

### Równoważność masy i energii

$$E = mc^2 \quad \text{gdzie} \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

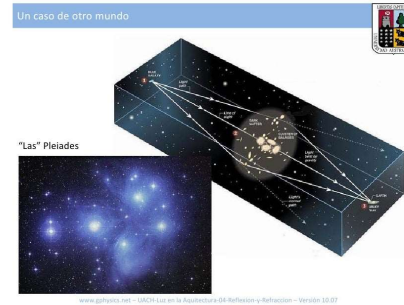
Związek między energią całkowitą cząstki a jej pędem i masą spoczynkową

$$E = c\sqrt{m_0^2c^2 + p^2}$$

Pęd cząstki o zerowej masie spoczynkowej,  $m_0=0$

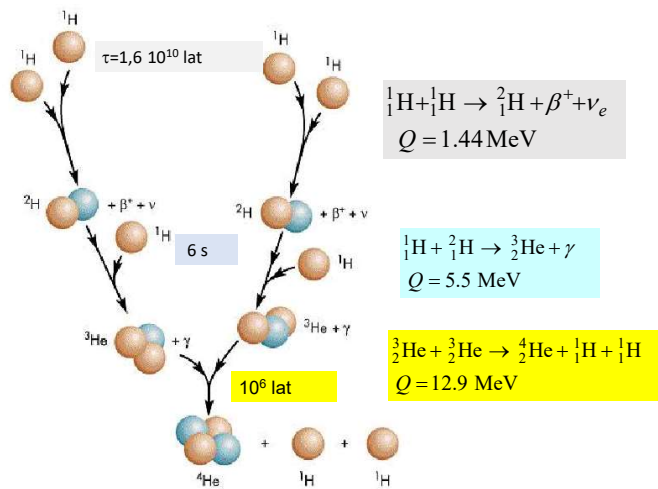
$$E = c\sqrt{0 + p^2} \Rightarrow p = \frac{E}{c}$$

Pęd fotonu:  $p = \frac{hv}{c}$



$$hv = mc^2 \Rightarrow m = \frac{hv}{c^2}$$

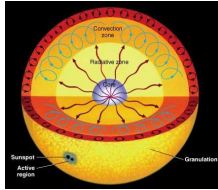
### Reakcje jądrowe na Słońcu



### Skąd Słońce bierze emitowaną energię?

- 4 atomy H dają jeden atom He :
  - 4 H =  $6.693 \times 10^{-27} \text{ kg}$
  - 1 He =  $6.645 \times 10^{-27} \text{ kg}$
  - Różnica  $0.048 \times 10^{-27} \text{ kg}$  zamieniana jest na energię
- Synteza 1 kg wodoru daje 7.1 grama masy zamienionej na energię.  
Ilość wytworzonej energii:  $E = mc^2 = 0.0071 \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 6.4 \times 10^{14} \text{ J}$ .
- W każdej sekundzie 675 milionów ton H jest zamieniane na 653 milionów ton He z równoczesną zamianą około 22 milionów ton materii na energię.
  - W każdej sekundzie 675 milionów ton H jest zamieniane na 653 milionów ton He z równoczesną zamianą około 22 milionów ton materii na energię.

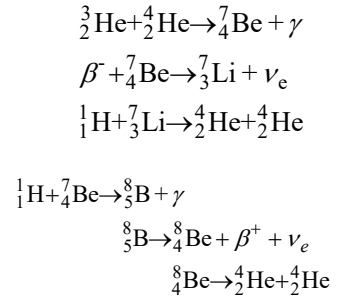
Transport energii w Słońcu



- W jądrze Słońca energia transportowana jest poprzez promieniowanie.
  - Kwanty promieniowania gamma dyfundują na zewnątrz, tracąc energię przy każdym zderzeniu.
  - Średnia droga swobodna fotonów  $\gamma$  wynosi około 1 cm.
  - Średni czas potrzebny fotonowi na dotarcie do powierzchni Słońca wynosi około miliona lat.

Synteza termojądrowa na Słońcu

Cykl p-p II

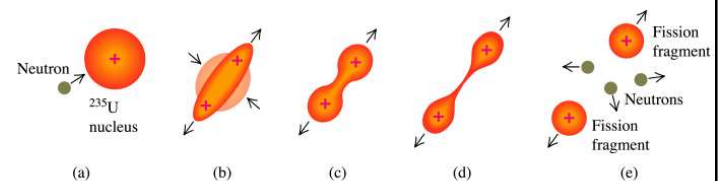


Uzyskiwanie energii w wyniku procesu rozpadu uranu

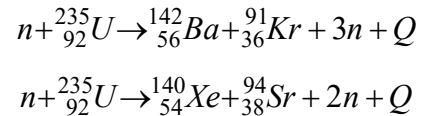
Izotopy uranu

Izotop	Ilość %	Czas połowicznego rozpadu (lata)
$^{238}\text{U}$	99.284	$4.46 \cdot 10^6$
$^{235}\text{U}$	0.711	$704 \cdot 10^3$
$^{234}\text{U}$	0.0055	$245 \cdot 000$

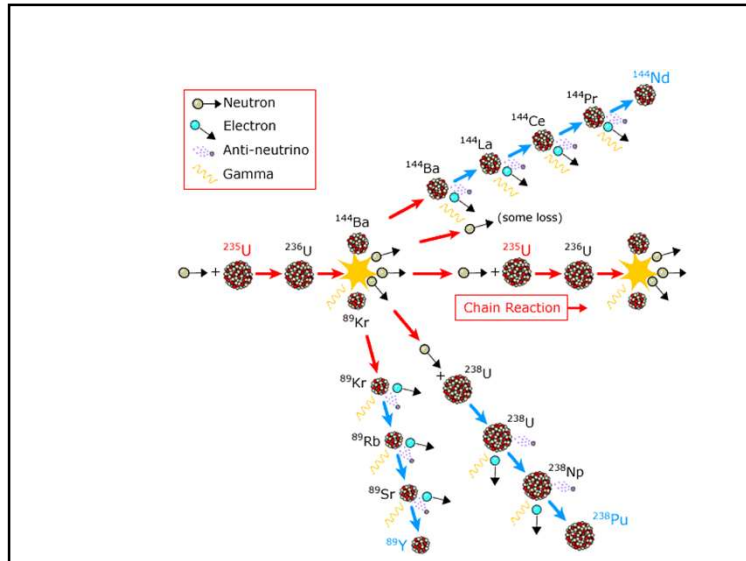
Rozszczepieni jąder uranu



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

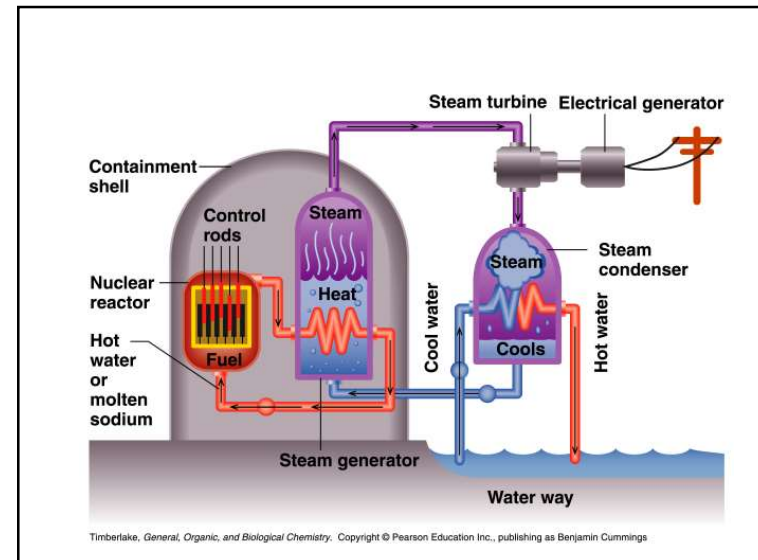
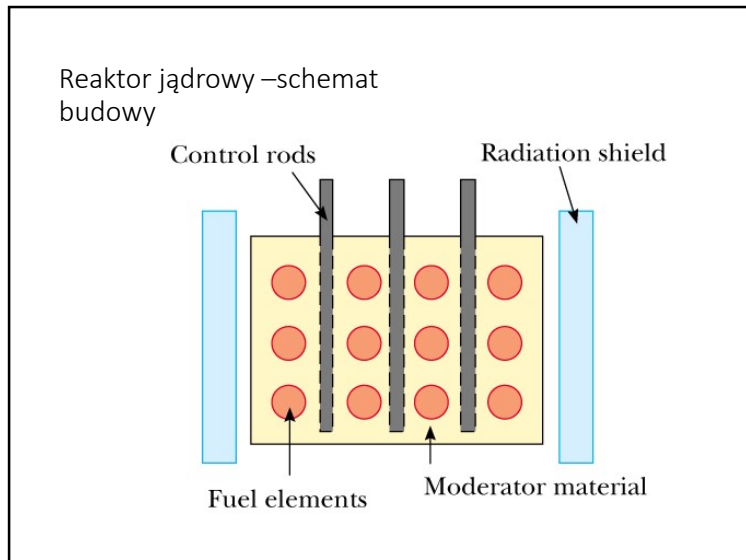


$Q \approx 200\text{MeV}$



W wyniku rozszczepienia 1 kg Uranu  
można otrzymać 22 miliony kWh energii

Średnie roczne zużycie energii w gospodarstwie domowym: 2200 kWh.  
1 kg uranu wystarczy dla 10 tys. gospodarstw domowych

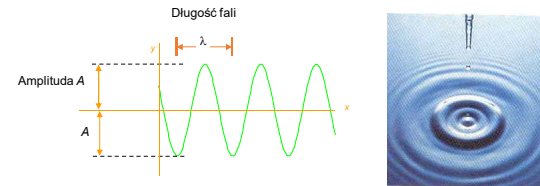


# Ruch falowy

Fale mechaniczne

## Własności fali

- **Długość:** Odległość  $\lambda$  pomiędzy punktami o identycznych własnościach.
- **Amplituda:** Maksymalne odchylenie  $A$  od punktu równowagi.



- **Liczba falowa:**  $k = 2\pi/\lambda$ .

## Równanie fali

W punkcie  $x=0$  znajduje się źródło fali powodujące zaburzenia ośrodka wg równania

$$y(0, t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

Zaburzenie to dociera do punktu  $x=b$  po czasie

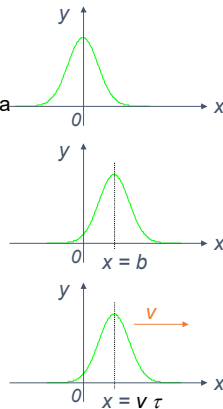
$$\tau = \frac{x}{v} = x \frac{2\pi T}{2\pi T v} = x \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{T}{2\pi} = \frac{k}{\omega} x$$

Zmiany w punkcie  $x=b$  są opóźnione o  $\tau$  względem zmian w punkcie  $x=0$

$$y(x, t) = A \cos(\omega(t - \tau) + \phi)$$

$$y(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \phi)$$

$$y(x, t) = A \cos(-(-\omega t + kx - \phi)) = A \cos(kx - \omega t - \phi)$$



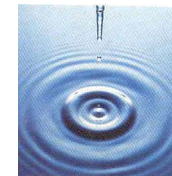
## Energia fali mechanicznej

Fala przenosi:

- zaburzenie, nie ma transportu cząstek biorących udział w ruchu falowym.
- energię

Średnia ilość energii przepływającej w jednostce czasu przez jednostkę powierzchni – gęstość strumienia energii

$$j \sim v_{fali} f^2 A^2$$

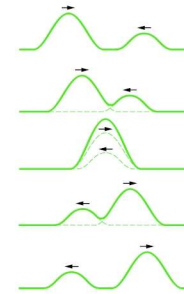


## Podstawowe własności fali

- Interferencja
- Dyfrakcja

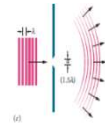
## Superpozycja fali

- Co się stanie gdy „zderzą” się dwie fale

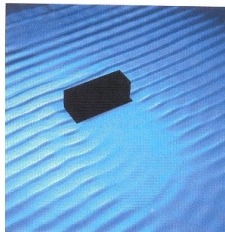


## Zasada Huygensa

Każdy punkt do którego dotarła fala zachowuje się jak źródło nowej fali



## Dyfrakcja



## Dyfrakcja

