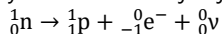


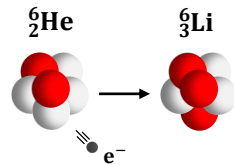
### Slědžacy list: $\beta^-$ -přetworjenje

$\beta^-$ -přetworjenje je jadrowy rozpad, kotryž wustupuje, hdyž ma atomowe jadro nisku protonowu ličbu a přewysoku neutronowu ličbu. Zo by z tuteho **neutronoweho nadbytka** stabilny staw (stabilna jadrowa konfiguracija) nastał, přetwori so w jadry **neutron** do **protona**. Při tutym přetworjenju nastanjetej přidatnje jedyn **elektron  $e^-$**  a jedne **neutrino  $\nu$** , kotrež jewitej so jako promjenjenje. Neutrino móžemy za naše přemyslowanja zanjechać, elektron pak wučinnja tak mjenowane **beta-minusowe promjenjenje**. Tute drje ma mału přesakowansku hłubokosć, we wysokich dozach pak je škódnje za čłowječe čěło. Dohromady wotměwa so w jadry sčěhowaca reakcija:



*Neutron so přetwori do protona, při tym woteda elektron a neutrino.*

Za cyłe jadro to woznamjenja, zo nastanje nowy chemiski element (dokelž ma džowče jadro jedyn proton wjac). Masowa ličba wostanje při reakciji konstantna.



Z heliumoweho jadra z neutronowym nadbytkom móže z pomocu beta-minusoweho přetworjenja stabilne litiumowe jadro nastać.

### ! In a Nutshell

- ✓ cyłkowna reakcija rěka powšitkownje:  
 ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e^- + {}_0^0\nu$
- ✓ wustupuje pola: **neutronoweho nadbytka**
- ✓ wuswobodžene promjenjenje: **elektrony**

### Ekspertowy nadawk | Nuklearna medicina

W mediciny wužiwa husto radioaktiwne nuklidy, zo bychu radionuklidowu terapiju přewjedowali. Při tym zasadžuja na přikład beta-minusowe promjenjaki do organizma, kotrež rozpadaja tam a wuswobodžeja promjenjenje. Typiski přikład za to je **I-131** (jod), kotryž hromadži so w tarčowej žalzy a přewjeduje tam beta-minusowe rozpady.

- a) Nastaj přetworjensku runicu za I-131 a zwěsć, kotry element nastanje. Wužiwaž za to nuklidowu kartu a powšitkownu formulu z nutshell-boksy.

- b) Radioaktiwny material kaž I-131 do čłowječeho čěła pušćić móže woprawdže medicinisce zmysłapólne być. Napisaj tezu, zo by sčěhowace prašenje wotmołił:

*Kotry mediciniski zaměr ma radioaktiwny jod I-131?*

### Nadawki za přenjotne skupiny

#### Što maš wujasnić:

- Wupytaj sej někajki radioaktiwny beta-minus-nuklid z nuklidoweje karty a napisaj reakcisku runicu. Zjimaj krótko z pomocu runicy beta-minus-přetworjenje a jeho kajkosće.
- Wopisaj krótko princip radionuklidoweje terapije. Diskutuj ze swojimi stupinskimi sobustawami swójske tezy k b) a pruwujće swoje ideje po potrebjebje z internetowej rešeršu wo radionuklidowej terapiji.

#### Što maš zwěsćić:

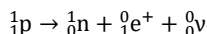
- Přirunajće z pomocu skupiny 2 beta-minusowe přetworjenje z beta-plusowym přetworjenjom a popadom elektronow. Wobhladažće sej za to tři reakciske runicy a wopisajće mjezsobny poměr reakcijow.

# Skupinski puzzle | Jadrowe reakcije

## Skupina II : $\beta^+$ - přetworjenje

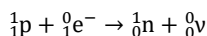
### Slědzacy list: $\beta^+$ -přetworjenje

$\beta^+$ -přetworjenje je jadrowy rozpad, kotryž wustupuje, hdyž ma atomowe jadro wysoku protonowu ličbu a přenisku neutronowu ličbu. Zo by z tutoho **neutronoweho njedostatka** stabilny staw (stabilna jadrowa konfiguracija) nastał, přetwori so w jadře jedyn **proton** do jednoho **neutrona**. Při tutym přetworjenju nastanjetej přidatnje jedyn **pozitron**  $e^+$  a jedne **neutrino**  $\nu$ , kotrejž jewitej so jako promjenjenje. Neutrino móžemy za naše přemyslowanja zanjechać, pozitron pak wučini tak mjenowane beta-plusowe promjenjenje. Tute drje ma mału přesakowansku hłubokosć, we wysokich dozach pak je škódnje za čłowječe čěto. Wšo dohromady wotměwa so w jadře scěhowaca reakcija:

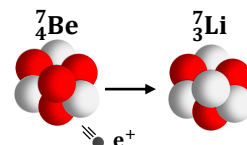


Proton so přetwori do neutrona, při tym wotěda pozitron a neutrino.

Za cyłe jadro to woznamjenja, zo nastanje nowy chemiski element (dokelž ma džowće jadro jedyn proton mjenje). Masowa ličba wostanje při reakciji konstantna. Nimo  $\beta^+$ -přetworjenja je při neutronowym njedostatku tež popad elektronow ( $\epsilon$ ) móžny. Tu nastanje samsne džowće jadro, kaž při  $\beta^+$ -přetworjenju. Jenički rozdžěl je, zo njewotpromjeni so pozitron, ale zo absorbuj so elektron. Popad elektronow je takrjec alternatiwny rozpadowy kanal  $\beta^+$ -přetworjenja.



Proton so přetwori do neutrona, při tym absorbuj so elektron.



Z beryliumoweho jadra z neutronowym njedostatkom móže přez beta-plus-přetworjenje stabilne litiumowe jadro nastać.

### ! In a Nutshell

- ✓ cyłkowna reakcija rěka powšitkownje:  
 $\beta^+ : {}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^AY + {}_1^0\text{e}^+ + {}_0^0\nu$   
 $\epsilon : {}_Z^AX + {}_{-1}^0\text{e}^- \rightarrow {}_{Z-1}^AY + {}_0^0\nu$
- ✓ wustupuje pola: **neutronoweho njedostatka**
- ✓ wuswobodžene promjenjenje: **pozitrony**

### Ekspertowy nadawk | Stay Positive

- a) Nastaj přetworjensku runicu za **F-18 (fluor)** a zwěšć, kotry element nastanje. Wuži waj za to nuklidowu kartu a powšitkownu formulu z nutshell-boksy.

- b) Isotop **Kalium-40** móže so přez popad elektronow kaž tež přez beta-plus-přetworjenje přetworjeć. Nastaj wobě přetworjenske runicy za K-40.

### Nadawki za přnjotne skupiny

#### Što maš wujasnić:

- Wupytaj sej někajki radioaktiwny nuklid, kotryž přewjeduje beta-plus-rozpad abo elektronowy popad, z nuklidoweje karty a napisaj wobě reakciskej runicy. Zjimaj z pomocu runicy krótko beta-plus-přetworjenje kaž tež elektronowy popad a jěju kajkosće.

#### Što maš zwěšćić:

- Kalium-40 z nadawka b) móže hišće dalše jadrowe přetworjenje přewjedować. Pruwujće to w nuklidowej karće a napisajće tute přidatne jadrowe přetworjenje. Diskutujće zhromadnje scěhowace prašenje:

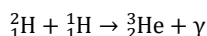
Čehodla móže jedyn nuklid do wjacorych džowčich jadrow přeńć?

# Skupinski puzzle | Jadrowe reakcije

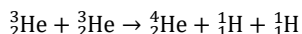
## Skupina III : Jadrowa fuzija

### Slědžacy list: Jadrowa fuzija

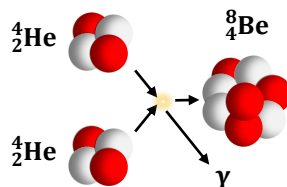
Jako jadrowu fuziju wobhladuja so jadrowe reakcije, pola kotrychž **zjednočitej** so dvě stomowej jadry k nowemu nuklidej. Kaž wěmy, njewotměwaja so pod přirodnymi wuměnjemi na zemi žane jadrowe fuzije (na rozděl k radioaktiwnym jadrowym přetworjenjam kaž je to beta-přetworjenje). To zaleži na tym, zo „zadźewa“ fyzikaliska móc fuziji jadrow: Wobě atomowej jadry wobsedźitej mjenujcy pozitiwny nabitk (přez protony) a wotstorkujetej so poprawom **Coulomboweje mocy** dla. Stej pak wokolinowa temperatura a čišć wysoko dosć – je potajkim wotstawk nuklidow mały a energija nuklidow wysoko dosć - móže so **Coulombowa barjera** přewynić a fuzija so wotměć. Jenička přirodna wokolina, w kotrejž je to móžno, su hvězdy. W našim slóncu na přikład fuzionuja wodźikowe jadra k heliumej (to je tak mjenowane **wodźikowe palenje**). Přikłady za móžne reakcije su



Abo tež:



Pola fuzijowych reakcijow stejitej na lěwym boku runicy přeco **dwě atomowej jadry**. Na prawym boku stej znajmjeńša jedne džowče jadro. Wšelake dalše džělčki móža so wuswobodźeć, kaž na přikład tu jedyn gamma-kwant (**foton**, woznamjenjeny z  $\gamma$ ). Husto je džowče jadro radioaktiwno.



Ważna jadrowa fuzija we hvězdach je tuta dweju helium-4-jadrow. Tu nastanje berylliumowe jadro a gamma-promjenjenje so jewi.

#### ! In A Nutshell

- ✓ cyłkowna reakcija rěka powšitkownje:  
 ${}^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 \rightarrow {}^{A_3}_{Z_3}Y + \dots$
- ✓ wustupuje pola: **wysokich temperaturow & čišća**
- ✓ wuswobodžene promjenjenje: **wšelakore**

### Ekspertowy nadawk | Fuzija w laborje

1917 so poradži Ernestej Rutherfordej, přenju fuzisku reakciju w laborje přewjesć. Wón wobpromjenješe plyn z **dušaka**  ${}^{12}_6\text{N}$  z pospěšenymi **heliumowymi jadrami**  ${}^4_2\text{He}$ . Při reakciji nasta **džowče jadro** a **jenički proton**  ${}^1_1\text{p}$ .

- a) Nastaj reakcisku runicu. Wuži waj zachowanje masoweje a nabitkoweje ličby kaž tež nuklidowu kartu, zo by džowče jadro wuslědžił (formula w nutshell-boksy móže ci pomhać).

- b) Nastaj tezu, zo by na scěhowace prašenje wotmołił:

*Hačkuli bu tuta fuziska reakcija hižo 1917 wobkedźbowana a móža so džensa wšelakore jadrowe fuzije z džělčkowym pospěšowakom přewjesć, hišće njeje móžno, jadrowu fuziju jako efektiwno žórto energije wužiwać. Čehodla?*

### Nadawki za přenjotne skupiny

#### Štož maš wujasnić:

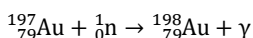
- Napisaј reakcisku runicu fuzije dweju helium-3-jadrow. Zjimaј z pomocu runicy krótko jadrowu fuziju a jeje kajkosće.

#### Štož maš wuslědźić:

- Nastawacy isotop Rutherford-reakcije z nadawka a) je radioaktiwny. Wuži waj nuklidowu kartu, zo by z pomocu skupiny 1 scěhowacu runicu přetworjenja nastajił.

### Slědžacy list: Neutronový popad

Jadrové reakce su fyzikaliske procesy, při kotrychž reagujetej a **fuzionujetej** nuklidaj (atomowej jadry) ze sobu. Jadrowa reakcija, kotraž je wosebje wažna w nuklearnej astrofyzice, je **neutronový popad**. Tu je jedyn z reakciskeju partnerow **neutron**. Příklad za neutronový popad je sčěhowaca reakcija z přirodnym złotom (Au-197):

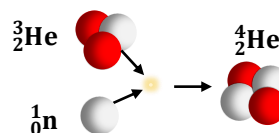


Atomowe jadro Au-197 absorbuje potajkim jedyn neutron, tak zo nowy isotope nastanje. Tutón isotope Au-198 je w pozbudženym stawje, a woteda nadbytkowu energiju w formje jednoho gamma-kwantu (= **foton**,  $\gamma$ ). Při jadrowych reakcijach dyrbi so přeco energija přidać, zo by k reakciji dóšlo. Na rozdžěl k druhim jadrowym reakcijam pak je neutronový popad hižo při jara niskich kinetiskich energijach možny. **Wuswobodžena energija  $\Delta E$**  při jadrowej fuziji móže so kaž při neutronowym popadze wobličić:

energija při njepohibje mačerskeho jadra + energija neutrona  
= energija při njepohibje džowčeho jadra + wuswobodžena energija

Abo jako formula:

$$E_0(X) + E(n) = E_0(Y) + \Delta E$$



Helium-3 drje je stabilny, móže pak ze swobodnym neutronom reagować, tak nastanje helium-4. Tutón ma wyšu wjazbowu energiju wob nukleon.

### ! In a Nutshell

- ✓ cyłkowna reakcija rěka powšitkownje:  
 ${}_Z^AX + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}_{Z+1}^{A+1}Y + \gamma$
- ✓ wustupuje pola: **swobodnych neutronow**
- ✓ wuswobodžene promjenjenje: **fotony**

### Ekspertowy nadawk | Nuklearny wotpad

Njesnadny džěl nuklearných wotpadow z jadrowych reaktorow nastanje přez neutronový popad. Při tym reaguje přěnjotne jadrowe paliwo (zwjetša uran) ze swobodnymi neutronami, tak zo nastawaja radioaktiwne isotopy z hišće wyšimi masowymi ličbami. Příklad za to je (samo přirodnje, ale jara zřědka wustupowacy) neutronový popad wot **uran-238**.

- a) Nastaj reakcisku runicu. Wuži waj zdžerženje masoweje a nabitkoweje ličby kaž tež nuklidowu kartu, zo by džowče jadro zwěsćić (formula w nutshell-boksy móže ći pomhać).

- b) Woblič wuswobodženu energiju  $\Delta E$ . Wuži waj sčěhowace hódnoty:

$$E_0(\text{U-238}) = 221,70 \text{ GeV}$$

$$E_0(\text{U-239}) = 222,63 \text{ GeV}$$

$$E(n) = 1,16 \text{ GeV}$$

### Nadawki za přěnjotne skupiny

#### Štož maš wujasnić:

- Wupytaj sej někajki stabilny nuklid a napisaj reakcisku runicu za neutronový popad. Zjimaj z pomocu runicy krótko neutronový popad a jeho kajkosće.
- Wujasń, kak hodži so pola fuzijskeje reakcije energijowa bilanca nastajić.

#### Štož maš wuslědźić:

- Čehodla móže so neutronový popad tež pola wosebje niskich energijow wotměwać? Naprašej so za to skupinu 3 a zwěsć, što je „problem” pola jadrowej fuzije a što je Coulombowa barjera.