

## Oefening Behoudswetten, Symmetrieën en Reactiediagrammen<sup>1 2</sup>

### 1. *Betaverval*



Vraag 1	Antwoord 1
a) Controleer baryon, lepton, en ladingsbehoud in reactie (1)	a)
b) Pas $C$ -symmetrie toe op (1) en schrijf de resulterende vergelijking	b)
c) Pas $T$ -symmetrie toe op (1) en schrijf de resulterende vergelijking	c)
d) Pas $X$ ( $\bar{\nu}_e$ )-symmetrie toe op (1)	d)
e) Pas $X$ ( $e^-$ )-symmetrie toe op (1)	

### 2. *Reacties met pionen*



Vraag 2	Antwoord 2
a) Controleer voor baryon en ladingsbehoud in reactie (2)	a)
b) Pas $C$ -symmetrie toe op (2), waarbij $\pi^+$ als antideeltje van $\pi^-$ genomen wordt en $\pi^0$ als antideeltje van zichzelf.	b)
c) Pas $T$ -symmetrie toe op (2)	c)
d) Pas $X$ (n) toe op (2)	d)
e) Waarom is de laatste reactie tamelijk onwaarschijnlijk?	e)
f) Het $\pi^0$ deeltje bestaat uit een up quark en zijn antideeltje ( $u\bar{u}$ ) of een down quark en zijn antideeltje ( $d\bar{d}$ ). Zal het deeltje lang bestaan? Leg uit.	f)

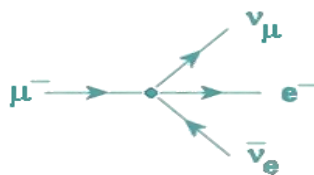
### 3. *Muonverval*

De reactie voor muonverval is:



<sup>1</sup> Zie pagina 5 voor deeltjes tabellen. <sup>2</sup> Voor didactiek zie NVOX maart 2006, p111-114

Het reactiediagram kan als volgt getekend worden (docent legt uit):



Vraag 3	Antwoord 3
a) Controleer leptonbehoud in (3)	
b) Pas $C$ symmetrie toe op (3)	
c) Pas $X(\nu_\mu)$ toe op (3)	
d) Pas $X(\bar{\nu}_e)$ toe op (3)	
e) Teken het reactiediagram van 3b	
f) Teken het reactiediagram van 3c	
g) Teken het reactiediagram van 3d	

#### 4. Nogmaals betaverval

We gaan nu weer terug naar het betaverval:



Vraag 4	Antwoord 4
a. Gebruik symmetrieën om een vergelijking af te leiden voor beta verval die o.a. resulteert in de emissie van een positron en een neutrino.	a)
b. Laat zien dat het niet mogelijk is om met symmetrieën uit (4) een reactie af te leiden waarin uit een neutron o.a. een positron geproduceerd wordt.	b)
c. Gebruik de symmetrieën en probeer een reactievergelijking af te leiden waarin een elektron dichtbij de kern wordt ingevangen. (Dit kan in de natuur spontaan gebeuren bij een kern met hoge $Z$ . Niet spontaan kan het ook bij beschieting van kernen met elektronen).	c)

d. Bekijk de vergelijkingen nog eens. Met welk proces zouden we elektron neutrino's kunnen detecteren? Met welk proces elektron antineutrino's	d)
e. Reactie (4) kan plaatsvinden in een "los" neutron, maar meestal gebeurt de reactie juist in een neutron dat deel uit maakt van een kern, bv ${}_{17}^{37}\text{Cl}$ . Schrijf reactie (1) op voor Chloor-37.	e)
f. Door kruising van de reactie in chloor 37, krijgen we een reactie die het mogelijk maakt neutrino's te ontdekken wanneer die botsen met een chloor kern. Schrijf die reactie op en voeg een diagram toe.	f)

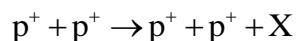
### 5. Botsingsprocessen

Voor de volgende reactie vergelijkingen ga na of de betreffende reactie mogelijk is of niet en geef aan waarom.

Vraag 5	Antwoord 5
a) $\pi^+ + p^+ \rightarrow p^+ + p^+ + \bar{n}$	a)
b) $p^+ + p^+ \rightarrow p^+ + p^+ + n$	b)

### 6. Wat voor deeltjes?

Een reactie is als volgt:



X is een onbekend deeltje.

Vraag 6	Antwoord 6
a) Is het een meson of een baryon? Waarom?	a)
b) Heeft X lading of niet? Waarom?	b)
c) Kan X een lepton zijn?	c)
d) Beantwoord a), b), en c) voor het geval dat er twee deeltjes (X en Y) gevormd worden.	d)

Tabel 1: Elementaire deeltjes

Elementaire Deeltjes: Fermionen							
Quarks				Leptonen			
Generatie	Deeltje/smaak	Massa (GeV/c <sup>2</sup> )	Lading (e)	Generatie	Deeltje/smaak	Massa (GeV/c <sup>2</sup> )	Lading (e)
1	u up quark	0,003	2/3	1	$\nu_e$ elektron neutrino	$<1 \times 10^{-5}$	0
	d down quark	0,006	-1/3		$e^-$ elektron	0,000511	-1
2	c charm quark	1,3	2/3	2	$\nu_\mu$ muon neutrino	$<0,0002$	0
	s strange quark	0,1	-1/3		$\mu^-$ muon	0,106	-1
3	t top quark	175	2/3	3	$\nu_\tau$ tau neutrino	$<0,02$	0
	b bottom quark	4,3	-1/3		$\tau^-$ tau	1,7771	-1
Elementaire Deeltjes: Bosonen							
Sterke interactie				Elektrozwakke interactie			
	g gluon	0	0		$\gamma$ photon	0	0
					$W^-$ W-min-boson	80,4	-1
					$W^+$ W-plus-boson	80,4	+1
	graviton (hypothetisch)				$Z^0$ Z boson	91,2	0

- Ieder deeltje heeft een antideeltje, met dezelfde massa en met tegengestelde lading, en tegengesteld baryon- of leptongetal.
- Alle genoemde quarks hebben baryongetal 1/3 en leptongetal 0
- Alle genoemde leptonen hebben baryongetal 0 en leptongetal 1
- Leptonbehoud geldt apart voor elektron/neutrino, muon/neutrino, en tau/neutrino<sup>2</sup>

Tabel 2: Enkele samengestelde deeltjes

deeltje	samenstelling	baryongetal	leptongetal
$p^+$ proton	uud	1	0
$p^-$ anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0
n neutron	udd	1	0
$\bar{n}$ anti-neutron	$\bar{u}\bar{d}\bar{d}$	-1	0
$\pi^-$ pi-min-meson	$\bar{u}d$	0	0
$\pi^+$ pi-plus-meson	$u\bar{d}$	0	0
$\pi^0$ pi-nul-meson	$u\bar{u} / d\bar{d}$	0	0
H waterstofatoom	$p^+e^-$	1	1

<sup>2</sup> Voor de specialist: we hebben het nog niet over mixing.