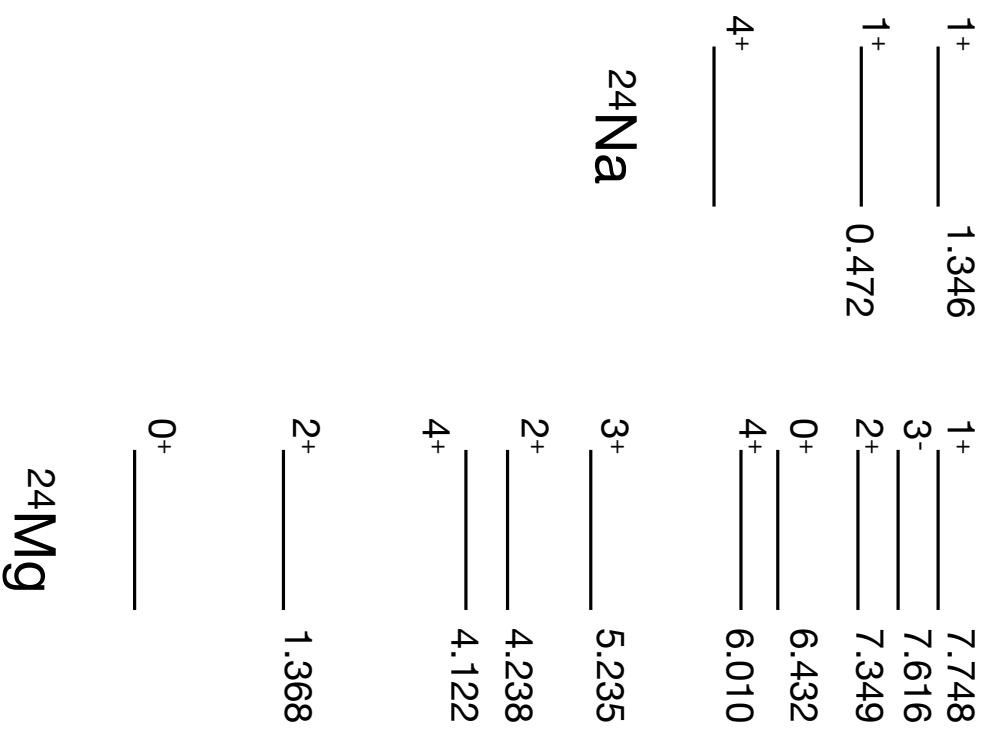


Fig. 2

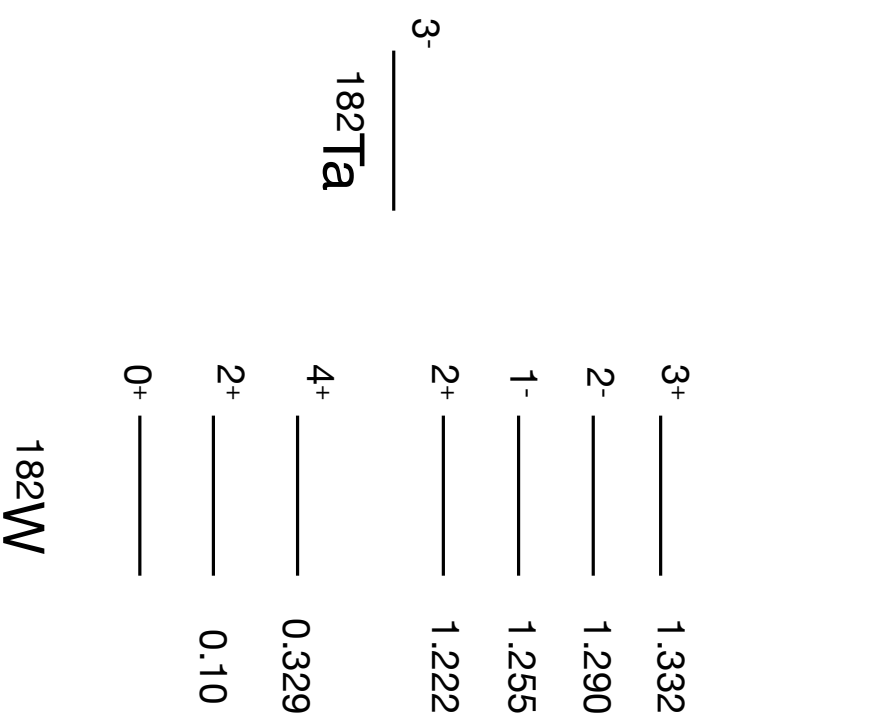


Fig. 3